

КОВКА И ШТАМПОВКА

ГОРЯЧАЯ ОБЪЕМНАЯ
ШТАМПОВКА



КОВКА И ШТАМПОВКА

Справочник в 4-х томах

Редакционный совет

Председатель совета

Е.И. Семенов,

Засл. деятель науки и техники РФ, д.т.н., проф.

Члены совета:

О.А. Ганаго, д.т.н., проф.; **В.А. Демин,** д.т.н., проф.;

А.М. Дмитриев, чл.-кор. РАН, д.т.н., проф.;

Л.И. Живов, Засл. деятель науки и техники РФ, д.т.н., проф.;

А.Г. Колесников, д.т.н., проф.;

О.С. Кошелев, д.т.н., проф.; **А.Т. Крук,** д.т.н., проф.

С.С. Яковлев, д.т.н., проф.



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
2010

КОВКА И ШТАМПОВКА



ГОРЯЧАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

2-е издание, переработанное и дополненное

Под редакцией
Е.И. Семенова,
Засл. деятеля науки и техники РФ, д.т.н., проф.



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
2010

УДК 621.73(035)
ББК 34.623я2
К 56

Авторы тома: А.П. Атрошенко, О.А. Белокуров, Г.С. Гарибов,
В.М. Гришин, С.А. Евсюков, И.С. Зиновьев, Л.Г. Костин, М.А. Крючков,
В.М. Лялин, Н.И. Ляпунов, Б.С. Мороз, Е.Н. Мошнин, Н.Е. Мошнин,
А.Г. Овчинников, А.С. Подольский, Ю.С. Радюченко, Ю.Л. Рождественский,
А.В. Сафонов, Б.И. Семенов, Е.И. Семенов, И.Е. Семенов, С.А. Скородумов,
О.М. Смирнов, Ю.П. Согришин, И.А. Церна, И.Н. Шубин

Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка. - 2-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. Е.И.Семенова. - М.: Машиностроение, 2010. 720 с.: ил.

ISBN 978-5-217-03462-8 (Т.2)
ISBN 978-5-217-03459-8

Во втором томе даны рекомендации по назначению допусков, припусков и напусков на штампованные поковки по новым стандартам. Приведены классификация поковок, разработка чертежа штампованной поковки, примеры проектирования технологических процессов, рекомендации для конструирования и расчета штампов и выбора оборудования. Уделено внимание специальным видам штамповки: накатке, электровысадке, на высокоскоростных молотах, раскатке и т.д. Изложены особенности объемной горячей штамповки инструментальных и жаропрочных сталей, а также цветных сплавов. Приведены сведения по отделке и очистке поковок, контролю их качества, эксплуатации и ремонту штамповой оснастки.

Во 2-м издании (1-е изд. 1987 г.) введены новые разделы по штамповке с обкатыванием, полугорячей штамповке, жидкой штамповке и др., значительно переработаны материалы по штамповке жаропрочных сталей и цветных металлов, отделке и очистке поковок, контролю качества, эксплуатации и ремонту штампов.

УДК 621.73(035)
ББК 34.623я2

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов,
опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства
и со ссылкой на источник информации

ISBN 978-5-217-03462-8 (Т.2)
ISBN 978-5-217-03459-8

© ОАО «Издательство «Машиностроение», 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. ДОПУСКИ, ПРИПУСКИ И НАПУСКИ НА ПОКОВКИ, ШТАМПУЕМЫЕ НА МОЛОТАХ, ПРЕССАХ И ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ (О.А.Белокуров, Б.С.Мороз)	Глава 4. ШТАМПОВКА НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕ-ШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ (Н.И.Ляпунов)
7	191
Глава 2. ШТАМПОВКА В ПОДКЛАДНЫХ И СЕКЦИОННЫХ ШТАМПАХ (Е.И.Семенов)	1. Особенности технологии штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах
39	191
Глава 3. ШТАМПОВКА НА МОЛОТАХ (Е.И.Семенов)	2. Классификация поковок
47	192
1. Разработка чертежа поковки (А.С.Подольский)	3. Исходные заготовки
47	194
2. Классификация молотовых поковок	4. Разработка чертежа поковки
58	195
3. Молотовые штампы	5. Разработка технологического процесса
64	196
4. Классификация ручьев молотовых штампов и переходов штамповки	6. Определение силы штамповки
66	218
5. Облой и облойные канавки	7. Смазочные материалы
75	220
6. Выбор переходов штамповки в открытых штампах и определение размеров заготовки	8. Штампы
78	221
7. Особенности выбора переходов и определения размеров исходной заготовки при штамповке в закрытых штампах	Глава 5. ШТАМПОВКА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ (А.Г.Овчинников, И.Е.Семенов)
93	230
8. Раскрой металла и расчет отходов	Глава 6. ШТАМПОВКА НА ВИНТОВЫХ ПРЕССАХ (А.Г.Овчинников, А.В.Сафонов, И.Н.Шубин)
95	247
9. Конструирование и расчет ручьев молотового штампа	1. Основные технологические операции и классификация поковок
95	247
10. Конструирование молотового штампа	2. Проектирование технологических процессов штамповки
122	249
11. Блоки и сменные детали универсально-переналаживаемых молотовых штампов (со сменными вставками)	Глава 7. ШТАМПОВКА НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ (Е.И.Семенов, И.С.Зиновьев)
130	265
12. Крепление штампов в бабе и подушке	1. Классификация поковок
150	265
13. Контрольный угол	2. Классификация ручьев штампов ГKM
154	277
14. Определение массы падающих частей штамповочного молота	3. Штамповое пространство и блоки штампов
154	278
15. Технологическая карта	4. Определение необходимой силы штамповки и выбор ГKM
156	284
16. Примеры штамповки в открытых штампах	5. Составление чертежа поковки
162	285
17. Примеры штамповки в закрытых штампах (О.А.Белокуров, А.С.Подольский)	6. Технологический процесс штамповки
181	292
	7. Примеры расчетов и конструирования штампов
	357
	Глава 8. ПОЛУТОРЯЧАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА (В.М.Лялин)
	365

Глава 9. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ШТАМПОВКИ. . . 391

1. Гибочные работы (*Е.Н.Мошин*) 391
2. Обработка на вертикально-ковочных машинах (*Ю.С.Радюченко*) 408
3. Обработка на ротационно-обжимных и радиально-обжимных машинах (*Ю.С.Радюченко*) 410
4. Вальцовка (*Л.Г.Костин*) . . . 422
5. Продольно-периодическая прокатка (*Л.Г.Костин*) 441
6. Поперечная, поперечно-клиновая, поперечно-винтовая прокатка (*Л.Г.Костин*) 449
7. Раскатка кольцевых заготовок (*Ю.Л.Рождественский*) 457
8. Накатка зубчатых колес и звездочек (*М.А.Крючков*) 473
9. Штамповка на горячештаповочных автоматах (*Н.И.Ляпунов*) 484
10. Штамповка на высокоскоростных молотах (*Ю.П.Согришин*) . . 499
11. Электровысадка (*И.Е.Семенов*) 506
12. Штамповка обкатыванием и торцовой раскаткой (*А.В.Сафонов, И.А.Церна*) 520
13. Штамповка с использованием сверхпластичности (*О.М.Смирнов*) 532

14. Штамповка жидкого металла (ШЖМ) (*В.М.Гришин*) 546
15. Штамповка в твердожидком состоянии (тиксоштамповка) (*Б.И.Семенов*) 564
16. Горячее изостатическое прессование гранул жаропрочных сплавов (*Гарибов Г.С.*) 580

Глава 10. ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ, ЖАРОПРОЧНЫХ И ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ (*С.А.Евсюков, С.А.Скородумов*) 591

Глава 11. ОТДЕЛКА И ОЧИСТКА ПОКОВОК (*А.П.Атрошенко*) 613

1. Обрезка облоя и пробивка перемычек 613
2. Правка поковок 666
3. Калибровка поковок 669
4. Очистка поковок и заготовок 678

Глава 12. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ШТАМПОВ (*Е.И.Семенов*) . . . 689

Глава 13. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ШТАМПОВАННЫХ ПОКОВОК (*Н.И.Ляпунов*) 703

1. Виды брака поковок 703
2. Контроль штампованных поковок 709

Глава 1

ДОПУСКИ, ПРИПУСКИ И НАПУСКИ НА ПОКОВКИ, ШТАМПУЕМЫЕ НА МОЛОТАХ, ПРЕССАХ И ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

Материал, приведенный в главе, соответствует ГОСТ 7505–89.

Общие положения. Поковки в зависимости от конструктивных характеристик подразделяют:

по точности изготовления: класс точности поковки устанавливают в зависимости от особенностей технологического процесса и оборудования для ее изготовления (табл. 1), а также исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки; допускают различные классы точности для разных размеров одной и той же поковки, но в этом случае класс точности определяют по преобладающему числу

размеров одного класса точности, предусмотренному чертежом поковки, и согласовывают между изготовителем и потребителем;

по группам стали: группа М1 — поковки из стали с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно; группа М2 — поковки из стали с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0 % включительно; группа М3 — поковки из стали с массовой долей углерода свыше 0,65 %

1. Выбор класса точности поковок

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
открытая (облойная) штамповка				+	+
закрытая штамповка		+	+		
выдавливание			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Примечания: 1. Прецизионная штамповка — способ штамповки, обеспечивающий устанавливаемую точность и шероховатость одной или нескольких функциональных поверхностей поковки, которые не подвергают окончательной обработке.

2. При пламенном нагреве заготовок допускается снижение точности для классов T2–T4 на один класс.

3. При холодной или горячей плоскостной калибровке точность принимают на один класс выше

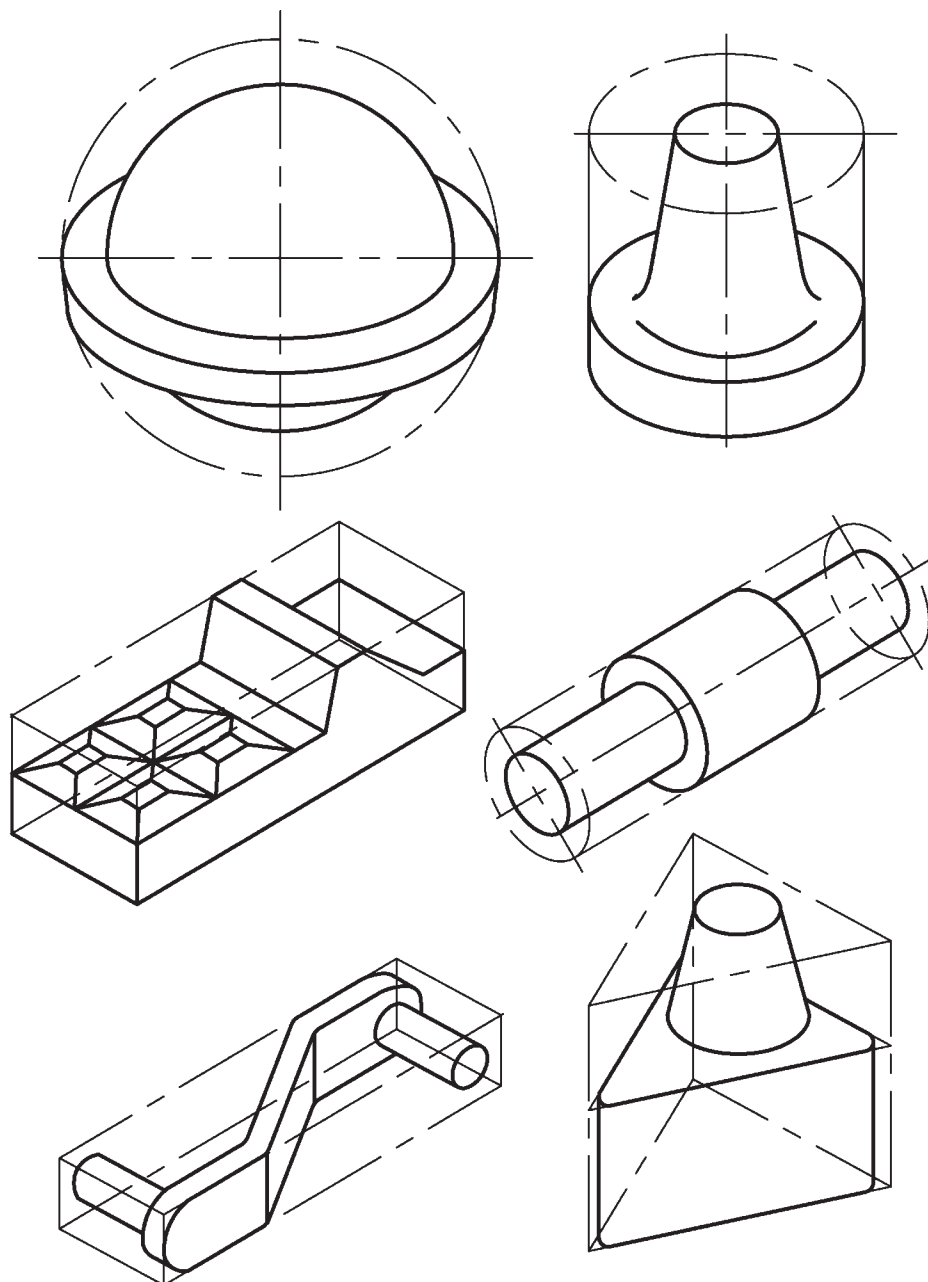


Рис. 1. Геометрические фигуры, в которые могут быть вписаны поковки

или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 % (при назначении группы стали определяющим является среднее массовое содер-

жание углерода и легирующих элементов — Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V);

по конфигурации поверхности разреза используемого штампа: с плоской

поверхностью — П, с симметрично изогнутой — И_с и несимметрично изогнутой — И_н;

по степени сложности: первой степени сложности — С1, второй — С2, третьей — С3 и четвертой — С4.

Степень сложности С поковки является одной из конструктивных характеристик формы поковки, качественно оценивающей ее, и используется при назначении припусков и допусков. Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) $G_{\text{п}}$ поковки к массе (объему) $G_{\text{ф}}$ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки [фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с пер-

пендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой (рис. 1), при расчетах принимают ту из фигур, масса (объем) которой наименьшая]:

$$C = G_{\text{п}} / G_{\text{ф}}. \quad (1)$$

При определении размеров геометрической фигуры, описывающей поковку, допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

Степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения $G_{\text{п}} / G_{\text{ф}}$:

Степень сложности. С1

Значения отношения . . Св. 0,63

С2

Св. 0,32

до 0,63 вкл

С3

Св. 0,16

до 0,32 вкл

С4

До 0,16

Степень сложности С4 устанавливают для поковок с тонкими элементами,

например, в виде диска, фланца, кольца (рис. 2), в том числе с пробиваемы-

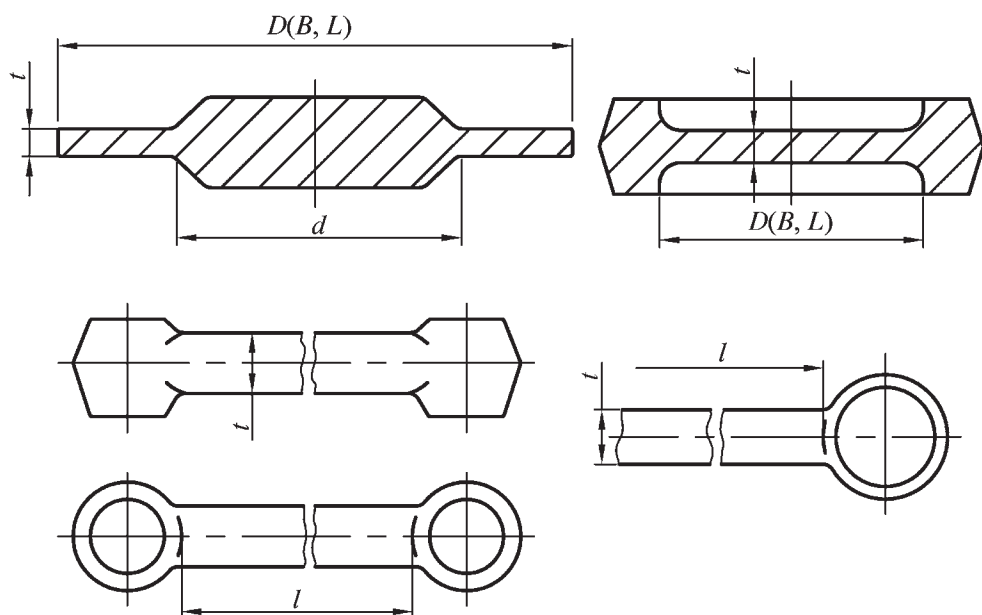


Рис. 2. Поковки с тонкими элементами

ми перемычками, а также для поковок с тонким стержневым элементом, если отношения t/D ; t/L ; $t/(D-d)$ не превышают 0,2 и t не более 25 мм (где D — наибольший размер тонкого элемента, t — толщина тонкого элемента, L — длина тонкого элемента, d — диаметр элемента поковки, толщина которого превышает величину t).

Для поковок, полученных на горизонтально-ковочных машинах, допускается определять степень сложности формы в зависимости от числа переходов:

C1 — не более чем при двух переходах;

C2 — при трех переходах;

C3 — при четырех переходах;

C4 — более чем при четырех переходах или при изготовлении на двух ковочных машинах.

Для определения припусков, допусков и напусков по чертежу детали выполняют предварительный расчет массы поковки. Расчетную массу поковки определяют как массу подвер-

гаемых деформации поковки или ее частей. В расчетную массу поковки не входят масса облоя и перемычки пробитого отверстия.

При высадке поковок на горизонтально-ковочных машинах или при местной штамповке на молотах и прессах масса поковки включает массу части стержня, зажатого штампами.

Расчетную массу поковки определяют исходя из ее номинальных размеров.

Ориентировочно расчетную массу поковки ($M_{п.р}$) вычисляют по формуле:

$$M_{п.р} = M_d K_p, \quad (2)$$

где $M_{п.р}$ — расчетная масса поковки, кг; M_d — масса детали, кг; K_p — расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с табл. 2.

Определение исходного индекса. Исходный индекс — условный показатель, учитывающий в обобщенном виде сумму конструктивных характеристик (класс точности, группу стали, степень сложности) и массу поковки. Исходный

2. Коэффициент (K_p) для определения ориентировочной расчетной массы поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	K_p
1	Удлиненной формы:		
1.1	с прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3...1,6
1.2	с изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1...1,4
2	Круглые и многогранные в плане:		
2.1	круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5...1,8
2.2	квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3...1,7
2.3	с отрезками	Крестовины, вилки	1,4...1,6
3	Комбинированной конфигурации (сочетают шей элементы групп 1 и 2)	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3...1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1...1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8...2,2

3. Значение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 вкл.													1
Св. 0,5 « 1,0 «													2
« 1,0 « 1,8 «													3
« 1,8 « 3,2 «													4
« 3,2 « 5,6 «													5
« 5,6 « 10,0 «													6
« 10,0 « 20,0 «													7
« 20,0 « 50,0 «													8
« 50,0 « 125,0 «													9
« 125,0 « 250,0 «													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

Примечание. Исходный индекс должен быть указан на чертеже поковки.

индекс для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяют в зависимости от массы поковки, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по табл. 3.

Для определения исходного индекса по табл. 3 в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо (рис. 3) или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям группы стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс (от 1 до 23).

Пример 1 (см. рис. 3). Поковка массой 0,5 кг, группа стали М1, степень сложности С1, 2-й класс точности Т2.

Исходный индекс — 3.

Пример 2. Поковка массой 1,5 кг, группа стали М3, степень сложности С2, 1-й класс точности Т1.

Исходный индекс — 6.

Общие требования. Чертеж поковки должен быть выполнен в соответствии с

ГОСТ 3.1126–88. На чертеже поковки должны быть указаны класс точности, группа стали, степень сложности и приведены технические требования. Технические требования к поковке устанавливают по ГОСТ 8479–70 (в ред. 1986 г.).

Линейные размеры на чертеже поковки проставляют от указанных исходных баз механической обработки (рис. 4), согласованных между изготовителем и потребителем.

Допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей должны быть проставлены на чертеже поковки в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308–79 (в ред. 1984 г.). Допускаемые отклонения радиуса закругления и штамповочного уклона могут быть указаны в чертеже поковки по требованию заказчика.

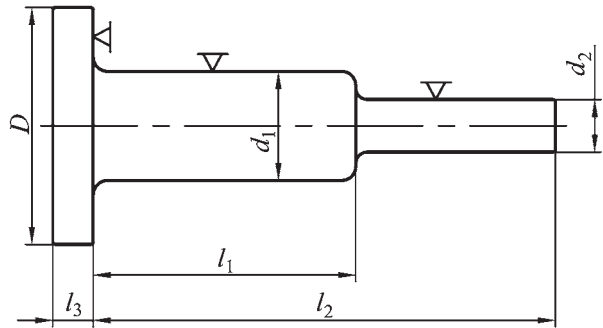
Припуски назначают на все обрабатываемые поверхности, допуски — на все номинальные размеры поковки.

Для 1-го класса точности Т1 допуски устанавливают на те функциональные поверхности, которые не подвергаются окончательной обработке.

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс
	М1	М2	М3	С1	С2	С3	С4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	
До 0,5 включ.													1
Св. 0,5 « 1,0 «													2
« 1,0 « 1,8 «													3
« 1,8 « 3,2 «													4
« 3,2 « 5,6 «													5
« 5,6 « 10,0 «													6
													7

Рис. 3. Примеры определения исходного индекса поковки

Рис. 4. Пример простановки размеров на чертеже поковки от баз, используемых при обработке резанием



Назначение припусков. *Припуск* — предусмотренное увеличение размера поковки по сравнению с номинальным размером детали (рис. 5), обеспечивающее после обработки резанием требуемые, проставленные на чертеже размеры детали и шероховатость ее поверхности.

Припуск на механическую обработку включает *основной*, а также *дополнительные* припуски, учитывающие отклонения формы поковки. Величины припусков следует назначать на одну сторону номинального размера поковки. При назначении припусков разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

При назначении величины припуска на поверхность, положение которой определяется двумя и более размерами поковки, устанавливают наибольшее

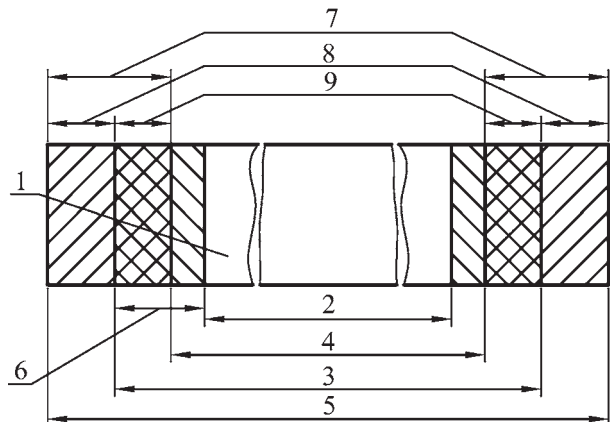
значение припуска для данной поверхности.

Основные припуски на механическую обработку поковок в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости поверхности детали по ГОСТ 2789–73 (в ред. 1987 г.) устанавливают по табл. 4. При пуски на толщину поковки, подвергаемой холодной или горячей калибровке, устанавливают согласно табл. 5. Ширину, длину и диаметр поковки или ее элементов, изменяющихся при калибровке, устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем.

Дополнительные припуски на механическую обработку, учитывающие смещение поковки (табл. 6), изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности (табл. 7), межцентрового и межосевого расстояний

Рис. 5. Схема, иллюстрирующая размеры и поля допусков поковки:

1 — деталь; 2 — размер детали; 3 — номинальный размер поковки; 4 — наименьший предельный размер поковки; 5 — наибольший предельный размер поковки; 6 — величина припуска; 7 — допуск (поле допуска); 8 — положительная величина допускаемого отклонения; 9 — отрицательная величина допускаемого отклонения



5. Допуски и припуски на толщину поковок, подвергаемых холодной и горячей калибровке

Площадь поверхности, подвергаемой калибровке, см ²	Припуск, мм	Поле допуска при K , мм	
		До 0,5 вкл.	Св. 0,5
До 2,5 вкл.	0,25	0,32	0,26
Св. 2,5 » 6,3 »	0,30	0,36	0,32
» 6,3 » 10,0 »	0,36	0,40	0,36
» 10,0 » 16,0 »	0,40	0,44	0,40
» 16,0 » 25,0 »	0,50	0,50	0,44
» 25,0 » 40,0 »	0,60	0,60	0,50
» 40,0 » 80,0 »	0,70	0,80	0,60

Примечания: 1. Допуск на калибровку — это отклонение размера между калиброванными плоскостями в зависимости от площади, подвергаемой калибровке, и коэффициента K , определяемого отношением толщины (расстояние между калиброванными плоскостями) к ширине поверхности, подвергаемой калибровке поковки или ее элемента.

2. При одновременной калибровке нескольких плоскостей поковки площадь поверхности, подвергаемой калибровке, определяют как их сумму. Допуски и допускаемые отклонения устанавливаются на все калиброванные элементы по наименьшему значению K .

3. При калибровке в холодном состоянии допускаемые отклонения принимают равными половине поля допуска.

4. При горячей калибровке припуски и допуски на толщину поковок могут быть увеличены до 1,5 раз.

(табл. 8), угловых размеров, определяют исходя из формы поковки, ее размеров или массы, технологии изготовления и класса точности.

Величину дополнительного припуска, учитывающего отклонения угловых размеров, устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем.

При изготовлении стержневых поковок с двухсторонней высадкой или

поковок, у которых стержни не подвергаются деформации, припуски на обработку должны устанавливаться с учетом приведенных допусков по длине стержней (см. «Назначение допусков»).

При изготовлении поковок по классу точности Т5 с применением пламенного нагрева заготовок допускается увеличение припуска на обработку:

Масса поковок, кг. До 3,2
Припуск, мм До 0,5

Св. 3,2 до 10,0 Св. 10,0
До 0,8 До 1,0

Кузнечные напуски. *Напуски* — увеличение припуска в целях упрощения конфигурации поковки из-за невозможности или нерентабельности ее изготовления с контуром, соответствующим контуру детали.

Кузнечные напуски могут быть образованы на поковке штамповочными уклонами, радиусами закруг-

ления внутренних углов, непробиваемой перемычкой в отверстиях и невыполнимыми в штамповочных операциях поднутрениями и полосками.

Штамповочные уклоны облегчают извлечение поковки из ручья штампа. Их назначают на все поверхности детали, располагающиеся параллельно

6. Припуски на смещение по поверхности разъема штампа

Масса поко вки, кг					Припуск для классов точности, мм									
					Плоская поверхность разъема (П)									
					T1	T2	T3	T4	T5					
							Симметрично изогнутая поверхность разъема (И _с)							
							T1	T2	T3	T4	T5			
							Несимметрично изо гнутая поверхность разъема (И _н)							
							T1	T2	T3	T4	T5			
До 0,5 вкл.					0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
Св. 0,5 » 1,0 »	0,2	0,2												
» 1,0 » 1,8 »		0,2	0,3											
» 1,8 » 3,2 »	0,2	0,3		0,4	0,5	0,6								
» 3,2 » 5,6 »			0,3	0,4	0,5	0,6	0,7							
» 5,6 » 10,0 »	0,3	0,4		0,5	0,6	0,7	0,9							
» 10,0 » 20,0 »		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6						
» 20,0 » 50,0 »	0,4		0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0					
» 50,0 » 125,0 »		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0					
» 125,0 » 250,0 »	0,4		0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0					

7. Припуски на изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности

Наибольший размер поковки, мм					Припуски для классов точности, мм				
					T1	T2	T3	T4	T5
До	100	вкл.			0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св.	100	»	160	»	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
»	160	»	250	»	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
»	250	»	400	»	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
»	400	»	630	»	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
»	630	»	1000	»	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
»	1000	»	1600	»	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
»	1600	»	2500	»	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

движению инструмента. При изготовлении поковок на горизонтально-ковочных машинах штамповочные уклоны назначают на все замкнутые штампом поверхности, располагающиеся перпендикулярно движению главного ползуна, на поверхности выступов и

углублений, располагающиеся параллельно к движению ползуна и выполняемые пуансонами, а также на поверхности сквозных отверстий или глубоких впадин, выполняемых формовочными или прошивными пуансонами.

8. Припуски на отклонения межосевого расстояния

Расстояние между центрами, осями, мм					Припуски для классов точности, мм				
					T1	T2	T3	T4	T5
До	60	вкл.			0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
Св.	60	»	100	»	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
»	100	»	160	»	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
»	160	»	250	»	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
»	250	»	400	»	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
»	400	»	630	»	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
»	630	»	1000	»	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
»	1000	»	1600	»	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
»	1600	»	2500	»	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Штамповочные уклоны (как и все другие виды напусков) приводят к увеличению массы поковок, а следовательно, к увеличению расхода металла и затрат на обработку резанием. Штамповочные уклоны не должны превышать величин, приведенных в табл. 9.

Минимальные **радиусы закруглений** наружных углов поковок в зависимости от глубины полости ручки штампа устанавливают по табл. 10.

Радиусы внутренних сопряжений поковки и соответствующие им радиусы выступов ручьев штампа должны быть в 2–3 раза больше радиусов закруглений

наружных углов поковки. Величину радиуса закругления внутренних углов устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем.

Впадины и углубления в поковке, когда их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, а диаметр или наименьший поперечный размер не менее 30 мм, выполняют глубиной до 0,8 их диаметра или наименьшего поперечного размера — при изготовлении на молотах и прессах и до трех диаметров — при изготовлении на горизонтально-ковочных машинах.

9. Штамповочные уклоны

Оборудование	Штамповочные уклоны, °	
	на наружной поверхности	на внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

Примечания: 1. На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на горизонтально-ковочных машинах, штамповочный уклон не должен превышать 3°.

2. У изготовленных на штамповочных молотах и прессах без выталкивателей поковок, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5, допускается штамповочный уклон до 10° на внешней поверхности и до 12° на внутренней.

10. Радиусы закруглений R_n наружных углов поковок

Масса поковки, кг					Минимальные значения радиусов закруглений, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
					До 10 вкл.	10...25	25...50	Св. 50
	До	1,0	вкл.		1,0	1,6	2,0	3,0
Св.	1,0	»	6,3	»	1,6	2,0	2,5	3,6
»	6,3	»	16,0	»	2,0	2,5	3,0	4,0
»	16,0	»	40,0	»	2,5	3,0	4,0	5,0
»	40,0	»	100,0	»	3,0	4,0	5,0	7,0
»	100,0	»	250,0	»	4,0	5,0	6,0	8,0

В поковке выполняют сквозные отверстия при двухстороннем углублении, если при ее изготовлении их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, диаметр сквозного отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки — не более диаметра пробиваемого отверстия.

Напуск на пробы должен соответствовать техническим требованиям к поковкам и предусматривается в месте, указанном на чертеже поковки.

Назначение допусков. Допуск — отклонение размера от номинального (абсолютная величина разности между наибольшим и наименьшим предельными размерами), обусловленное неточностью изготовления, недоштамповкой, износом ручья и т.п.

Допуск зависит от массы поковки, степени ее сложности, группы стали, класса точности и размеров поковки. Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок назначают в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по табл. 11 и распространяют на все внешние и внутренние размеры поковок.

Допуски по длине и ширине поковки относятся к размерам тех ее поверхностей, которые расположены с одной стороны поверхности разреза штампа, т.е. в одной ее части, и охватывают все отклонения.

Допуски размеров и допускаемые отклонения размеров толщин T, t (рис. 6), учитывающие недоштамповку, устанавливают по наибольшей толщине поковки и распространяют на все размеры ее толщины.

Допуски на внутренние размеры поковок (d, h_1) принимают с обратными знаками, что связано с уменьшением выступов в ручье штампа вследствие их износа.

Допуски и допускаемые отклонения размеров, отражающие односторонний износ штампов, равны 0,5 значений допусков, приведенных в табл. 11.

Допуски на свободные размеры принимают равными 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Для поковок, у которых стержень выходит за пределы штампа и не подвергается деформации, допуск длины стержня принимают равным:

Класс точности Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Допуск, мм. До 2	До 3	До 4	До 5	До 6

11. Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм												
	До 40	40...63	63...100	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки, мм								Св. 250	
				100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500			
1	0,3 +0,2 -0,1	0,4 +0,3 -0,1	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,2	+0,5 -0,2	—	—	—	—	—	—	
2	0,4 +0,3 -0,1	0,5 +0,3 -0,2	0,5 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,2	0,8 +0,5 -0,3	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	—	—	—	—	
3	0,5 +0,3 -0,2	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,2	0,8 +0,5 -0,3	0,9 +0,6 -0,3	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2 +0,8 -0,4	—	—	—	
4	0,6 +0,4 -0,2	0,7 +0,5 -0,2	0,8 +0,5 -0,3	0,9 +0,6 -0,3	1,0 +0,7 -0,3	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	—	—	—	
5	0,7 +0,5 -0,2	0,8 +0,5 -0,3	0,9 +0,6 -0,3	1,0 +0,7 -0,3	1,2 +0,8 -0,4	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	—	—	
6	0,8 +0,5 -0,3	0,9 +0,6 -0,3	1,0 +0,7 -0,3	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	+1,6 -0,9	
7	0,9 +0,6 -0,3	1,0 +0,7 -0,3	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	+1,8 -1,0	
8	1,0 +0,7 -0,3	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	+2,1 -1,1	
9	1,2 +0,8 -0,4	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	+2,4 -1,2	
10	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	+2,7 -1,3	
11	1,6 +1,1 -0,5	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	+3,0 -1,5	
12	2,0 +1,3 -0,7	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	+3,3 -1,7	

Окончание табл. 11

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм															
	До 40	40...63	63...100	100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500	Св. 250					
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки, мм															
	До 40	40...100	100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500							
13	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,4	5,0 +3,3 -1,5	5,6 +3,7 -1,6	6,3 +4,2 -1,7	7,1 +4,7 -1,8	8,0 +5,3 -1,9	9,0 +6,0 -2,0			
14	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,4	5,0 +3,3 -1,5	5,6 +3,7 -1,6	6,3 +4,2 -1,7	7,1 +4,7 -1,8	8,0 +5,3 -1,9	9,0 +6,0 -2,0	10,0 +6,7 -2,1			
15	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,4	5,0 +3,3 -1,5	5,6 +3,7 -1,6	6,3 +4,2 -1,7	7,1 +4,7 -1,8	8,0 +5,3 -1,9	9,0 +6,0 -2,0	10,0 +6,7 -2,1	11,0 +7,4 -2,2			
16	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,4	5,0 +3,3 -1,5	5,6 +3,7 -1,6	6,3 +4,2 -1,7	7,1 +4,7 -1,8	8,0 +5,3 -1,9	9,0 +6,0 -2,0	10,0 +6,7 -2,1	11,0 +7,4 -2,2	12,0 +8,0 -2,3			
17	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,4	5,0 +3,3 -1,5	5,6 +3,7 -1,6	6,3 +4,2 -1,7	7,1 +4,7 -1,8	8,0 +5,3 -1,9	9,0 +6,0 -2,0	10,0 +6,7 -2,1	11,0 +7,4 -2,2	12,0 +8,0 -2,3	13,0 +8,6 -2,4			
18	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,4	5,0 +3,3 -1,5	5,6 +3,7 -1,6	6,3 +4,2 -1,7	7,1 +4,7 -1,8	8,0 +5,3 -1,9	9,0 +6,0 -2,0	10,0 +6,7 -2,1	11,0 +7,4 -2,2	12,0 +8,0 -2,3	13,0 +8,6 -2,4	14,0 +9,2 -2,5			
19	4,5 +3,0 -1,4	5,0 +3,3 -1,4	5,6 +3,7 -1,5	6,3 +4,2 -1,6	7,1 +4,7 -1,7	8,0 +5,3 -1,8	9,0 +6,0 -2,0	10,0 +6,7 -2,1	11,0 +7,4 -2,2	12,0 +8,0 -2,3	13,0 +8,6 -2,4	14,0 +9,2 -2,5	15,0 +10,0 -2,6			
20	5,0 +3,3 -1,4	5,6 +3,7 -1,5	6,3 +4,2 -1,6	7,1 +4,7 -1,7	8,0 +5,3 -1,8	9,0 +6,0 -2,1	10,0 +6,7 -2,2	11,0 +7,4 -2,3	12,0 +8,0 -2,4	13,0 +8,6 -2,5	14,0 +9,2 -2,6	15,0 +10,0 -2,7	16,0 +10,8 -2,8			
21	5,6 +3,7 -1,4	6,3 +4,2 -1,6	7,1 +4,7 -1,7	8,0 +5,3 -1,8	9,0 +6,0 -2,1	10,0 +6,7 -2,2	11,0 +7,4 -2,3	12,0 +8,0 -2,4	13,0 +8,6 -2,5	14,0 +9,2 -2,6	15,0 +10,0 -2,7	16,0 +10,8 -2,8	17,0 +11,6 -2,9			
22	6,3 +4,2 -1,5	7,1 +4,7 -1,6	8,0 +5,3 -1,8	9,0 +6,0 -2,1	10,0 +6,7 -2,2	11,0 +7,4 -2,3	12,0 +8,0 -2,4	13,0 +8,6 -2,5	14,0 +9,2 -2,6	15,0 +10,0 -2,7	16,0 +10,8 -2,8	17,0 +11,6 -2,9	18,0 +12,4 -3,0			
23	7,1 +4,7 -1,5	8,0 +5,3 -1,6	9,0 +6,0 -1,8	10,0 +6,7 -2,1	11,0 +7,4 -2,2	12,0 +8,0 -2,4	13,0 +8,6 -2,5	14,0 +9,2 -2,6	15,0 +10,0 -2,7	16,0 +10,8 -2,8	17,0 +11,6 -2,9	18,0 +12,4 -3,0	19,0 +13,2 -3,1			

Примечание. Толщина — высотный размер геометрического элемента поковки, получаемого в обеих частях штампа.

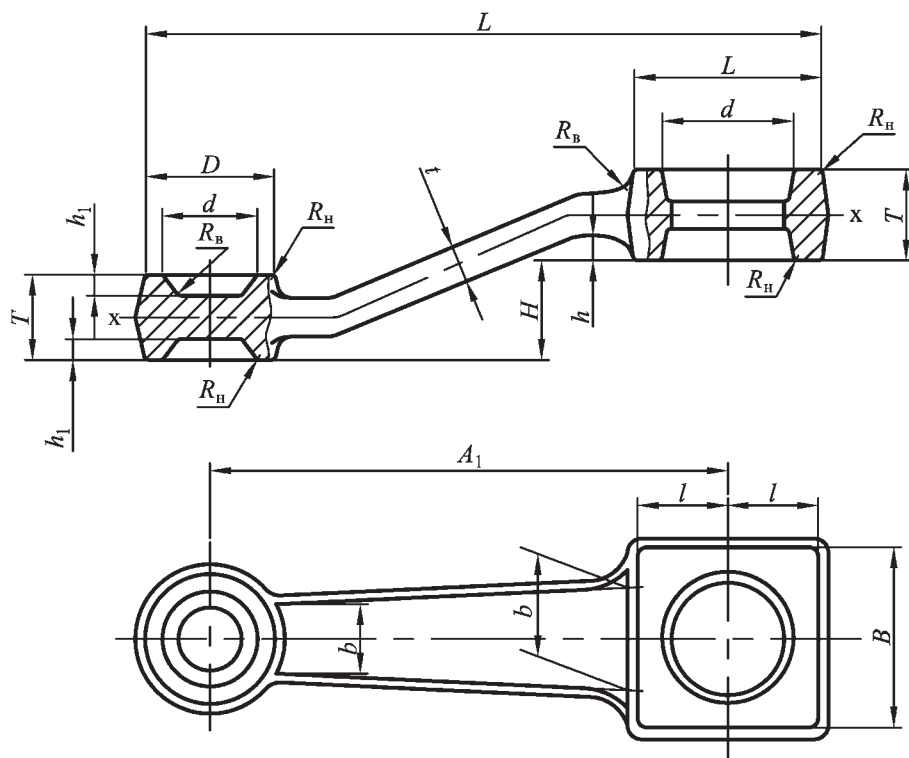


Рис. 6. Внешние и внутренние размеры поковки:

L, l — длина; B, b — ширина; D, d — диаметр; H, h — высота; h_1 — глубина впадины; $R_в, R_н$ — радиусы закруглений внутреннего и наружного угла поковки; T, t — толщина поковки

Величину допуска длины недеформированного стержня у поковок, полученных двухсторонней высадкой, удваивают. Для поковок, полученных высадкой с последующей штамповкой и высадкой проката мерной длины, допуск длины стержня устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем. В величину допуска не входят отклонения по смятию и неперпендикулярности торцов стержня.

Для участка стержня, зажатого в штампе или в клещах (при штамповке от заднего упора), допускают увеличение диаметра стержня на величину удвоенного положительного допускаемого отклонения по табл. 11 на расстоянии до двух диаметров от головки

поковки и полутора диаметров от торца стержня.

Допускаемые отклонения размеров сечения стержня на недеформируемых участках поковки определяют по соответствующим стандартам на сортмент проката с увеличением отрицательного допускаемого отклонения не более чем на 0,5 мм.

Допускаемое **отклонение торца стержня** поковки после отрезки заготовок из прутка, не подвергаемого деформации при штамповке (рис. 7), определяют по табл. 12 в зависимости от диаметра прутка. Допускается неперпендикулярность поверхности среза к оси заготовки до 7° .

Допускаемые отклонения межосевого расстояния (A_1) в поковках (см.

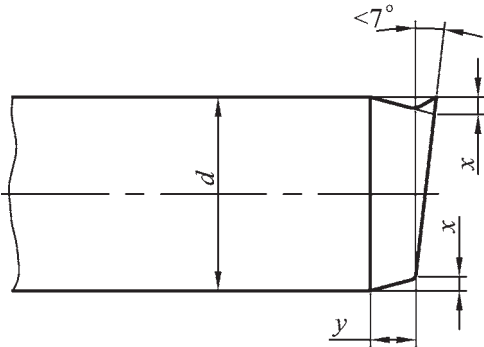


Рис. 7. Схема к определению допускаемого отклонения торца стержня поковки

12. Допуски на отрезаемый торец прутка

Диаметр прутка (d), мм	Допускаемое отклонение, мм	
	x	y
До 40 вкл.	0,08d	1d
Св. 40	0,07d	0,8d

рис. 6) не должны превышать величин, указанных в табл. 13. Межосевые расстояния в поковках измеряют относительно установочных измерительных баз (рис. 8).

Допуски на межосевые расстояния определяют величину разностенности

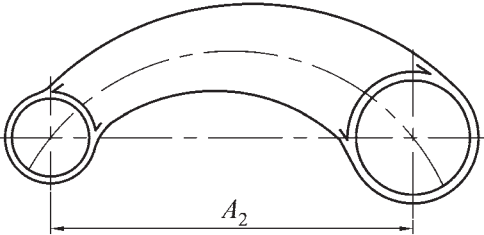


Рис. 8. Пример простановки межосевых размеров от установочных баз, используемых при обработке резанием

отверстий после механической обработки поковки и могут полностью переходить в готовую деталь. Чтобы избежать ослабления стенок отверстий в деталях, при конструировании поковок за счет этих допусков бобышкам придают овальную форму.

Допускаемое отклонение межосевого расстояния (A_2) в поковке (см. рис. 8) устанавливают по согласованию потребителя с изготовителем.

Допускаемая величина *смещения* по поверхности разъема штампа определяется в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъема штампа и класса точности и не должна превышать значений, приведенных в табл. 14.

13. Допуски на межосевые расстояния поковок

Межцентровое расстояние, мм					Допускаемые отклонения межосевого расстояния для классов точности, мм				
					T1	T2	T3	T4	T5
До	60	вкл.			±0,10	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30
Св.	60	»	100	»	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50
»	100	»	160	»	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50	±0,80
»	160	»	250	»	±0,25	±0,30	±0,50	±0,80	±1,20
»	250	»	400	»	±0,30	±0,50	±0,80	±1,20	±1,60
»	400	»	630	»	±0,50	±0,80	±1,20	±1,60	±2,00
»	630	»	1000	»	±0,80	±1,20	±1,60	±2,00	±3,00
»	1000	»	1600	»	±1,20	±1,60	±2,00	±3,00	±4,50
»	1600	»	2500	»	±1,60	±2,00	±3,00	±4,50	±7,00

14. Допускаемое смещение по поверхности разъема штампа

Масса поковки, кг					Допускаемое смещение по поверхности разъема штампа, мм						
					Пл оская поверхность разъема штампа (П)						
					T1	T2	T3	T4	T5		
						Симметрично изогнутая поверхность разъема штампа (И _с)					
						T1	T2	T3	T4	T5	
							Несимметрично изогнутая поверхность разъема штампа (И _н)				
					T1	T2	T3	T4	T5		
До	0,5	вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6		
Св.	0,5	»	1,0	»	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
»	1,0	»	1,8	»	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
»	1,8	»	3,2	»	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
»	3,2	»	5,6	»	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
»	5,6	»	10,0	»	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
»	10,0	»	20,0	»	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8
»	20,0	»	50,0	»	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5
»	50,0	»	125,0	»	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2
»	125,0	»	250,0	»	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0

Смещение m определяют в месте наибольшего смещения контуров поковки (рис. 9). Для штампов с одной поверхностью разъема (см. рис. 9, а) смещение вычисляют по формуле

$$m = 0,5(a_2 - a_1),$$

а для штампов с двумя и более поверхностями разъема (см. рис. 9, б) — по формуле

$$m = (a_2 - a_1),$$

где a_1 и a_2 — соответственно наибольший и наименьший размеры поковки в направлении линейного переноса.

Допускаемую величину *остаточного облоя* (z) — выступа, оставшегося на поковке после обрезки облоя или

пробивки отверстия (рис. 10, а), определяют в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъема штампа и класса точности и назначают по табл. 15.

Допускаемая величина остаточного облоя не зависит от других допусков и является дополнением к ним.

В местах перехода для радиусов до 10 мм допускается назначение удвоенной величины остаточного облоя.

Величина *срезанной кромки* (ϕ) (рис. 10, б) не должна уменьшать установленный припуск.

Допускаемая *высота заусенца* (κ) (рис. 11, в) на поковке по контуру обрезки облоя или пробивки отверстия не должна превышать следующих размеров:

Масса поковки, кг . . . До 1,0 вкл	Св. 1,0 до 5,6 вкл	Св. 5,6 до 50,0 вкл	Св. 50
Высота заусенца, мм 2	3	5	6

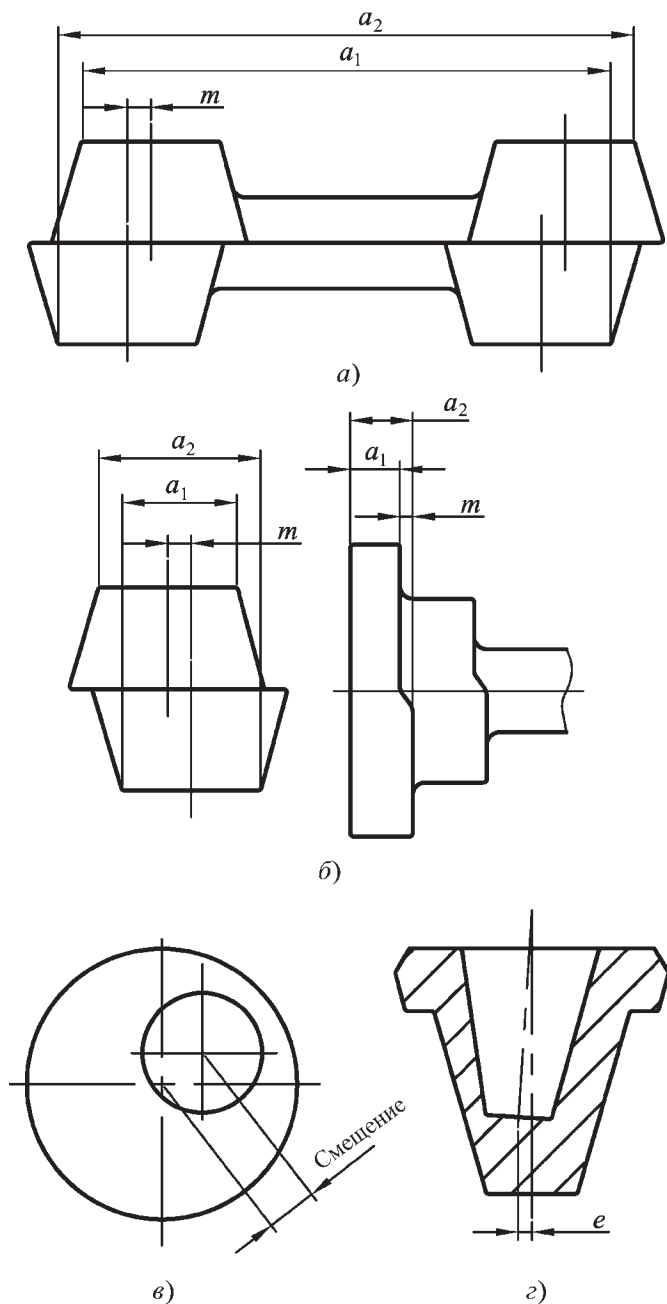


Рис. 9. Схема к определению смещения поверхности разреза штампа (а, б), неконцентричности (в) и отклонения от соосности (г)

При пробивке отверстия эта величина может быть увеличена в 1,3 раза.

Допускаемую величину заусенца (κ), образовавшегося по контуру пуансона при штамповке в закрытых штампах —

безоблойной штамповке (рис. 11, а), определяют по табл. 16.

У поковок, изготовленных на горизонтально-ковочных машинах, допускаемая высота заусенца (κ) (рис. 11, б) в плоскости разреза матриц не должна превышать удвоенной величины остаточного облоя, определяемого по табл. 15.

Заусенцы на необрабатываемых поверхностях поковок должны быть удалены по требованию потребителя, если форма поковки позволяет производить зачистку поверхности на зачистных станках.

Допускаемое отклонение от соосности (e) непробитых отверстий (наметок) и оси поковки (см. рис. 9, з) принимают не более 1,0 % глубины глухого отверстия (наметки).

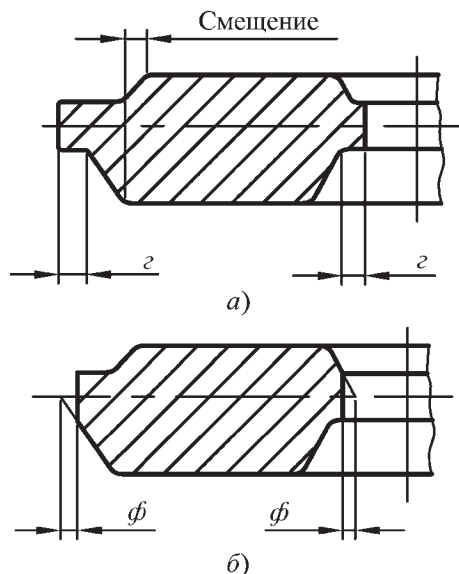


Рис. 10. Схема измерения остаточного облоя (а) и срезанной кромки (б)

15. Допускаемая величина остаточного облоя

Масса поковки, кг					Допускаемая величина остаточного облоя, мм									
					Плоская поверхность разъема штампа (П)									
					T1	T2	T3	T4	T5					
							Симметрично изогнутая поверхность разъема штампа (I _с)							
							T1	T2	T3	T4	T5			
										Несимметрично изогнутая поверхность разъема штампа (I _н)				
			T1	T2	T3	T4	T5							
До	0,5	вкл.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9				
Св.	0,5	»	1,0	»	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0		
»	1,0	»	1,8	»	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2		
»	1,8	»	3,2	»	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4		
»	3,2	»	5,6	»	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6		
»	5,6	»	10,0	»	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8		
»	10,0	»	20,0	»	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2		
»	20,0	»	50,0	»	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8		
»	50,0	»	125,0	»	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5		
»	125,0	»	250,0	»	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0		

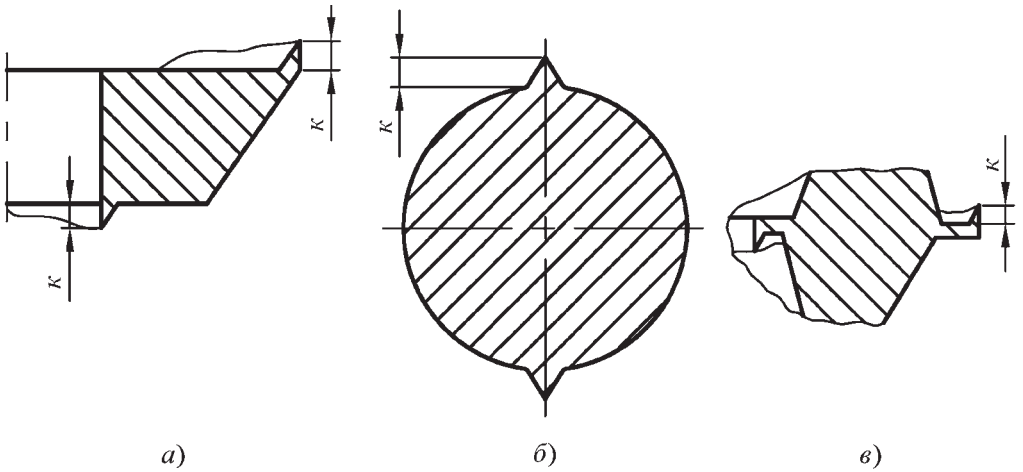


Рис. 11. Схема измерения величины заусенца при безоблойной штамповке (а), при штамповке в штампах с разъемными матрицами (б) и при обрезке облоя и пробивке отверстия (в)

16. Допускаемая величина торцевых заусенцев

Масса поковки, кг		Степень сложности поковки	Допускаемая величина заусенца, мм, при максимальном размере поперечного сечения поковки по поверхности разреза штампа, мм				
			До 40	40...100	100...160	160...250	Св. 250
До	0,5	вкл.	C1, C2	1,0	2,0	—	—
			C3	2,0	3,0	—	—
			C4	3,0	4,0	—	—
Св.	0,5	»	C1, C2	2,0	3,0	4,0	—
			C3	3,0	4,0	5,0	—
			C4	4,0	5,0	6,0	—
»	3,2	»	C1, C2	3,0	4,0	5,0	—
			C3	4,0	5,0	6,0	—
			C4	5,0	6,0	7,0	—
»	5,6	»	C1, C2	4,0	5,0	6,0	7,0
			C3	5,0	6,0	7,0	8,0
			C4	6,0	7,0	8,0	9,0
»	20,0	»	C1, C2	5,0	6,0	7,0	8,0
			C3	6,0	7,0	8,0	9,0
			C4	7,0	8,0	9,0	10,0
»	50,0	»	C1, C2	6,0	7,0	8,0	9,0
			C3	7,0	8,0	9,0	10,0
			C4	8,0	9,0	10,0	11,0

Допускаемое наибольшее *отклонение от concentричности* (c_m) пробитого в поковке отверстия (величина смещения центра пробитого отверстия от заданных координат по чертежу поковки — см. рис. 9, в) устанавливают по табл. 17.

Приведенные допускаемые отклонения от concentричности отверстий соответствуют началу пробивки (со стороны входа пуансона в поковку). В конце пробивки (со стороны выхода

пуансона) эти отклонения могут быть увеличены на 25 %.

Допускаемые отклонения по *изогнутости* (P_i), *плоскостности* (P_a) и *прямолинейности* (P_b) для плоских поверхностей (рис. 12), а также на *радиальные биения* (для цилиндрических поверхностей) назначают в соответствии с табл. 18.

В допусках на неплоскостность, непрямолинейность и на радиальные биения не учтены ранее рассмотрен-

17. Допуски неконцентричности

Наибольший размер поковки, мм					Допускаемое наибольшее отклонение от concentричности пробитого отверстия для классов точности, мм				
					T1	T2	T3	T4	T5
До	100	вкл.			0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св.	100	»	160	»	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
»	160	»	250	»	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
»	250	»	400	»	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
»	400	»	650	»	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
»	650	»	1000	»	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

18. Допускаемые отклонения по изогнутости, от плоскостности, прямолинейности и радиальные биения

Наибольший размер поковки, мм					Допускаемые отклонения по изогнутости для классов точности, мм				
					T1	T2	T3	T4	T5
До	100	вкл.			0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Св.	100	»	160	»	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
»	160	»	250	»	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
»	250	»	400	»	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
»	400	»	630	»	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
»	630	»	1000	»	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
»	1000	»	1600	»	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
»	1600	»	2500	»	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Примечания: 1. Длинномерные поковки с размерами свыше 1000 мм подвергают правке перед механической обработкой.

2. Допуск радиального биения цилиндрических поверхностей не должен превышать удвоенного значения, указанного в настоящей таблице (назначают по согласованию между изготовителем и потребителем).

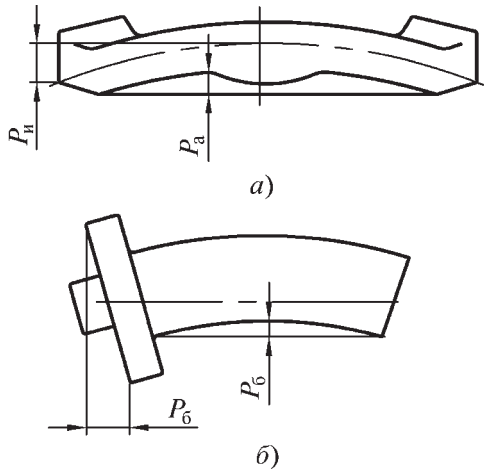


Рис. 12. Схема к определению изогнутости, отклонения от плоскостности (а) и прямолинейности (б)

ные допуски и перепады по толщине (высоте) или ширине поковок.

При расположении отдельных элементов поковок под углом к оси (рис. 13) допускаемые *угловые отклонения* (α) этих элементов определяют по табл. 19.

Допуск *радиусов закруглений внутренних* ($R_{в}$) и *наружных* ($R_{н}$) углов поковок (см. рис. 6) устанавливают по табл. 20.

Допускаемые отклонения штамповочных уклонов на поковках устанавливают в пределах $\pm 0,25$ их номинальной величины, определенной по табл. 9.

Допуски высоты (длины) стержня, втулки и отростка поковки, изготов-

19. Допуски на угловые отклонения элементов поковок

Длина элемента, мм					Допускаемые отклонения угловых элементов поковки для классов точности				
					T1	T2	T3	T4	T5
До	25	вкл.			$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 2^{\circ}00'$	$\pm 2^{\circ}30'$
Св.	25	»	60	»	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 2^{\circ}00'$
»	60	»	100	»	$\pm 0^{\circ}15'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$
»	100	»	160	»	$\pm 0^{\circ}10'$	$\pm 0^{\circ}15'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$
»	160				$\pm 0^{\circ}05'$	$\pm 0^{\circ}10'$	$\pm 0^{\circ}15'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$

Примечание. Допускаемые отклонения угловых размеров для поковок, скручивание или гибка элементов которых производится на отдельном оборудовании, увеличивают на 50 %.

20. Допуск радиусов закруглений углов поковок

Радиус закругления, мм					Допуск радиусов закруглений для классов точности, мм				
					T1	T2	T3	T4	T5
До	4	вкл.			0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Св.	4	»	6	»	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
»	6	»	10	»	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
»	10	»	16	»	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
»	16	»	25	»	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
»	25	»	40	»	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
»	40	»	60	»	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
»	60	»	100	»	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

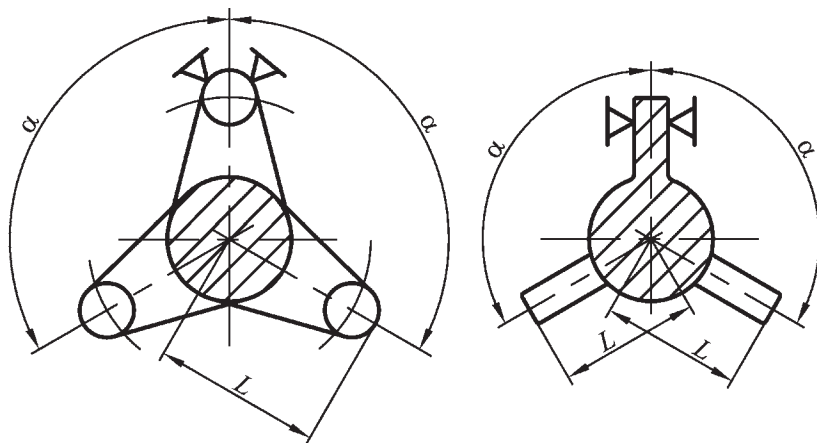


Рис. 13. Поковки с угловым расположением элементов:
 L — длина элемента; α — угловые размеры элементов поковки

ленной выдавливанием, устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем.

На поковках *допускаются следы в виде впадин или выступов*, образующиеся от выталкивателя или от зажимных элементов штампа. Глубина впадины не должна превышать 0,5 величины фактического припуска. Высота выступа допускается до 3,0 мм на обрабатываемой поверхности, а на необрабатываемой поверхности допускаемая ее величина должна быть согласована между изготовителем и потребителем.

Допуски *толщины поковки*, подвергаемой холодной или горячей калибровке, устанавливают по табл. 5.

Ширину, длину и диаметр поковки или ее элементов, изменяющихся при калибровке, устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем. При этом одностороннее увеличение размеров не должно превышать удвоенного положительного отклонения, а уменьшение — удвоенного отрицательного отклонения размера до калибровки.

Отклонения от параллельности, плоскостности и прямолинейности

калиброванных плоскостей допускаются в пределах допуска размера после калибровки.

Допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей, назначенные по табл. 14–19, а также радиального биения, несоосности, штамповочных уклонов, высоты заусенца, величины срезанной кромки и следов от выталкивателя и зажимных элементов штампа являются самостоятельными и не зависят от допускаемых отклонений размеров поковки.

На поковки с массой более 250 кг или с линейными размерами более 2500 мм, на поковки из жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких сталей и сплавов, а также на дополнительные специальные элементы поковок (пробы для механических испытаний, захваты для подвешивания поковок при термической обработке и для других технологических целей) допуски размеров, отклонений формы, припусков, кузнечных напусков и наименьшие радиусы закругления наружных углов устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем.

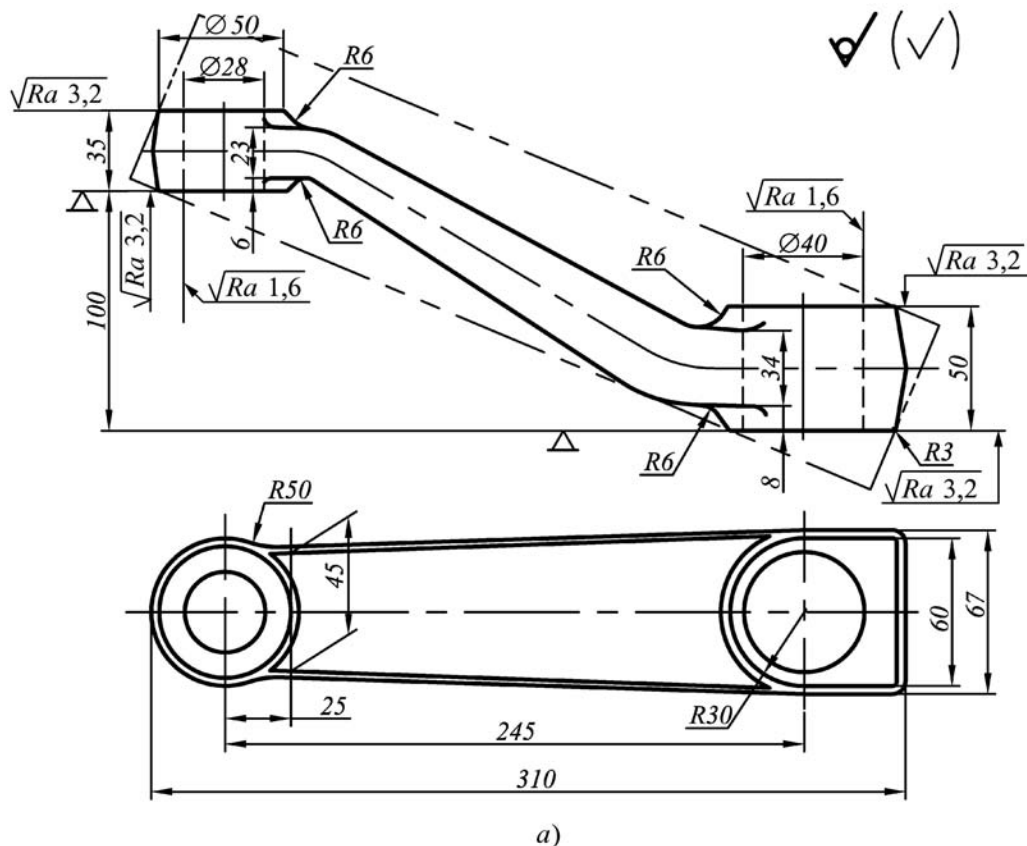


Рис. 14. Чертежи:
а — детали «Рычаг»; б — поковки рычага

Расчет припусков, допусков и напусков на поковки. Пример 1. Поковки, штампуемые на молотах.

Расчет выполняем на основании данных, приведенных на чертеже детали (рис. 14, а): деталь — рычаг; материал — сталь 12Х2Н4А (по ГОСТ 4543–71) с содержанием 0,09...0,15 % С; 0,17...0,37 % Si; 0,30...0,60 % Mn; 1,25... 1,65 % Cr; 3,25... 3,65 % Ni.

Масса детали — 3,3 кг. Нагрев — пламенный газовый.

Исходные данные для расчета.

Расчетный коэффициент $K_p = 1,3$ (см. табл. 2). Расчетная масса поковки [см. формулу (2)]

$$M_{п.р.} = 3,3 \cdot 1,3 = 4,29 \text{ кг.}$$

Класс точности — Т5 (см. табл. 1).

Группа стали — М3, так как средняя массовая доля углерода в стали 12Х2Н4А — 0,12 % С (менее 0,35 %), а суммарная массовая доля легирующих элементов — 5,62 % (0,27 % Si; 0,45 % Mn; 1,45 % Cr; 3,45 % Ni), что более 5 %.

Размеры описывающей поковку фигуры (параллелепипед), мм: длина — 340; высота — 67 (определяем графически); ширина — 67 (из чертежа детали).

Объем описывающей поковку фигуры определяем с увеличением ее га-

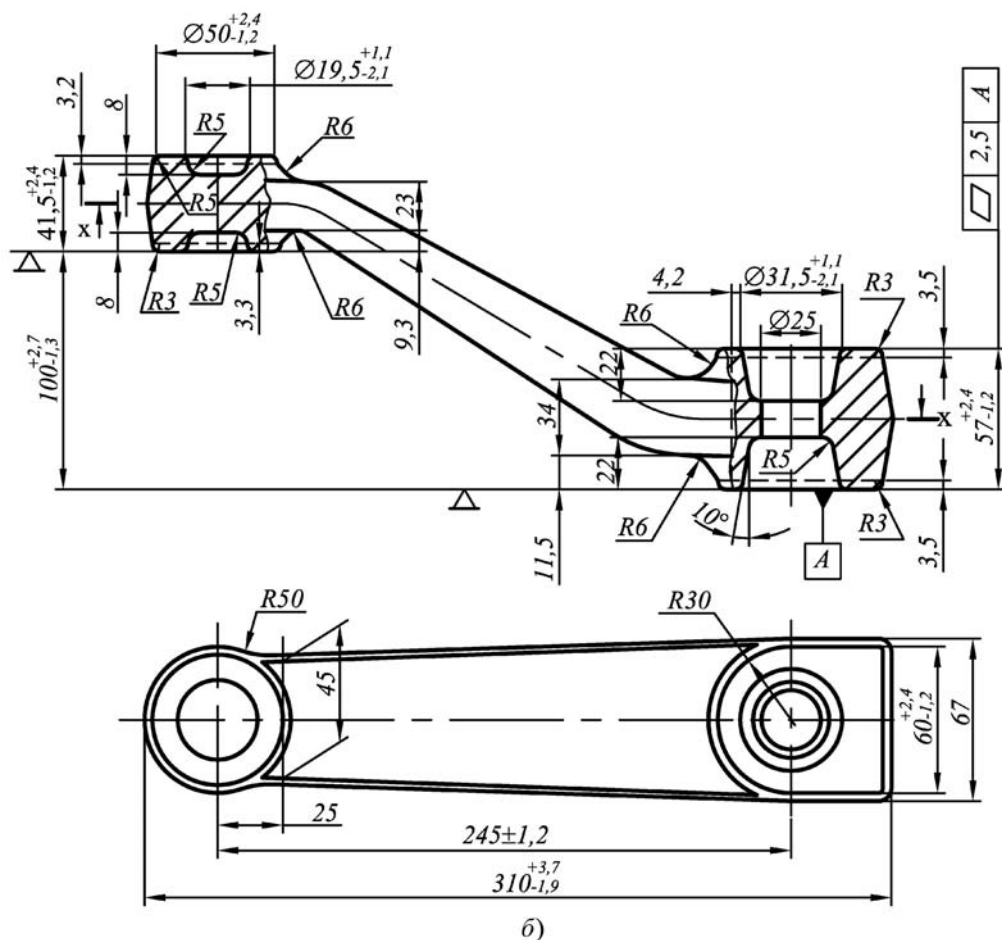


Рис. 14. Окончание

баритных линейных размеров в 1,03 раза:

$$V_{\phi} = 1,03^3 \cdot 34 \cdot 6,7 \cdot 6,7 = 1667,8 \text{ см}^3.$$

Расчетная масса описывающей фигуры:

$$1667,8 \cdot 7,85 = 13092 \text{ г} = 13,09 \text{ кг}.$$

Отношение $G_{\Pi} / G_{\phi} = 4,29 / 13,09 = 0,328$, что соответствует степени сложности поковки С2 (см. «Общие положения»).

Конфигурация разъема штампа — I_{Π} (изогнутая несимметрично).

Исходный индекс — 16 (см. табл. 3).

Припуски и кузнечные напуски.

Основные припуски на размеры (см. табл. 4):

Размер детали, мм	Ra	Припуск, мм
Толщина 50	3,2	2,7
Толщина 35	3,2	2,5
Диаметр 40	1,6	2,3
Диаметр 28	1,6	2,3

Дополнительные припуски, учитывающие:

смещение поковки по поверхности разъема штампа для диаметра 40 мм —

0,6 мм; для диаметра 28 мм — 0,6 мм (см. табл. 6);

отклонения от прямолинейности (при наибольшем габаритном размере поковки, равном 310 мм) для толщины 50 мм — 0,8 мм, для толщины 35 мм — 0,8 мм (см. табл. 7);

отклонение межцентрового расстояния на размер 245 мм — 1,2 мм (см. табл. 8).

Размеры поковки и их допускаемые отклонения (рис. 14, б).

Размеры детали, мм	Припуск, мм	Размер поковки, мм
Толщина 50	(2,7 + 0,8)·2	57; принимаем 57
Толщина 35	(2,5 + 0,8)·2	41,6; принимаем 41,5
Диаметр 40	-(2,3 + 0,6 + 1,2)·2	31,8; принимаем 31,5
Диаметр 28	-(2,3 + 0,6 + 1,2)·2	19,8; принимаем 19,5
Высота 100	(2,7 — 2,5)	100,2; принимаем 100

Минимальный радиус закругления наружных углов для глубины ручья 10...25 мм — 2,0 мм, для глубины ручья 25...50 мм — 2,5 мм (см. табл. 10). Принимаем $R_n = 3$ мм, $R_b = 5$ мм.

Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 11), мм:

толщина $57^{+2,4}_{-1,2}$,	высота $100^{+2,7}_{-1,3}$,
толщина $41,5^{+2,4}_{-1,2}$,	длина $310^{+3,7}_{-1,9}$,
ширина $60^{+2,4}_{-1,2}$,	диаметр $31,5^{+1,1}_{-1,1}$,
диаметр $50^{+2,4}_{-1,2}$,	диаметр $19,5^{+1,1}_{-2,1}$.

Неуказанные предельные отклонения размеров принимаем равными 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Допуски, мм, радиусов закруглений (см. табл. 20): $R3^{+2}$; $R5^{+3}$.

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа (см. табл. 14) — 1,2 мм.

Допускаемое отклонение от плоскостности и прямолинейности (см. табл. 18) — 1,6 мм.

Допускаемая величина остаточного облоя или срезанной кромки (см. табл. 15) — 1,6 мм.

Штамповочные уклоны (см. табл. 9): на наружной поверхности (не более 7°) принимаем 7°, на внутренней поверхности (не более 10°) принимаем 10°.

Так как поковка относится к группе точности Т5, имеет массу 4,29 кг и будет нагреваться в пламенной печи, допускается увеличение припуска на обработку до 0,8 мм (см. «Дополнительные припуски»).

Допускаемое отклонение от межцентрового расстояния (см. табл. 13) $\pm 1,2$ мм.

Чтобы убедиться в правильном назначении всех припусков, напусков и допусков, необходимо рассчитать массу поковки с учетом 0,5 положительного допуска для наружных размеров и 0,5 отрицательного допуска для размеров полостей и отверстий. Если рассчитанная масса не останется в прежнем диапазоне, припуски и допуски необходимо пересчитать.

Пример 2. *Поковки, штампуемые на кривошипных горячештамповочных прессах.*

Расчет выполняем на основании данных, приведенных на чертеже детали (рис. 15, а): деталь — шестерня; материал — сталь 45ХН2МФА (по ГОСТ 4543—71) с содержанием 0,42...0,50 % С; 0,17...0,37 % Si; 0,5...0,8 % Mn; 0,8...0,11 % Cr; 1,3...1,8 % Ni; 0,2...0,3 % Mo; 0,10...0,18 % V.

Масса детали — 1,83 кг. Нагрев — индукционный.

Исходные данные для расчета.

Расчетная масса поковки

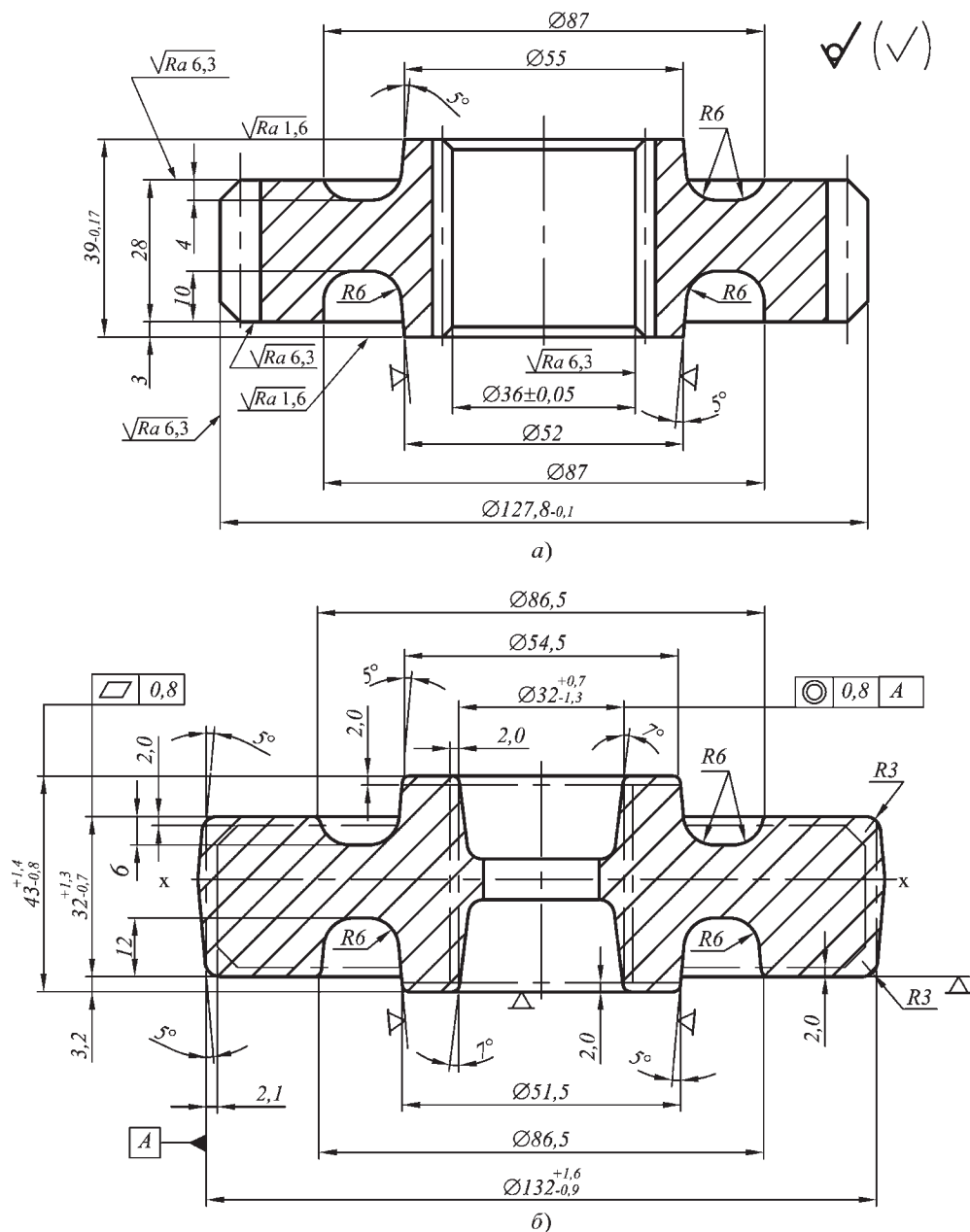


Рис. 15. Чертежи:
а — детали «Шестерня»; б — поковки шестерни

$$M_{п.р} = 1,83 \cdot 1,8 = 3,29 \text{ кг},$$

где 1,8 — расчетный коэффициент (см. табл. 2).

Класс точности — Т4 (см. табл. 1).

Группа стали — М2 (см. «Общие положения»), так как средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА со-

ставляет 0,46 % С и находится в интервале 0,35...0,65 %, а суммарная массовая доля легирующих элементов — 3,81 %, находится в интервале 2,0...5,0 % (0,27 % Si; 0,65 % Mn; 0,95 % Cr; 1,55 % Ni; 0,25 % Mo; 0,14 % V).

Для определения степени сложности поковки необходимо найти отношение $G_{\text{п}} / G_{\text{ф}}$ (см. «Общие положения»).

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндр), мм: диаметр 127,8·1,05 = 134,2; высота 39·1,05 = 41 (где 1,05 — коэффициент).

Масса описывающей фигуры (расчетная) составляет 4,55 кг.

Отношение $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} = 3,3/4,55 = 0,72$, что больше 0,63. Следовательно, степень сложности поковки С1.

Конфигурация поверхности разреза штампа — П (плоская).

Размеры поковки и их допускаемые отклонения (рис. 15, б):

Размеры детали, мм	Припуск, мм	Размер поковки, мм
Диаметр: 127,8	(1,8 + 0,3)·2	132; принимаем 132
36	-(1,6 + 0,3)·2	32,2; принимаем 32
Толщина: 39	(1,7 + 0,4)·2	43,2; принимаем 43
28	(1,7 + 0,4)·2	32,2; принимаем 32

Радиус закругления наружных углов принимаем равным 3,0 мм (минимальный радиус согласно табл. 10 равен 2,0 мм).

Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 11), мм:

Диаметр	132 ^{+1,6} _{-0,9}	Толщина	43 ^{+1,4} _{-0,8}
Диаметр	32 ^{+0,7} _{-1,3}	Толщина	32 ^{+1,3} _{-0,7}

Неуказанные предельные отклонения размеров принимаем равными 1,5 допуска соответствующего размера поковки (см. табл. 11) с равными допускаемыми отклонениями (например, $\varnothing 86,5 \pm 1,6$ мм).

Неуказанные допуски радиусов закругления определяем по табл. 20: R3⁺¹ мм, R6⁺² мм.

Допускаемая величина остаточного облоя — 0,9 мм (см. табл. 15); отклоне-

Исходный индекс — 12 (см. табл. 3).

Припуски и кузнечные напуски.

Основные припуски на размеры (см. рис. 15, а и табл. 4):

Размер детали, мм	Ra	Припуск, мм
диаметр 127,8	6,3	1,8
диаметр 36	6,3	1,6
толщина 39	1,6	1,7
толщина 28	6,3	1,7

Дополнительные припуски, учитывающие:

смещение по поверхности разреза штампа — 0,3 мм (см. табл. 6);

отклонение от плоскостности — 0,4 мм (см. табл. 7).

Штамповочные уклоны на наружной поверхности принимаем равными 5°, на внутренней — 7° (см. табл. 9).

ния от плоскостности — 0,8 мм (см. табл. 18).

Допускаемое отклонение от концентричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки равно 1,0 мм (см. табл. 17), смещение по поверхности разреза штампа — 0,7 мм (см. табл. 14).

Допустимая высота заусенца — 3,0 мм (см. табл. 16).

Пример 3. *Поковки, штампуемые на горизонтально-ковочных машинах.*

Расчет выполняем на основании данных, приведенных на чертеже детали (рис. 16, а): деталь — полуось; материал — сталь 45Г (по ГОСТ 4543–71) с содержанием 0,42...0,50 % С; 0,17...0,37 % Si; 0,7...1,0 % Mn.

Масса детали — 16,5 кг. Масса фланца с зажимаемой частью — 6,5 кг,

масса шлицевого конца с зажимаемой частью — 4,6 кг.

Нагрев заготовок — индукционный. Число переходов штамповки — 5.

Исходные данные для расчета.

Расчетную массу поковки определяем для фланцевой и шлицевой частей.

Расчетный коэффициент K_p для

Размеры поковки и их допускаемые отклонения (рис. 16, б).

Размеры детали, мм	Припуск, мм	Размер поковки, мм
Диаметр: 195	$(3,0 + 0,3 + 0,5) \cdot 2$	202,6; принимаем 202,5
56	$(2,5 + 0,3 + 0,3) \cdot 2$	62,2; принимаем 62
Толщина: 32	$2,5 + 0,3 + 0,5$	35,3; принимаем 35,5
12	$(2,3 + 0,5) + (2,5 + 0,3 + 0,5)$	18,1; принимаем 18
100	$2,4 + 0,3$	102,7; принимаем 103

фланцевой части равен 1,5, для шлицевой части — 1,3 (см. табл. 2).

Масса фланца с зажимаемой частью: $6,5 \cdot 1,5 = 9,8$ кг.

Масса шлицевого конца с зажимаемой частью: $4,6 \cdot 1,3 = 6,0$ кг.

Класс точности — Т4 (см. табл. 1).

Группа стали — М2, так как средняя массовая доля углерода в стали 45Г составляет 0,46 %, а легирующих элементов — 1,12 % (0,27 % Si; 0,85 % Mn).

Степень сложности поковки — С4, так как количество переходов штамповки более четырех (см. «Общие положения»).

Конфигурация поверхности разреза штампа — П (плоская).

Исходный индекс для фланцевой части поковки — 16 (см. табл. 3).

Припуски и кузнечные напуски.

Основные припуски на размеры (табл. 4):

Размер детали, мм	R_a	Припуск, мм
Диаметр: 195	6,3	3,0
56	1,6	2,5
Толщина: 12	6,3	2,3
12	3,2	2,3
32	3,2	2,5
100	12,5	2,4

Дополнительные припуски, учитывающие:

смещение по плоскости разреза матриц — 0,3 мм (см. табл. 6);

отклонения от плоскостности и прямолинейности (см. табл. 7) для диаметра 195 мм — 0,5 мм, для диаметра 56 мм — 0,3 мм.

Длина части поковки 850 мм: $850 + (2,4 + 0,3) - (2,5 + 0,3 + 0,5) = 849,4$; принимаем 849,5.

Радиус закругления наружных углов фланца (см. табл. 10) — 3,0 мм, шлицевого конца — 4,0 мм.

Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 11), мм:

диаметр	$202,5^{+3,0}_{-1,5}$	толщина	$18^{+2,1}_{-1,1}$
диаметр	$62^{+2,4}_{-1,2}$	толщина	$35,5^{+2,1}_{-1,1}$
диаметр	$50^{+0,4}_{-1,0}$	толщина	$103^{+3,0}_{-1,5}$

(по ГОСТ 2590–88);

Неуказанные предельные отклонения размеров принимаем равными 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Неуказанные допуски (мм) радиусов закруглений (см. табл. 20): $R3^{+1}$, $R4^{+1}$.

Допускаемая величина торцового заусенца (см. табл. 16) фланца — 9 мм, шлицевого конца — 8 мм.

Допускаемая высота заусенца в плоскости разреза матриц не должна превышать удвоенной величины остаточного облоя по табл. 15 — 2,0 мм.

Допускаемое отклонение по изогнутости, от плоскостности и от прямолинейности (см. табл. 18): фланца — 1,0 мм;

шлицевого конца — 0,6 мм; всей поковки — 2,0 мм.

Допускаемая величина смещения по поверхности разреза штампа (см. табл. 14) — 0,8 мм.

Допускаемое увеличение диаметра стержня на расстоянии 100 мм от фланца и диаметра шлицевого конца — не более удвоенного положительного допуска по табл. 11 (не более чем на 4,8 мм), т.е. до 54,8 мм.

Пример 4. Поковки, штампуемые на горячештамповочных автоматах.

Расчет выполняем на основании данных, приведенных на чертеже детали (рис. 17, а): деталь — шестерня; материал — сталь 30ХМА (по ГОСТ 4543–71) с содержанием 0,26...0,33 % С; 0,17...0,37 % Si; 0,4...0,7 % Mn; 0,8...1,1 % Cr; 0,15...0,25 % Mo.

Масса детали — 0,39 кг. Перед штамповкой заготовку нагревают в индукторе.

Исходные данные для расчета.

Расчетная масса поковки для определения (назначения) припусков и допусков находится по массе детали M_d и коэффициенту $K_p = 1,6$ [см. табл. 2, формулу (2)]:

$$M_{п.р} = 0,39 \cdot 1,6 = 0,624 \text{ кг.}$$

Класс точности поковки — Т3 (см. табл. 1).

Средняя массовая доля углерода в стали 30ХМА составляет 0,3 % (меньше 0,35 % С), а суммарная массовая доля легирующих элемен-

тов — 1,97 % (0,27 % Si; 0,55 % Mn; 0,95 % Cr; 0,20 % Mo), что составляет менее 2 %. Следовательно, группа стали — М1.

Для определения степени сложности поковки необходимо найти отношение G_n / G_ϕ .

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндр), мм:

$$\text{диаметр } 60 \cdot 1,05 = 63;$$

$$\text{длина } 31 \cdot 1,05 = 32,5 \text{ (где } 1,05 \text{ — коэффициент).}$$

Масса описывающей фигуры (расчетная) составит 0,79 кг.

Отношение $G_n / G_\phi = 0,620 / 0,79 = 0,78$, что более 0,63. Следовательно, степень сложности поковки — С1.

Конфигурация поверхности разреза штампа — П (плоская).

Исходный индекс поковки — 6 (см. табл. 3).

Припуски и кузнечные напуски.

Основные припуски на размеры (см. рис. 17, а и табл. 4):

Размер детали, мм	R_a	Припуск, мм
Диаметр:		
60	6,3	1,0
34	0,8	1,0
26	6,3	0,9
Толщина:		
31	6,3	1,0
31	0,8	1,1
21	6,3	0,9

Дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности, составляет 0,2 мм (см. табл. 7).

Размеры поковки и их допускаемые отклонения (рис. 17, б):

Размеры детали, мм	Припуск, мм	Размер поковки, мм
Диаметр:		
60	1,0-2	62; принимаем 62
34	1,0-2	36; принимаем 36
26	-(0,9-2)	24,2; принимаем 24
Толщина:		
21	+(0,9 + 0,2)-2	23,2; принимаем 23
31	1,0 + 1,1 + 0,2-2	33,5; принимаем 33,5.

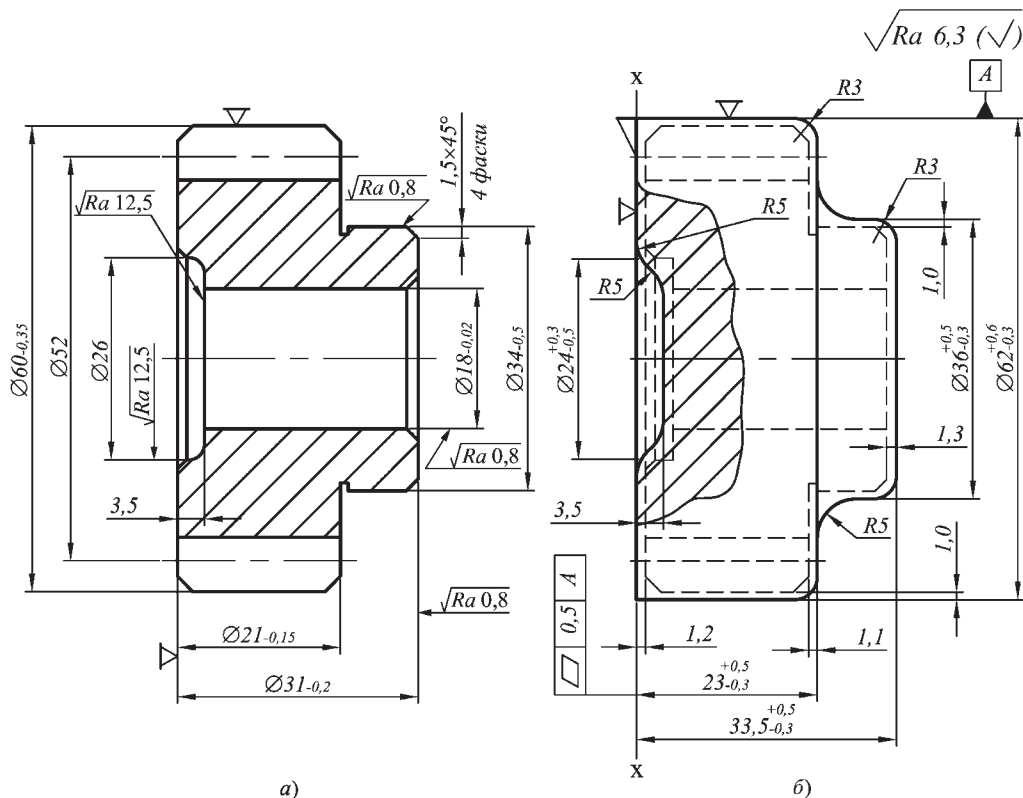


Рис. 17. Чертежи:
 а — детали «Шестерня»; б — поковки шестерни

Минимальный радиус закругления наружных углов — 2,0 мм (см. табл. 10), принимаем равным 3,0 мм.

Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 11), мм:

диаметр	$62_{-0,3}^{+0,6}$	диаметр ступицы	$36_{-0,3}^{+0,5}$
диаметр	$24_{-0,5}^{+0,3}$	толщина	$33,5_{-0,3}^{+0,5}$
толщина	$23_{-0,3}^{+0,5}$		

Неуказанные предельные отклонения размеров принимают равными 1,5

допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Неуказанные допуски (мм) радиусов закругления определяют в соответствии с табл. 20: $R3^{+0,5}$, $R5^{+1,0}$.

Допускаемая высота торцевого заусенца для диаметра 62 мм равна 3,0 мм (см. табл. 16).

Допускаемое отклонение от плоскостности для поверхности диаметром 62 мм — 0,5 мм (см. табл. 18).

Глава 2

ШТАМПОВКА В ПОДКЛАДНЫХ И СЕКЦИОННЫХ ШТАМПАХ

Штамповка в подкладных штампах.

С целью уменьшения отходов металла и повышения точности получаемой поковки применяют подкладные штампы, устанавливаемые на ковочном оборудовании.

Подкладным штампом (рис. 1) называют инструмент, в котором имеется полость, представляющая собой точную копию поковки или отдельного ее участка. Подкладные штампы состоят из верхней и нижней частей, центрирующихся относительно друг друга с помощью направляющих колонок или каким-либо другим способом.

Подкладной штамп может состоять и из одной нижней части. В этом случае по заготовке наносят сверху удар или осуществляют нажатие бойком молота или прессы.

Последовательность работы при изготовлении поковки: на плоский нижний боек молота или прессы устанавливают нижнюю часть штампа и укладывают в ее полость заготовку; по колонкам устанавливают верхнюю

часть штампа и нажатием верхнего плоского бойка прессы или ударами молота деформируют заготовку, которая заполняет полость, образуемую в верхней и нижней частях штампа, принимая форму этой полости; снимают верхнюю часть штампа, вынимают поковку из нижней части.

Конструирование поковки и полости штампа изложено в гл. III.

Секционная штамповка дисков. На ковочных прессах изготавливают большое число поволоков дисков турбин и воздухоудовок. Обычная технологияковки дисков приводит к большим трудозатратам и большому расходу металла, а при получении поволоков крупных дисков обычной горячей штамповкой требуются уникальные прессы с силами, исчисляющимися десятками тысяч тонн. Применение секционной штамповки позволяет получать крупные диски при значительно меньших силах деформирования.

На секционном штампе заготовку деформируют последовательно по отдельным кольцевым участкам за несколько ходов прессы. В зависимости от размеров заготовки и сопротивления деформированию металла, а также от силы прессы используют штамп, состоящий из двух, трех или более секций — пуансонов. Чаще всего применяют двухсекционные штампы как более простые (рис. 2).

При секционной штамповке в некоторых случаях на верхней торцевой поверхности поволоков появляются дефекты. Во избежание появления зажимов используют заготовки с относительно большим диаметром, т.е. с $D_{зг}/H_{зг} \geq 2$

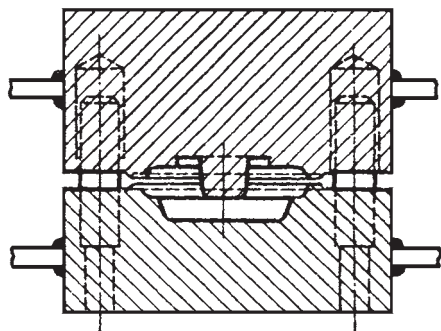


Рис. 1. Подкладной штамп для изготовления поковки чашки

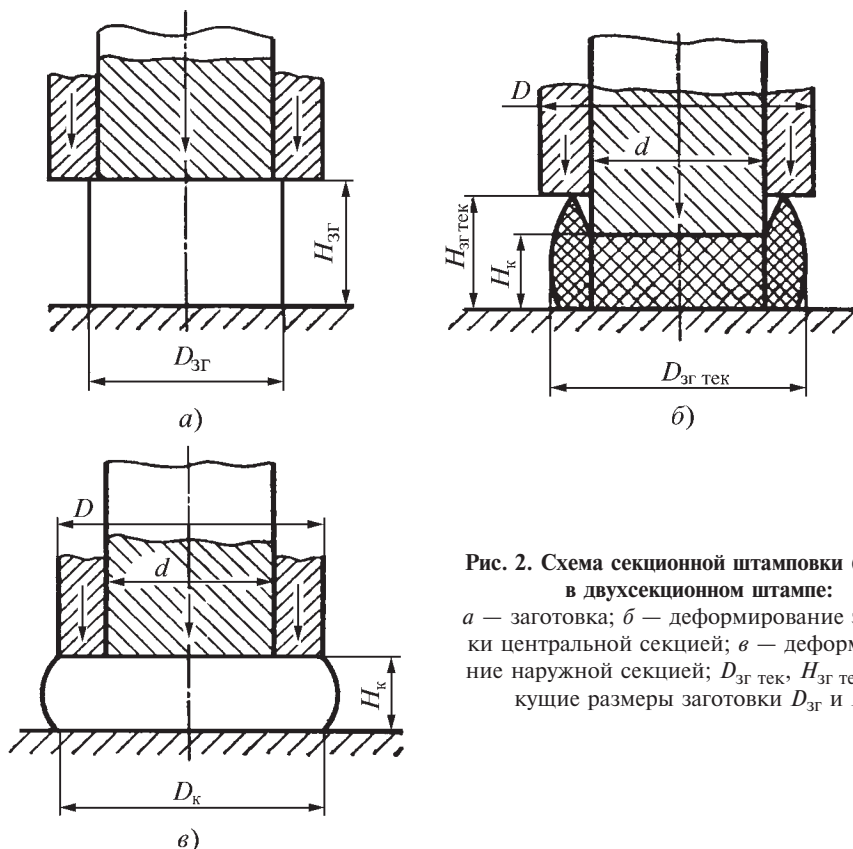


Рис. 2. Схема секционной штамповки (осадки) в двухсекционном штампе:

a — заготовка; *б* — деформирование заготовки центральной секцией; *в* — деформирование наружной секцией; $D_{3Г\text{ тек}}$, $H_{3Г\text{ тек}}$ — текущие размеры заготовки $D_{3Г}$ и $H_{3Г}$

(см. рис. 2). При этом диаметр исходной заготовки должен быть на 10...20 % больше диаметра центрального пуансона. Размеры заготовок, подвергаемых штамповке, определяют по графику (рис. 3); например, по кривой 1 оп-

ределяют оптимальные соотношения размеров исходной заготовки $D_{3Г}$ и $H_{3Г}$ для каждого конечного отношения поковок дисков $D_{к}$ и $H_{к}$. При деформировании центральным пуансоном необходимая сила, кН:

$$P_{ц} = 0,001\sigma \left[0,785 \left(1 + 1,1 \ln \frac{D_{к}}{d + 0,82 H_{к}} \right) (d + 0,82 H_{к})^2 + \left(0,59 + 0,13 \frac{d}{H_{к}} \right) (d - 0,59 H_{к})^2 \right]. \quad (1)$$

Силу деформирования, кН, при работе наружным пуансоном определяют по формуле

$$P_{н} = 0,001\sigma \left\{ 0,92 H_{к} (D_{к} - 0,685 H_{к}) + \left[\left(\frac{D_{к} - d}{4 H_{к}} + 1,09 \right) \left(\frac{D_{к}^2 - d^2}{4} - 0,685 D_{к} H_{к} + 0,47 H_{к}^2 \right) \right] \right\}. \quad (2)$$

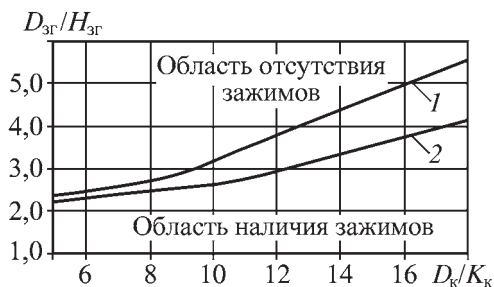


Рис. 3. График для определения размеров исходных заготовок

В формулах (1) и (2) обозначения соответствуют приведенным на рис. 2; σ — напряжение течения при температуре окончания штамповки, МПа. D_k обычно

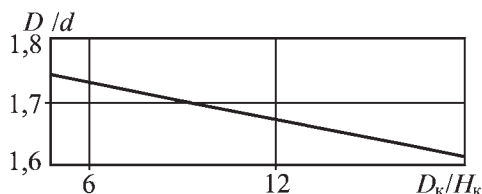


Рис. 4. График для определения отношений диаметров пуансонов D/d

равно диаметру поковки $D_{п.}$, а H_k — высоте поковки $H_{п.}$ Отношение диаметров наружного и центрального пуансонов принимают по графику на рис. 4.

Порядок изготовления поволок в секционном штампе типовой конструкции (рис. 5):

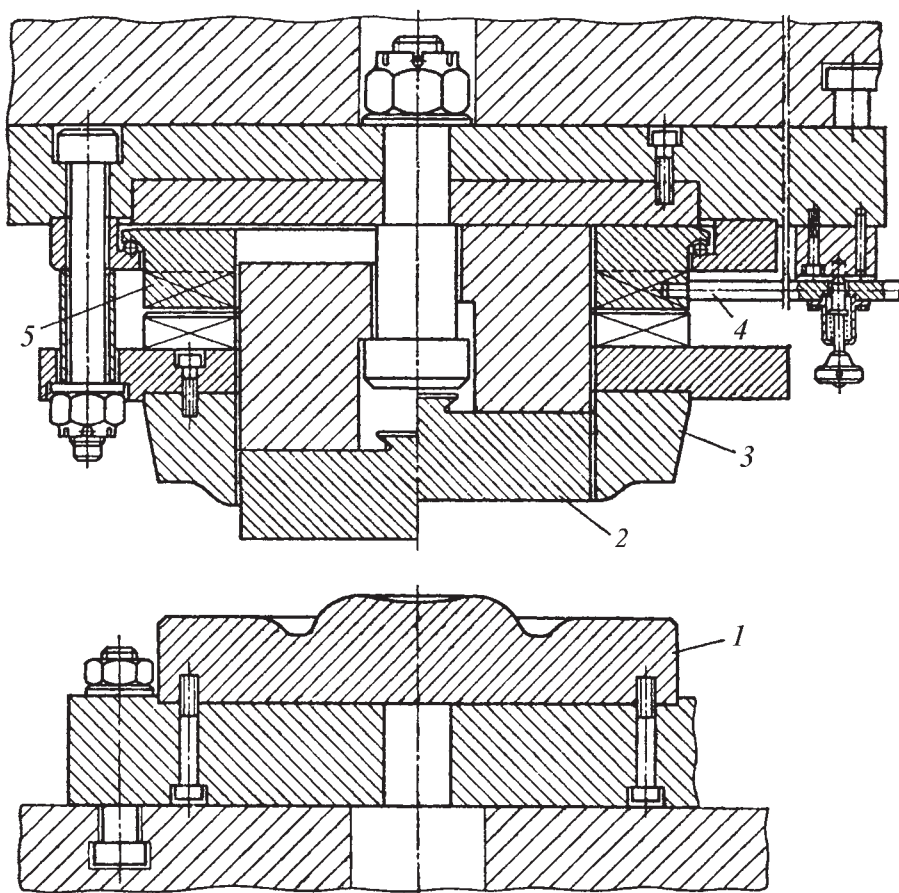


Рис. 5. Двухсекционный штамп для штамповки диска

1) нагретую заготовку укладывают на матрицу 1 и за первый ход траверсы осаживают ее как в обычном штампе, при этом работают одновременно две секции; величина осадки регламентируется предельной силой пресса;

2) поднимают траверсу и с помощью рукоятки 4 устанавливают диск управления 5 так, чтобы его выступы в виде зубьев находились против соответствующих впадин на пуансоне 3;

3) проводят второй ход траверсы пресса, при этом на заготовку воздействует только центральный пуансон 2, а пуансон 3 свободно перемещается вверх на высоту зуба, не передавая силу пресса на заготовку;

4) диск управления после подъема траверсы снова поворачивают, и его выступы устанавливают против соответствующих выступов на пуансоне 3;

5) осуществляют третий ход траверсы, при котором деформируется

только наружная кольцевая часть заготовки.

Секционный штамповка коленчатых валов. Штамповка коленчатых валов в трехсекционном штампе. При штамповке коленчатых валов методом, разработанным в ВПТИ тяжелого машиностроения И. В. Замбурским, используют трехсекционный штамп, в котором секции приводятся в действие поочередно.

На рис. 6 показана схема работы окончательного секционного штампа. Вначале осуществляют предварительную деформацию заготовки одновременно всеми секциями. Затем траверсу пресса поднимают, между верхним бойком и средней секцией устанавливают специальную накладку (рис. 6, а) и проводят деформирование средней секцией при максимальной силе пресса. После работы средней секции снова с помощью накладки деформирование осуществляют двумя крайними секциями

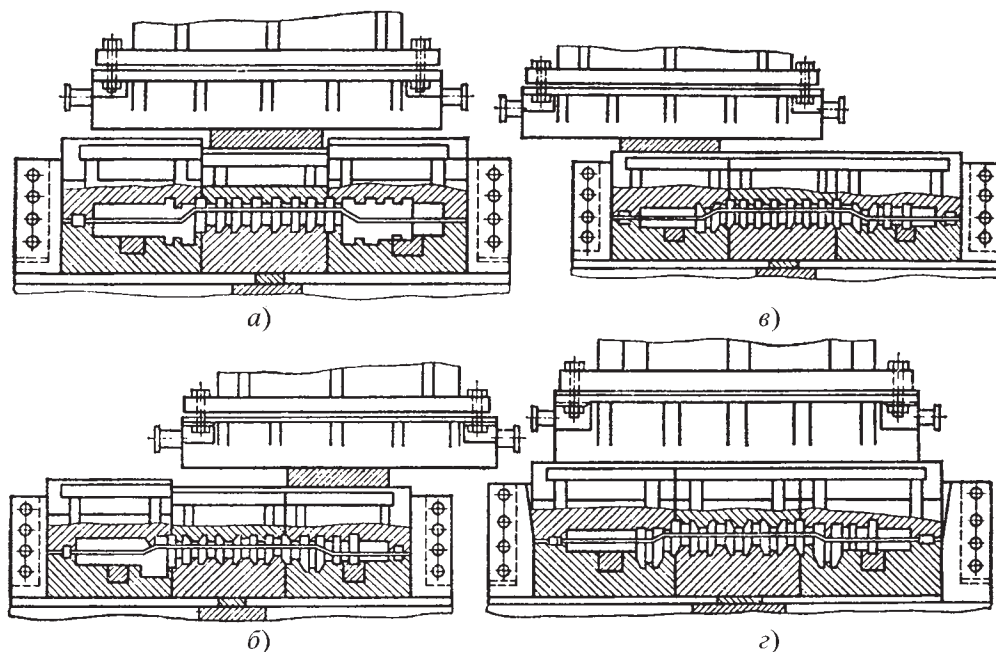


Рис. 6. Секционный штамп для штамповки коленчатого вала:

а — штамповка средней секцией; б — штамповка правой секцией; в — штамповка левой секцией; г — калибровка вала всеми секциями

(рис. 6, б и в), после чего накладку убирают, а штамп ставят по центру верхнего бойка и проводят калибровку вала сразу всеми секциями (рис. 6, г).

На рис. 7 приведены переходы штамповки коленчатого вала, выполняемой на прессе силой 100 МН. В качестве заготовки при ковке применяют слиток массой 9 т, а при секционной штамповке — слиток массой 2,5 т. Штампованная поковка вала имеет массу 1,1 т, в то время как кованая поковка — 4,8 т. Перед штамповкой по переходам из слитка изготавливают заготовку с пережатыми участками для каждого колена вала. Нагретую заготовку деформируют в заготовительном штампе (рис. 7, а). Далее проводят штамповку в окончательном штампе (см. рис. 6) по переходам (рис. 7, б–д). После штамповки вал нагревают до 950 °С и обрезают облой в отдельном обрезном штампе (рис. 7, е).

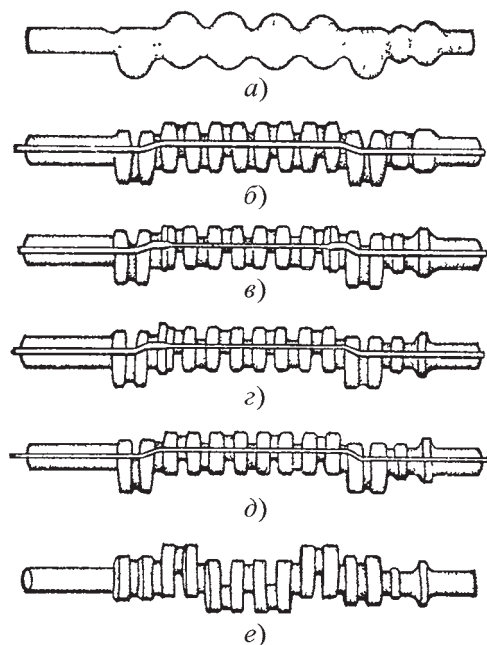


Рис. 7. Переходы штамповки коленчатого вала: а — заготовка после штамповки в заготовительном штампе; б–д — штамповка в секционном штампе; е — обрезка облой в обрезном штампе

При секционной штамповке вала для каждой секции необходима сила, примерно равная 100 МН, а при обычной штамповке потребовалось бы сила 300 МН.

Штамповка в высадочном раздвижном штампе. Схема процесса по способу фирмы “Шнейдер–Крезе” показана на рис. 8. Заготовку зажимают на участке коренных и шатунной шейки одного колена вала (рис. 8, а), после чего проводят высадку (рис. 8, б) и затем высадку с одновременной гибкой (рис. 8, в). Как только будет получено одно колено, заготовку перемещают вдоль оси для изготовления второго колена и одновременно разворачивают ее вокруг оси на угол разворота колен. Осуществляют штамповку второго колена и т.д. Фланец вала получают только высадкой, для чего гибочный пуансон демонтируют или отключают.

На поковках коленчатых валов, изготовленных методом гибки с высадкой, волокна макроструктуры повторяют конфигурацию коленчатого вала, и последующая обработка резанием поволоков не приводит к перерезанию волокон, что повышает сопротивление усталости материала на 20...25 %.

Для штамповки коленчатых валов методом гибки с высадкой применяют специальные прессы или специальные штампы-установки к универсальным гидравлическим прессам, которые под-

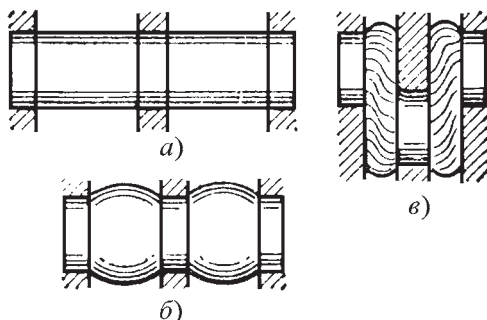


Рис. 8. Схема процесса штамповки коленчатых валов в высадочном раздвижном штампе

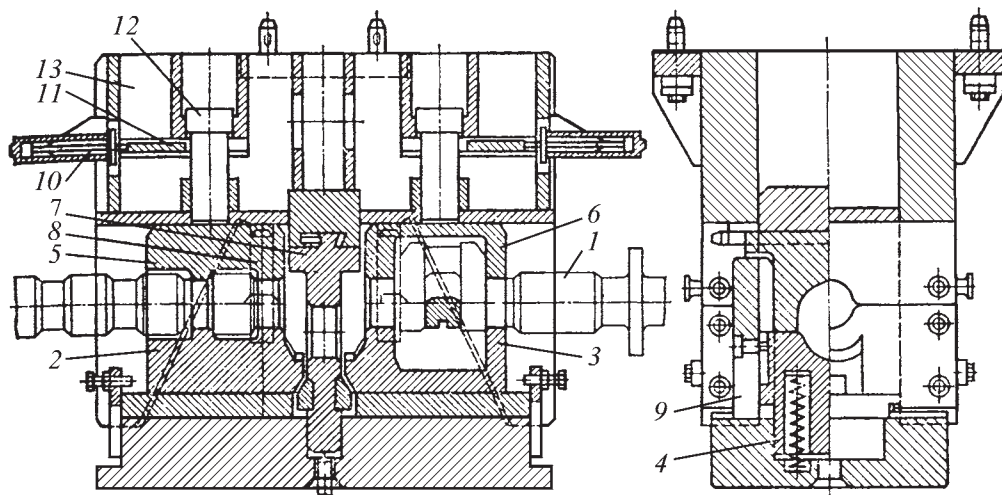


Рис. 9. Схема штампа-установки клинового типа (продольный разрез) для штамповки методом гибки с высадкой (конструкция ВПТИ)

разделяют на клиновые (рис. 9), рычажные и гидромеханические.

Штамп-установка является универсальной. В такой установке при замене деформирующих частей можно штамповать коленчатые валы нескольких типоразмеров.

Нагретую до температурыковки заготовку 1 укладывают на подвижные секции 2 и 3 матрицы и прижим 4. При опускании верхней части штампа секции 5 и 6 матрицы, а также пуансон 7 фиксируют на колонках 8 и направляющих 9. Пневмоцилиндрами 10 опорные пластины 11 перемещаются к центру и включают в работу пальцы 12, которые передают силу прессы на секции 5 и 6 матрицы, соединяя их с нижними секциями 2 и 3 матрицы. Проводят небольшой подъем клина, пневмоцилиндром перемещают опорные пластины 11 от центра, тем самым выключая пальцы, после чего выполняют одновременно процесс гибки с высадкой. По окончании штамповки колена клин 13 вместе с верхними секциями матрицы и пуансоном поднимают.

Поковку удаляют из штампа, рабочие части штампа устанавливают в ис-

ходном положении, заготовку укладывают для штамповки очередного колена, и процесс повторяют. В штампах такой конструкции нижние секции матриц фиксируют с верхними секциями на колонках, а сила прессы передается через клин под углом $24^\circ 30'$ одновременно на верхние и нижние подвижные секции матрицы, поэтому исключается возможность раскрытия этих секций и обеспечивается зажим заготовки непосредственно от давления клина.

Общая схема процесса штамповки колена вала имеет вид: *высадка (в)* — *гибка с высадкой (г/в)* — *высадка (в)* — *гибка с высадкой (г/в)*. Исключая одну или несколько операций из общей схемы, получают пять основных схем процесса, влияющих на форму щеки колена коленчатого вала: *в — г/в*; *г/в*; *в — г/в — в*; *г/в — в*; *г/в — в — г/в*.

Относительные величины большой и малой осей щеки колена вала, а также взаимосвязь между ними при штамповке в открытом штампе определяют по формулам П.В. Маркина:

$$\psi = \varphi \eta \beta_k; \quad (3)$$

$$\psi = \sqrt{\frac{\psi}{\psi_1}} \frac{\psi_1}{(\psi_1 - 0,785\varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)} \sqrt[4]{1 + \frac{(\psi_1 - 0,785\varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)^2}{\psi_1(\psi_1 - \varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)} \left[\left(\frac{(\psi_1 - \varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)}{\beta_1} \right)^2 \right]} \frac{\beta_1}{(\beta_1 - 0,785\varepsilon_2 \operatorname{tg} \alpha)};$$

$\xleftarrow{\text{I}} \xleftarrow{\text{II}} \xleftarrow{\text{III}} \xleftarrow{\text{IV}} \xrightarrow{\hspace{1cm}}$

$$\psi = \sqrt{\frac{\psi}{\psi_1}} \frac{(\psi_1 - 0,785\varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)}{(\psi_1 - \varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)} \frac{(\psi_1 - \varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)}{\beta_1 \sqrt[4]{1 + \frac{(\psi_1 - 0,785\varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)^2}{\psi_1(\psi_1 - \varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)} \left[\left(\frac{(\psi_1 - \varepsilon_1 \operatorname{tg} \alpha)}{\beta_1} \right)^2 \right]}} \frac{(\beta_1 - 0,785\varepsilon_2 \operatorname{tg} \alpha)}{\beta_B};$$

$\xleftarrow{\text{I}'} \xleftarrow{\text{II}'} \xleftarrow{\text{III}'} \xleftarrow{\text{IV}'} \xrightarrow{\hspace{1cm}}$

где $\varphi = \frac{A}{d_3}$; $\eta = \frac{B}{d_3}$; $\psi = \frac{l_3}{d_3}$; $\psi_1 = \frac{l_1}{d_3}$;
 $\beta_K = \frac{b_K}{d_3}$; $\varepsilon = \frac{\Delta}{d_3}$; $\varepsilon_1 = \frac{\Delta_1}{d_3}$; $\varepsilon_2 = \frac{\Delta_2}{d_3}$;
 $\beta_1 = \frac{b_1}{d_3}$; $\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_B}{S_r}$ — относительные па-

раметры щеки колена вала и заготовки для формирования указанной щеки; d_3 , l_3 — диаметр и длина заготовки для формирования щеки колена вала; A — большая ось (высота) щеки поковки колена вала; B — малая ось (ширина) щеки поковки колена вала; l_1 — длина заготовки после операции предварительной высадки; b_K — толщина щеки поковки колена вала; Δ_1 , Δ_2 — величина первой и второй гибки при выполнении процесса по схеме $\varepsilon/\varphi - \varphi - \varepsilon/\varphi$; b_K — эксцентриситет коленчатого вала или расстояние между осями коренной и мотылевой шеек; b_1 — толщина щеки поковки колена вала после штамповки по схемам $\varphi - \varepsilon/\varphi - \varphi$ или $\varepsilon/\varphi - \varphi$; S_B , S_r — ходы соответственно высадки и гибки при схеме процесса ε/φ ; $\alpha = \arctg \frac{S_B}{S_r}$. В установках

клинового типа α является углом клина.

Формулы (4) и (5) состоят из четырех многочленов, каждый из которых учитывает влияние отдельных операций процесса на значения относительных ве-

личин большой и малой осей щеки поковки вала: многочлен I (I') — предварительной высадки; многочлен II (II') — одновременной гибки с высадкой; многочлен III (III') — высадки после одновременной гибки с высадкой; многочлен IV (IV') — гибки с высадкой в конце комбинированного процесса $\varepsilon/\varphi - \varphi - \varepsilon/\varphi$.

В табл. 1 приведены схемы формул для пяти основных схем процессов.

Основной схемой штамповки коленчатых валов в специальных штамповых установках на универсальных гидравлических прессах является процесс: $\varphi - \varepsilon/\varphi$. Для этого процесса относительные па-

1. Схемы формул для пяти основных процессов и уточненные значения относительных параметров

Схема процесса	Схема формулы для определения φ и (η)	Уточненные значения параметров для каждого процесса
$\varphi - \varepsilon/\varphi$	I-II (I'-II')	$\varepsilon_1 = \varepsilon$
ε/φ	II (II')	$\psi_1 = \psi$; $\varepsilon_1 = \varepsilon$
$\varphi_1 - \varepsilon/\varphi - \varphi_1$	I-II-III (I'-II'-III')	$\varepsilon_1 = \varepsilon$; $\beta_1 = \beta_K$
$\varepsilon/\varphi - \varphi$	II-III (II'-III')	$\psi_1 = \psi$; $\varepsilon_1 = \varepsilon$; $\beta_1 = \beta_K$
$(\varepsilon/\varphi_1) - \varphi - (\varepsilon/\varphi)_2$	II-III-IV (II'-III'-IV')	$\psi_1 = \psi$

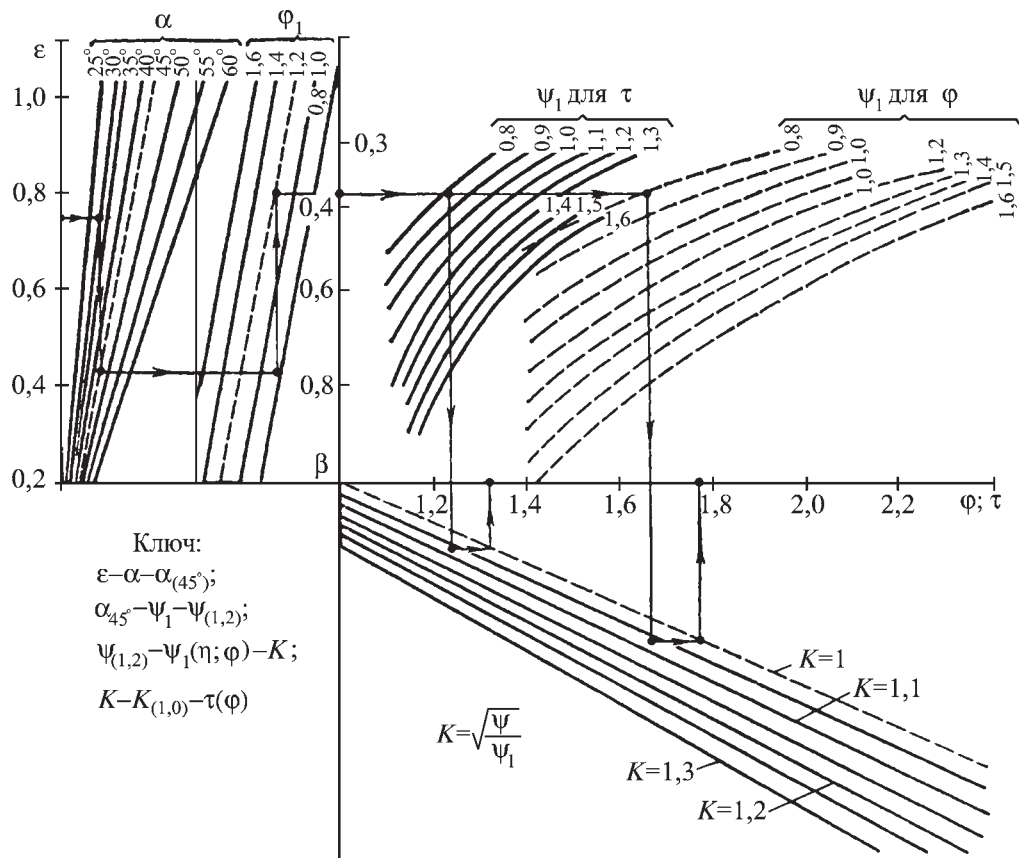


Рис. 10. Номограмма для определения относительных размеров заготовок для выполнения процесса высадко-гибка с высадкой (по П.В. Маркину)

раметры щеки колена вала могут быть определены по номограмме (рис. 10).

Пример определения по номограмме относительных параметров щеки поковки дизельного коленчатого вала № 2 — 200001:

оптимальные параметры щеки поковки вала:

$A = 350$ мм; $B = 270$ мм; $b_k = 80$ мм; $\Delta = 150$ мм;

штамповку проводят в штамповой оснастке клинового типа с углом $\alpha = 30^\circ$; принимаем $d_3 = 200$ мм;

оптимальные относительные размеры щеки:

$\varphi_{\text{опт}} = 1,75$; $\eta_{\text{опт}} = 1,35$; $\beta_k = 0,4$; $\varepsilon = 0,75$;

по формуле (3) $\psi = 0,95$.

Так как при гибке с высадкой и значении $\alpha = 30^\circ$ не будет получено требуемое значение β_k , процесс осуществляют по схеме высадко-гибка с высадкой. Высадку проводят до $\psi_1 = 0,83$, что позволит при завершении второй стадии процесса (гибки с высадкой) получить $\beta_k = 0,4$.

При заданных условиях ($K = 1,07$) по номограмме $\varphi = 1,77$; $\eta = 1,32$, что близко к оптимальным размерам. В случае значительных отклонений от оптимальных значений следует изменить схему процесса и расчеты повторить до получения значений параметров щеки, близких к оптимальным.

Глава 3

ШТАМПОВКА НА МОЛОТАХ

При разработке технологического процесса необходимо:

- сконструировать поковку и рассчитать ее массу;
- определить способ штамповки (штамповка перпендикулярно оси заготовки или вдоль ее оси), а также группу и подгруппу, к которой принадлежит поковка по классификации молотовых поковок;
- выбрать переходы штамповки;
- определить массу, форму и размеры заготовки с учетом отходов;
- сконструировать ручки и выполнить чертеж штампа;
- определить массу падающих частей штамповочного молота и выбрать молот;
- составить технологическую карту штамповки.

1. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОВОККИ

Исходной информацией для разработки чертежа поковки является чертеж детали с указанными на нем размерами, предельными отклонениями размеров, шероховатостью поверхностей, маркой материала и установочными базами. Перед конструированием поковки необходимо установить условия эксплуатации детали, технологию обработки после штамповки, а также возможность и рациональность:

- изменения конструкции детали для упрощения процесса штамповки;
- увеличения шероховатости поверхностей детали, несопрягаемых в процессе эксплуатации с поверхностями других деталей, для умень-

шения объема последующей обработки;

- изготовления двух и более деталей в одной поковке с последующим ее разделением;
 - получения детали сваркой отдельных поковок (рис. 1);
 - изготовления симметричной поковки, объединяющей две несимметричные детали (рис. 2);
 - получения поковки комбинированием штамповки на молоте с обработкой на других кузнечно-штамповочных машинах (рис. 3);
 - замены обработки резанием калибровкой;
 - применения групповой поковки, из которой обработкой резанием можно получать небольшие партии одинаковых по форме, но различных по размерам деталей;
 - получения поковок в мало- и безоблойных окончательных ручьях вместо штамповки в открытых ручьях штампов;
 - штамповки поковок без уклонов с последующим обжимом и правкой при обрезке облоя и пробивке перемычки.
- Разработка чертежа поковки состоит в последовательном решении следующих вопросов:
- выбор положения поверхности разреза;
 - определение ориентировочной массы поковки, назначение припусков на обработку резанием, допусков на изготовление поковки и внешних радиусов поковки;
 - назначение напусков на отверстия и проточки, внутренних радиусов закруглений и штамповочных уклонов;

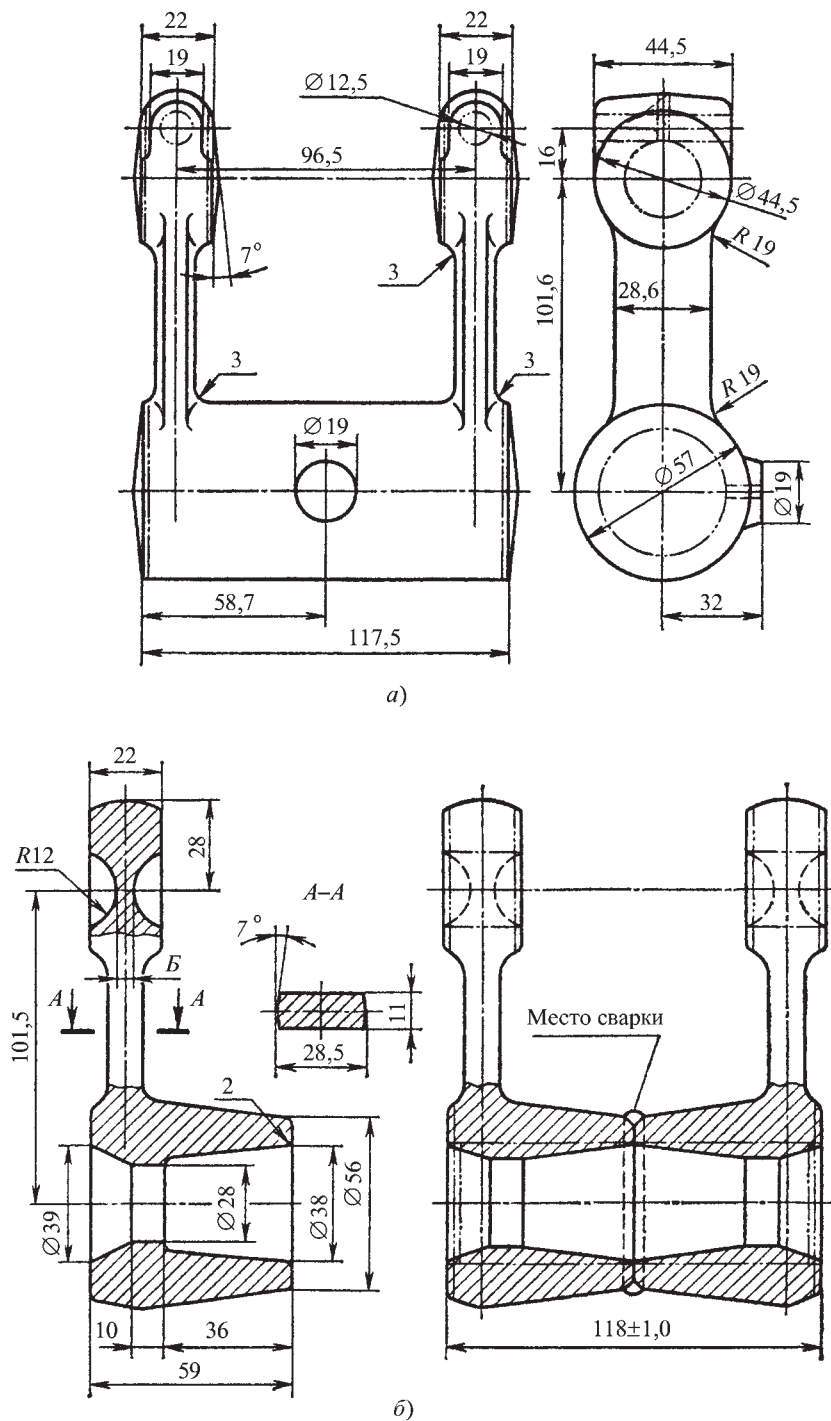


Рис. 1. Варианты поковки:

а — цельной, штампованной без внутренней полости; б — полый, сваренной из двух поковок

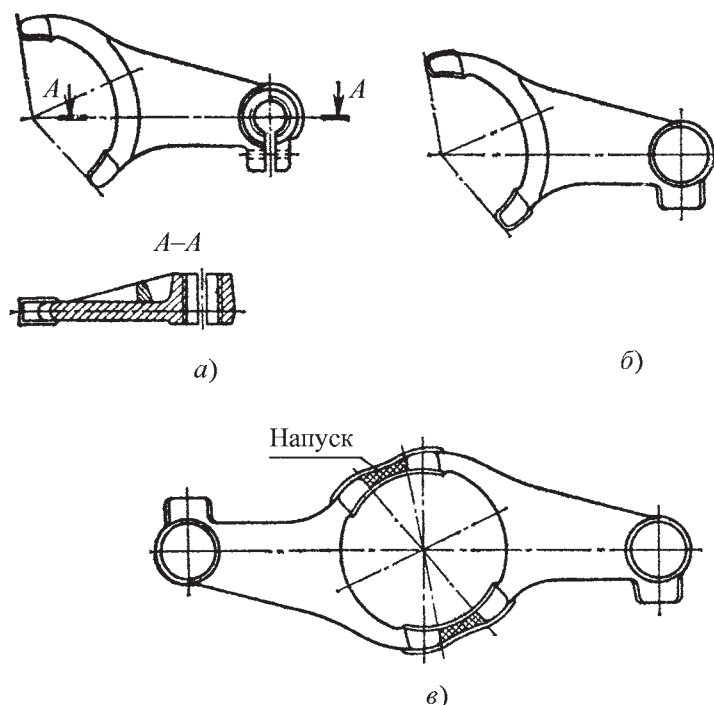


Рис. 2. Конструирование симметричной поковки:

a — чертеж детали; *б* — чертеж поковки; *в* — чертеж поковки, имеющей центральную симметрию

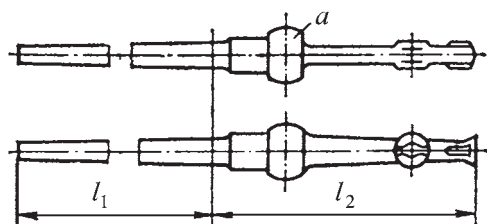


Рис. 3. Поковка рычага:

a — сфера, высаживаемая на горизонтально-ковочной машине; l_1 — часть поковки, подвергаемая вальцовке; l_2 — часть поковки, штампуемая на молоте

- проектирование наметок отверстий и углублений;
- построение линии разреза;
- оформление чертежа поковки.

Поверхность разреза — это поверхность, по которой сопрягаются верхняя и нижняя части штампа. В открытом штампе на этой поверхности предусматривают облойную канавку, за-

полняемую вытекающим из ручья и избытком металла, образующим облой. При выборе положения разреза необходимо выполнить условия:

- поковка должна свободно удаляться из верхней и нижней частей штампа, для чего разрез располагают в плоскости сечения поковки с наибольшим периметром, что обеспечивает наименьшую глубину и наибольшую ширину ручья;

- взаимное расположение поверхности разреза и поковки должно исключать поднутрения на боковых поверхностях поковки;

- ручки ориентируют таким образом, чтобы их заполнение осуществлялось за счет осадки, а не выдавливания, при этом полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и приливы рекомендуется располагать в верхней половине штампа;

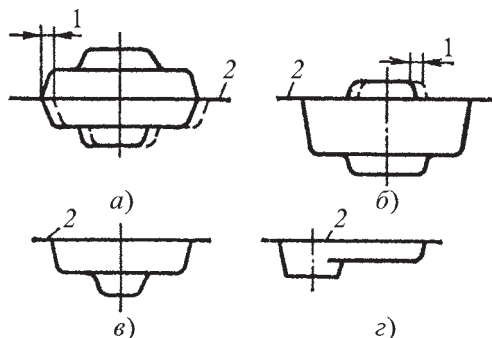


Рис. 4. Положение поверхности разреза:
 а — правильное; б — неправильное; в — смещенное для плоской круглой поковки; г — смещенное для плоской удлиненной в плане поковки; 1 — смещение половин штампа; 2 — поверхность разреза

— предпочтительно, чтобы поверхность разреза пересекалась вертикальными образующими поковки, что упрощает контроль смещения частей штампа, например, во время обрезки облоя (рис. 4, а и б); для плоских поковок разрез может быть смещен к верхней поверхности (рис. 4, в и г);

— для повышения прочности поковки располагать разрез у поверхности, занимающей крайнее верхнее или крайнее нижнее положение, так как перерезанные волокна облоя снижают сопротивление разрушению под действием нагрузок и агрессивных сред (рис. 5, а), или размещать в плоскости разреза валик (рис. 5, б) с круговым расположением волокон (рис. 5, в и г); валик частично или полностью удаляют при последующей обработке резанием;

— поковка, штампуемая без облоя, обладает лучшими эксплуатационными качествами, так как отсутствуют перерезанные при удалении облоя волокна;

— при неплоской поверхности разреза горизонтальные сдвигающие усилия компенсируют замками, направ-

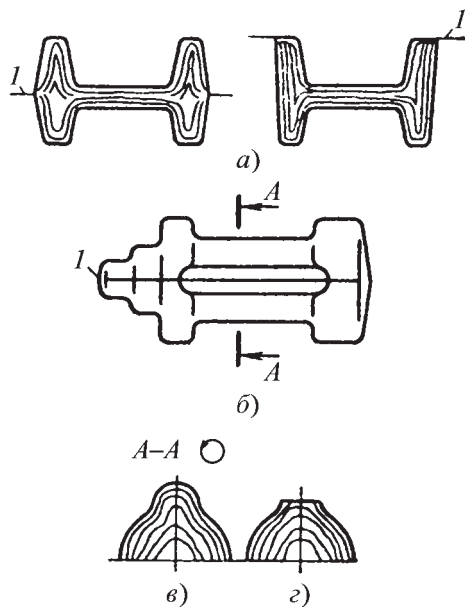


Рис. 5. Повышение механических и эксплуатационных качеств поковки:

а — смещением поверхности разреза; б — размещением валика в плоскости разреза; в — расположение волокон в сечении поковки; г — расположение волокон в сечении детали после частичного удаления валика в процессе обработки резанием; 1 — поверхность разреза

ляющими колонками, симметричным расположением двух неплоских поковок или поворотом неплоской поковки таким образом, чтобы концы ее оказались на одном уровне.

Припуски, допуски и внешние радиусы закруглений. В припусках для последующей обработки должны быть учтены: вмятины от окалины, слой обезуглероженного металла, искажения формы поверхности и другие возможные дефекты.

В допусках учитывают недоштамповку по высоте, колебание размеров ручья штампа в результате износа, сдвиг половин штампа, коробление и ряд других факторов.

Припуски и допуски на стальные поковки назначают по ГОСТ 7505–89.

Назначение допусков на размеры поковок, штампуемых в закрытых ручьях осадкой в торец, имеет ряд особенностей и выполняется в следующей последовательности:

- выбирают по ГОСТ 7505–89 допуски на размеры;
- определяют объем поковки по максимальным горизонтальным и минимальным вертикальным ее размерам;
- по объему поковки и с учетом угара металла определяют минимальную длину заготовки из проката с учетом нижнего отклонения размера поперечного сечения;
- установив допуск на длину заготовки, рассчитывают ее максимальный объем; в расчете длину и размеры поперечного сечения заготовки принимают с положительными отклонениями;
- находят разность объемов заготовки (минимального и максимального);
- делением этой разности на площадь проекции поковки на плоскость

разъема получают значения отклонений размеров поковки от номинальных по высоте, т.е. верхние отклонения размеров, а нижнее отклонение при этом остается таким, каким оно предусмотрено в ГОСТе.

Для получения более точных по высоте поковок, штампуемых в закрытых штампах, заготовки сортируют по массе.

При конструировании поковок предусматривают наружные радиусы закруглений R (рис. 6) для предотвращения концентрации напряжений и образования разгарных трещин в углах гравюры ручья штампа, снижения усилий, необходимых для заполнения углов и обеспечения плавного изменения направления волокон. Наименьшие значения R зависят от массы поковки и глубины полости ручья.

Напуски (внутренние радиусы закруглений, напуски на отверстия и проточки, штамповочные уклоны). Радиусы закругления внутренних углов по-

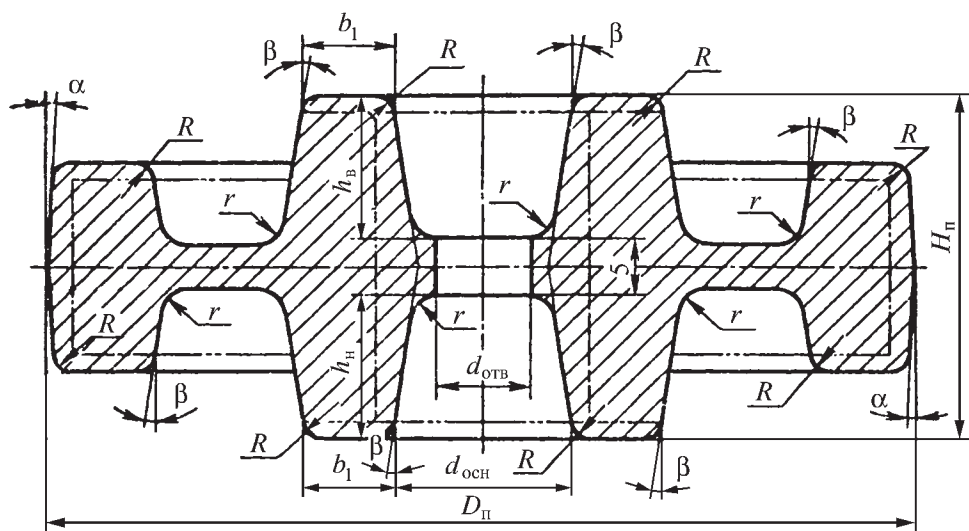


Рис. 6. Чертеж поковки:

R и r — соответственно наружные и внутренние радиусы; α и β — соответственно наружный и внутренний штамповочные уклоны; D_{Π} — диаметр поковки; H_{Π} — высота поковки; $h_{н}$ и $h_{в}$ — глубина соответственно нижней и верхней наметок под отверстие

ковки r (см. рис. 6) влияют на условия течения металла, стойкость штампа и качество поковки. Внутренние радиусы должны быть в 3–4 раза больше наружных радиусов, в противном случае возможно образование зажимов или перерезание волокон.

Для глубоких наметок внутренний радиус

$$r = 3 + \left(2 + \frac{h}{b}\right) 0,01 D_{\text{п}}; \quad (1)$$

во всех остальных случаях

$$r = 2,4 + \left(2 + \frac{h}{b}\right) 0,008 D_{\text{п}}. \quad (2)$$

В этих формулах $D_{\text{п}}$ — диаметр поковки, мм.

Значения радиусов закруглений рекомендуется выбирать из ряда: 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30 и стремиться к их унификации (для одной поковки), так как это существенно снижает трудоемкость изготовления штампа и режущего инструмента.

Проточки, расположенные в плоскостях, перпендикулярных к направлению перемещения бабы молота, выступы и углубления, которые целесообразно выполнить при последующей обработке, закрывают напуском. Изготовитель имеет право закрыть напуском отверстия, диаметр которых не превышает 30 мм.

Штамповочные уклоны облегчают удаление поковки из ручья. Уклоны α (см. рис. 6) назначают на наружные поверхности поковки, которые при остывании отходят от стенок ручья; уклоны β назначают на поверхности, охватывающие выступающие части ручья. Максимально допустимые штамповочные уклоны в соответствии с ГОСТ 7505–89 со-

ставляют: для наружных поверхностей — 7° и для внутренних — 10° . С целью унификации режущего и измерительного инструмента значения уклонов рекомендуется выбирать из ряда, ...: 1, 3, 5, 7, 10, 12 и 15. Длины горизонтальных отрезков, образуемых этими уклонами, приведены в табл. 1. Следует унифицировать уклоны в каждой поковке.

Различают также уклоны: смещенный и обратный. При смещенном уклоне (рис. 7, а) на одной стороне ребра или выступающей части уклона не предусматривают, а на другой стороне уклон γ имеет нормальное или увеличенное значение, что позволяет экономить металл при изготовлении поковки с невысокими ребрами и получать поверхности, необрабатываемые резанием. Обратный уклон (рис. 7, б) существенно облегчает последующую сборку изделия, но его применение возможно лишь для той части поковки, которая располагается в неподвижной половине штампа и удаляется из нее под углом.

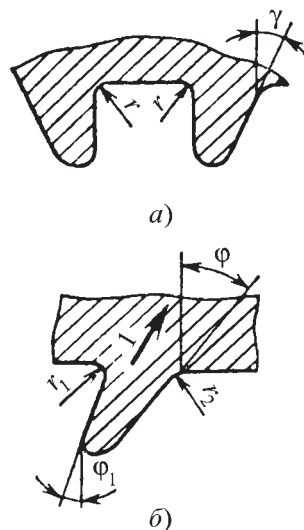


Рис. 7. Уклоны:

а — смещенный; б — обратный; I — направление действия выталкивающего устройства

1. Длины, мм, горизонтальных отрезков, образуемых нормальными штамповочными уклонами

Высота фигуры, мм	Штамповочные уклоны, ...°						
	1	3	5	7	10	12	15
1,0	0,0175	0,052	0,087	0,123	0,176	0,213	0,268
1,5	0,026	0,078	0,131	0,184	0,265	0,319	0,402
2,0	0,035	0,104	0,175	0,246	0,353	0,425	0,536
2,5	0,044	0,131	0,219	0,307	0,441	0,531	0,670
3,0	0,0525	0,157	0,263	0,368	0,529	0,638	0,804
3,5	0,061	0,183	0,306	0,430	0,617	0,744	0,938
4,0	0,07	0,210	0,350	0,491	0,705	0,850	1,072
4,5	0,079	0,236	0,394	0,553	0,793	0,956	1,206
5,0	0,088	0,262	0,438	0,614	0,882	1,063	1,339
5,5	0,096	0,288	0,481	0,675	0,970	1,169	1,473
6	0,105	0,314	0,525	0,737	1,058	1,276	1,607
7	0,123	0,367	0,613	0,860	1,234	1,488	1,875
8	0,14	0,419	0,700	0,982	1,410	1,701	2,143
9	0,158	0,472	0,788	1,105	1,587	1,913	2,411
10	0,175	0,524	0,875	1,228	1,763	2,126	2,679
12	0,21	0,629	1,050	1,474	2,116	2,551	3,215
14	0,245	0,734	1,225	1,719	2,468	2,976	3,751
16	0,28	0,838	1,400	1,965	2,821	3,402	4,286
18	0,315	0,943	1,575	2,210	3,173	3,827	4,822
20	0,35	1,048	1,750	2,456	3,526	4,252	5,358
25	0,438	1,310	2,188	3,070	4,408	5,315	6,698
30	0,525	1,572	2,625	3,684	5,289	6,378	8,037
35	0,613	1,834	3,063	4,298	6,171	7,441	9,377
40	0,7	2,096	3,500	4,912	7,052	8,504	10,716
45	0,788	2,358	3,938	5,526	7,934	9,567	12,056
50	0,875	2,620	4,375	6,140	8,815	10,630	13,395
55	0,963	2,882	4,813	6,754	9,697	11,693	14,735
60	1,050	3,144	5,250	7,368	10,578	12,756	16,074
65	1,375	3,406	5,688	7,982	11,459	13,819	17,414
70	1,225	3,668	6,125	8,596	12,341	14,882	18,753
75	1,313	3,930	6,563	9,210	13,223	15,945	20,093
80	1,4	4,192	7,000	9,824	14,104	17,008	21,432
85	1,488	4,454	7,438	10,438	14,986	18,071	22,771
90	1,575	4,716	7,875	11,052	15,867	19,134	24,111
95	1,663	4,978	8,313	11,666	16,749	20,197	25,451
100	1,75	5,240	8,750	12,280	17,630	21,260	26,790

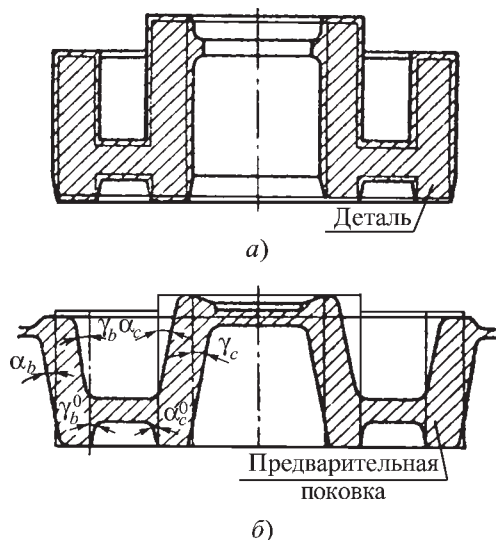


Рис. 8. Поковка, штампуемая без уклонов с последующей правкой:

а — поковка, спроектированная без уклонов;
б — поковка с естественными уклонами, подвергаемая последующей правке

Отклонения поверхностей от вертикали не должны превышать: φ_1 — 10° , φ — 15° . Радиус закругления увеличивают в 1,5 раза по сравнению с традиционным.

Экономия металла (до 10 %) получают при изготовлении поковок с естественными уклонами и последующей их правкой. В этом случае чертеж поковки, спроектированной без уклонов (вертикальные образующие контура имеют естественный уклон; рис. 8, а), является окончательным чертежом. При обрезке облоя и пробивке перемычки предварительную поковку (рис. 8, б) подвергают правке.

Проектирование углублений и отверстий. Практически возможно получение наметок отверстий (см. рис. 6) с диаметром основания

$$d_{\text{осн min}} = 24 + 0,0625D_{\text{п}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{п}}$ — диаметр поковки, мм.

Наметка верхним знаком делается глубиной $h_{\text{в}} \leq d_{\text{осн}}$; нижним знаком — глубиной $h_{\text{н}} \leq d_{\text{осн}}$. Минимальная ширина кольцевого выступа поковки определяется размером поковки:

$$b_{1\text{min}} = 10 + 0,0625D_{\text{п}}. \quad (4)$$

Если ширина выступа $b_1 > b_{1\text{min}}$, то этот выступ получают в поковке при условии $h/b \leq 0,8$. В противном случае назначается напуск.

Толщина плоской перемычки (рис. 9, а) может быть определена либо по формуле

$$s = 0,45\sqrt{d_{\text{осн}} - 0,25h - 5 + 0,6}, \quad (5)$$

либо с помощью табл. 2 (обозначения приведены на рис. 10). При определении минимальной ширины ребер или выступов можно воспользоваться табл. 3.

При $h/d_{\text{отв}} < 0,4$ вместо плоских наметок рекомендуются наметки с раскосом (см. рис. 9, б), при этом толщина перемычки $s_{\text{min}} = 0,65s$, а $s_{\text{max}} = 1,35s$, где s следует определять так же,

2. Минимальная толщина s , мм, дна или плоской перемычки удлиненных или круглых в плане поковок (см. рис. 10)

K_s или d_s	$l/K_s \leq 3$ или $h/d_s \leq 3$	$l/K_s > 3$ или $h/d_s > 3$
До 25	2	3
25...40	3	4
Св. 40 до 63	5	6
» 63 » 100	6	8
» 100 » 160	8	10
» 160 » 250	12	16
» 250 » 400	20	25
» 400 » 630	30	40

Примечание. $K_s = 0,5(K_1 + K_2)$;
 $d_s = 0,5(d_1 + d_2)$.

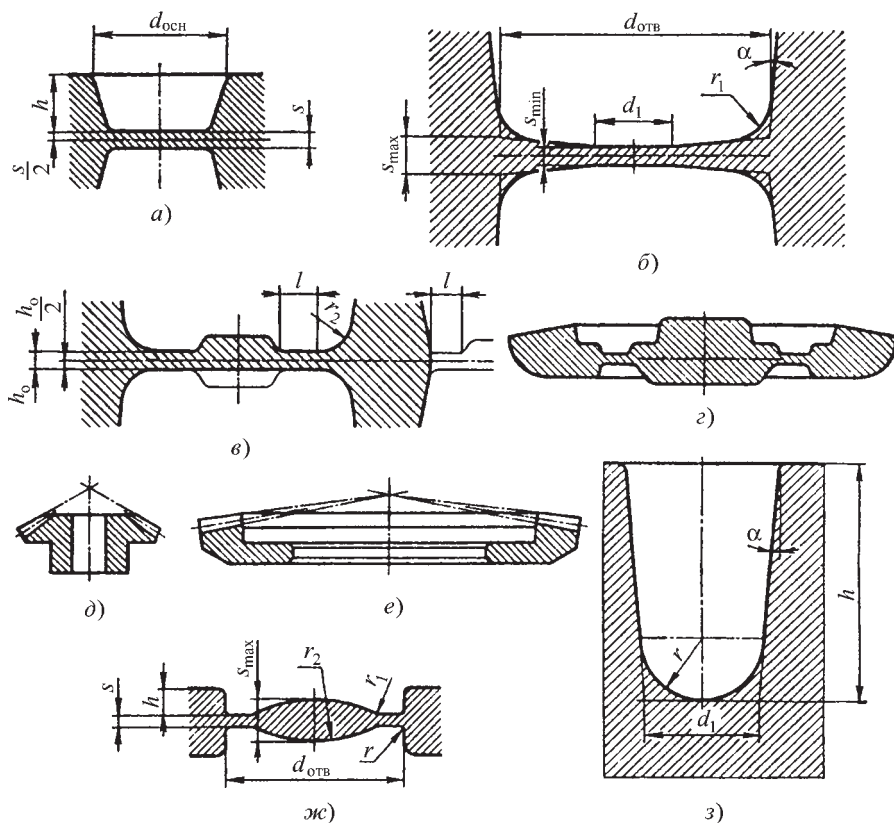


Рис. 9. Перемычки в наметках отверстий и углубления:

а — плоская; б — с расколом; в — с магазином; г — двойная поковка; д и е — детали; ж — перемычка с карманом; з — глухая наметка (углубление)

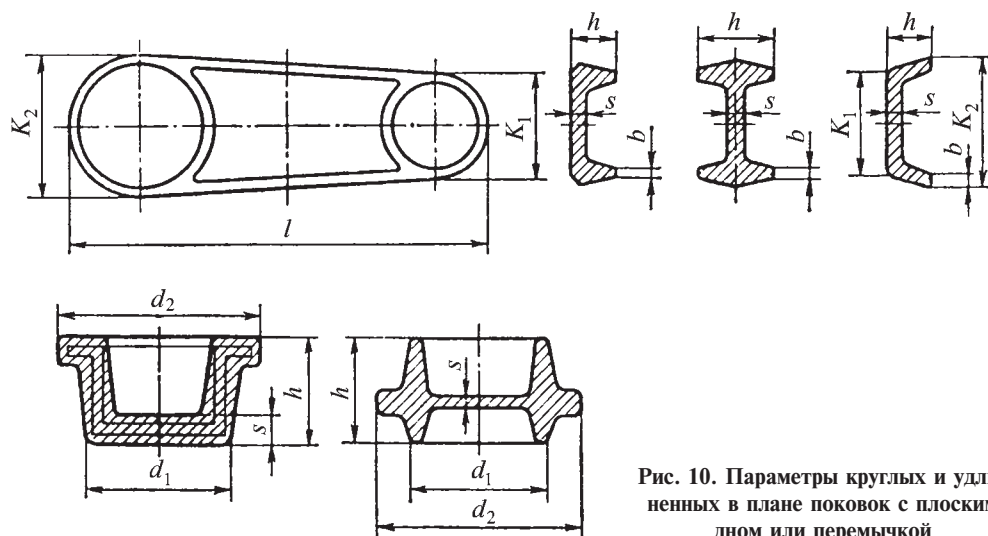


Рис. 10. Параметры круглых и удлиненных в плане поковок с плоским дном или перемычкой

3. Минимальная ширина b , мм, выступов (ребер) удлиненных или круглых в плане поковок (см. рис. 10)

h , мм	b	h , мм	b
До 10	3	Св. 40 до 63	12
10...16	4	Св. 63 до 100	20
Св. 16 до 25	5	Св. 100 до 160	32
» 25 » 40	8		

как и для плоской перемычки, а $d_1 = 0,12d_{\text{отв}} + 3$ мм.

Радиусы закруглений вершин наметок в предварительном, а также в окончательном ручьях, если штамповка проводится без предварительного ручья, рекомендуется определить по формуле

$$r_1 = r + 0,1h + 2 \text{ мм}, \quad (6)$$

где r — внутренний радиус закругления данной поковки, а h — глубина наметки.

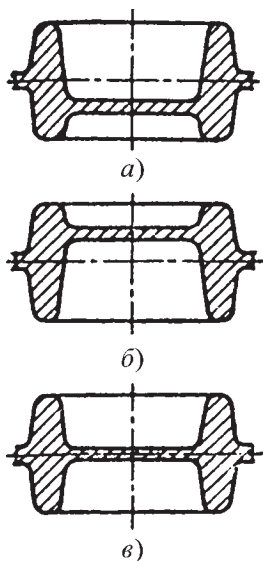


Рис. 11. Варианты размещения перемычки в наметке отверстия:

a — рекомендуемый; b — возможный; v — нежелательный

При штамповке с применением предварительного ручья с раскосом в окончательном ручье можно предусмотреть плоскую наметку или наметку с магазином (см. рис. 9, $в$), причем радиус закругления r_2 должен быть вдвое меньше соответствующего радиуса в предварительном ручье, а размеры $h_0/2$ и l перемычки определяют так же, как и для нормальной облойной канавки штампа для данной поковки.

С целью экономии металла вместо магазина в перемычке можно штамповать поковку с соответствующими габаритными размерами (см. рис. 9, $з$).

Для низких поковок при $h/d < 0,07$ после штамповки в предварительном ручье с плоской наметкой для снижения усилия и повышения стойкости знаков окончательного ручья рекомендуются наметки с карманом (см. рис. 9, $ж$). После штамповки в окончательном ручье карман должен оставаться немного незаполненным. При этом толщина перемычки $s = 0,4\sqrt{d_{\text{отв}}}$, глубина кармана $s_{\text{max}} = 5s$, а радиус скругления $r_1 = 5h$. Радиус r_2 подбирают графически.

Если глубина намечаемого отверстия $h > 1,7d_{\text{осн}}$ или после назначения радиуса закругления, определенного по формуле $r_1 = r + 0,1h + 2$ мм, не остается плоского участка, то ограничиваются глухой наметкой (см. рис. 9, $в$). Радиус закругления глухой наметки

$$r = \frac{d}{2 \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (7)$$

Для двусторонней наметки рекомендуется смещать поверхность внутреннего разреза, а с ним и перемычку по отношению к поверхности внешнего разреза (рис. 11),

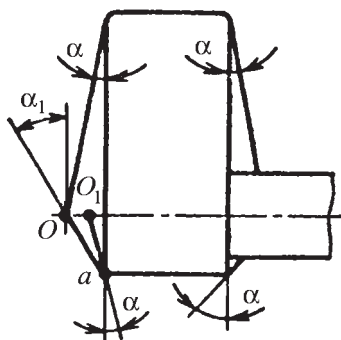


Рис. 12. Корректировка угла уклона при несимметричном относительно поковки расположении линии разреза

что значительно облегчает центрирование поковки в окончательном ручье.

Линия разреза образуется на пересечении поверхности разреза с образующими (как наружными, так и внутренними) контура поковки.

При проектировании линии разреза рекомендуется:

- располагать линию разреза в одной плоскости, что упрощает конструкцию обрезного штампа (в противном случае усложняется конструкция обрезной матрицы и возможно коробление поковки);

- корректировать уклоны и, возможно, увеличить объем металла в напуске при несимметричном расположении линии разреза относительно поковки (рис. 12);

- смещать линию разреза, чтобы получить плоскость, а при изготовлении штампа строганную поверхность вместо фрезерованной или линию разреза, состоящую из прямых линий, сопрягаемых радиусами, вместо линии разреза сложной конфигурации; смещать линию разреза рекомендуется также для получения более благоприятного расположения волокон металла;

- смещать внутреннюю линию разреза относительно наружной,

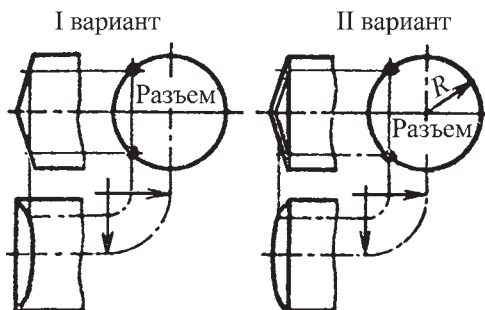


Рис. 13. Варианты оформления линии разреза на цилиндрическом торце поковки

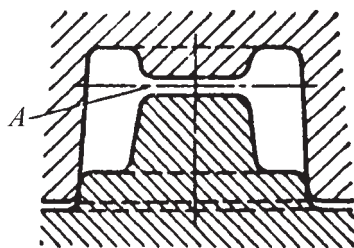


Рис. 14. Положение внутренней и наружной линий разреза в закрытом ручье штампа

что повышает стойкость знаков и позволяет лучше фиксировать заготовку в ручье.

У цилиндрического торца поковки, ось которого лежит в плоскости разреза, линию разреза следует строить по I варианту (рис. 13) только при изготовлении ручья штампа вдавливанием мастер-пуансона. В остальных случаях рациональнее II вариант.

При штамповке в закрытом штампе наружную линию разреза предусматривают на боковой поверхности поковки у ее верхней или нижней кромки, при этом штамповочные уклоны должны быть направлены в одну сторону. Внутреннюю линию разреза А (рис. 14) следует располагать соответственно в 1,5–4 раза ближе ко дну плоскости ручья, чем к разряду штампа.

Правила оформления чертежа поковки. Чертеж поковки рекомендуется составлять в масштабе 1:1. Исключения допустимы при вычерчивании поковки простой формы или поковки, размеры которых более 750 мм. Для крупных поковок, вычерчиваемых с уменьшением, сложные сечения необходимо вычерчивать в натуральную величину. Поковки сложной формы с размерами менее 50 мм рекомендуется изображать в масштабе 2:1, при этом наиболее характерные проекции желательно повторить в масштабе 1:1.

Контуры готовой детали на чертеже поковки следует вычерчивать штрихпунктирной или сплошной тонкой линией, наглядно показывающей наличие припусков и напусков. Размеры готовой детали можно проставить в скобках под размерами поковки.

На чертеже можно не указывать размеры для построения линии разреза, припусков и напусков, а также рекомендуется избегать простановки размеров от линии разреза, если она не совпадает с осевой. Необходимо указать установочные базы для обработки резанием и от них проставить размеры с допусками. Размерные линии для нанесения размеров поверхностей с уклонами проводят от вершин уклонов. Размеры поковки проставляют с учетом:

- удобной проверки шаблонами размеров и формы поковки;
- простоты разметки поковки при контроле;
- удобной проверки припуска на чертеже.

В примечании к чертежу указывают: наименование (номер) поковки, степень ее сложности, марку и группу стали, точность изготовления, вид нагрева, а также штамповочные уклоны

и радиусы закруглений, не указанные на чертеже.

В соответствии с ГОСТ 8479–70 (на поковки из конструкционной углеродистой и легированной сталей) и ГОСТ 25054–81 (на поковки из коррозионно-стойких сталей и сплавов) на чертеже поковки должны быть изложены технические требования, регламентирующие отношения между потребителем и изготовителем поковки. В технических требованиях необходимо указать: группу по видам испытаний, категорию прочности, вид термообработки, способ очистки поверхности, допускаемую величину остатков облоя после обрезки, а также глубину внешних дефектов и дефекты формы (сдвиг, несоосность отверстий и сечений, кривизну, коробление и т.п.). По требованию потребителя в технические требования могут быть включены указания мест маркировки, отпечатка при испытании твердости, вырезки образца для механических испытаний и другие особые условия. При этом рекомендуется:

— место маркировки назначать на поверхности, не контактирующей с обрезным пуансоном и не обрабатываемой резанием;

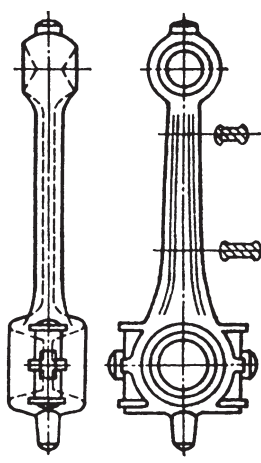
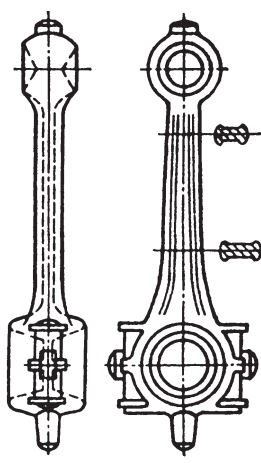
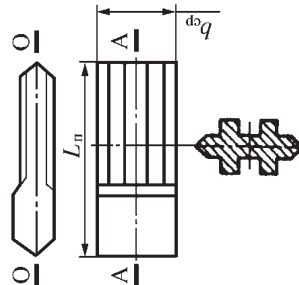
— место отпечатка твердости указать на плоской поверхности, удобной для зачистки, с учетом удобной укладки поковки на прессе при определении твердости.

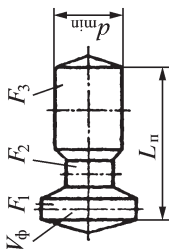
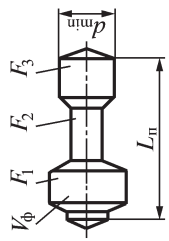
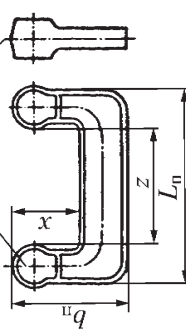
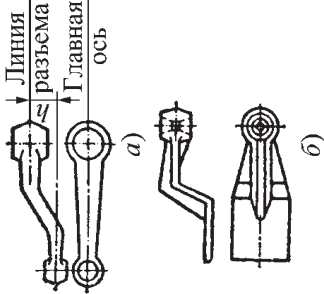
2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОЛОТОВЫХ ПОКОВОК

В соответствии с классификацией, приведенной в табл. 4, поковки подразделяют на группы и подгруппы по следующим признакам:

- по способу штамповки: плашмя или осадкой в торец;

4. Классификация молотовых поковок

Подгруппы		Поковки типа	
Номер подгруппы; ос- новная характеристика поковок	Технологические осо- бенности изготовления поковок	А	Б
1. Груша. Поковки, штампуемые перпендикулярно оси заготовки (штамповка плашмя)			
1. С прямой линией раз- реза О-О и прямой удли- ненной главной осью А-А; отношение длины к средней ширине поковки в плане $\frac{L_n}{b_{cp}} > 2,5$ ($b_{cp} = \frac{F_n}{L_n}$, где F_n — площадь проек- ции поковки)	Необходимы заготови- тельные операции для распределения металла исходной заготовки к соответствию с площа- дями поперечных сече- ний поковки	<p>С простыми поперечными сечениями (круглые, трапециевидные и т.д.), полу- чаемые при незначительном выдавливании металла</p> 	<p>Со сложными поперечными сечениями (ребристые, двутавровые и т.д.), получае- мые при значительном выдавливании ме- талла</p> 
2. С прямой линией раз- реза и прямой главной осью при $1,5 < \frac{L_n}{b_{cp}} < 2,5$	Необходимы заготови- тельные операции для некоторого перераспре- деления металла ис- ходной заготовки по длине поковки в соот- ветствии с площадями поперечных сечений поковки и для ушире- ния заготовки	<p>То же, что и для 1-й подгруппы (кроме круглых)</p> 	

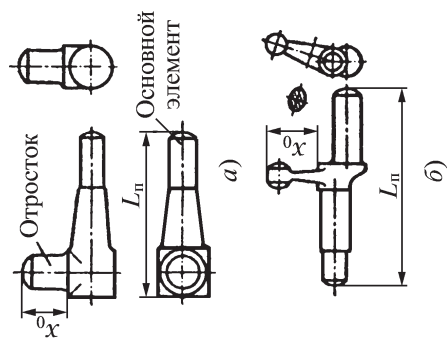
Подгруппы		Поковки типа	
Номер подгруппы; основная характеристика поковок	Технологические особенности изготовления поковок	А	Б
3. Удлиненные в плане с прямой осью, имеющие фланец или бурт, с не большой разницей в площадях поперечных сечений на других участках поковки ($F_1 \gg F_2$; $F_2 \approx F_3$)	Необходимы заготовительные операции: для поковок типа А — высадка фланца или бурта; для поковок типа Б с большим объемом V_{ϕ} фланца — высадка фланца с предварительной протяжкой стержня		<p>С фланцем большого объема $V_{\phi} > 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$</p> 
4. С изогнутой осью, у которых главная ось (поковки типа А) или линия разреза (поковки типа Б) представляет собой кривую (ломаную) линию. При небольшом разmere х поковки типа А могут быть отнесены к 5-й подгруппе типу А (поковки с отрезками); при небольшом перепаде h (типа Б) — к 1-й подгруппе; при небольшом z — к 5-й подгруппе типу Б (поковки с развилинами)	Выполняют переходы (если они необходимы) по перераспределению объема исходной заготовки и гибку для поковок типа А, как правило, в гибочном ручье штампа. Для поковок типа Б гибку не проводят, так как заготовка изгибается в штамповочных ручьях — предварительно и окончательно. При штамповке необходимо уравнивать сдвигающие усилия (предусматривается в конструкции штампа)	<p>С кривой главной осью и с формой поперечного сечения:</p> <p>а — простой; б — сложной</p> 	<p>С кривой линией разреза и с формой поперечного сечения:</p> <p>а — простой; б — сложной</p> 

5. Удлиненные с отрезками и развилинами; с односторонне смещенными элементами, что приводит к плавному или резкому искривлению главной оси поковки (тип А): с главной осью, которая на некотором участке ac проходит не по телу поковки, а между отдельными ее элементами, составляющими развилину (тип Б)

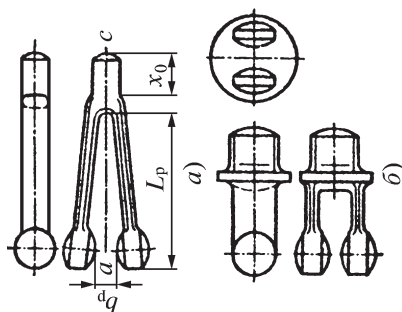
Кроме заготовительных ручьев применяют заготовительно-предварительный ручей; для поковок типа А — со специальным элементом, обеспечивающим последующее получение отрезка; для поковок типа Б — с рассекателем для разгонки металла по направлению от оси $a-c$ к полости под развилину.

Для получения поковок типа А иногда применяют формовочный ручей, чтобы сместить металл в сторону отрезка. При значительной длине x_0 отрезка применяют также штамповку в свернутом виде с последующей (после обрезки облоя) развод кой

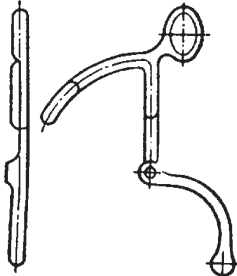
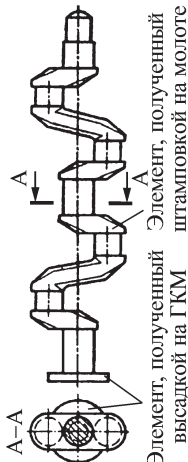
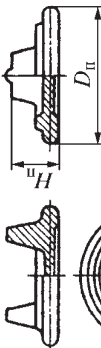
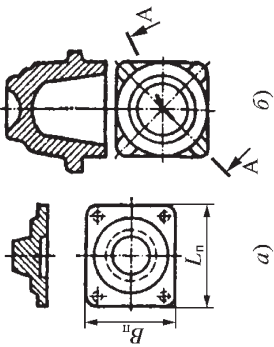
С вытянутой осью и отрезком

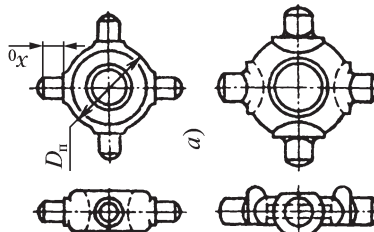
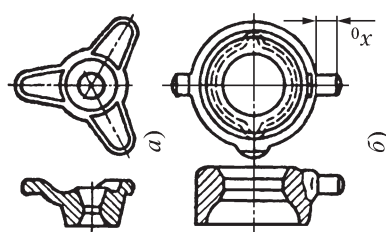
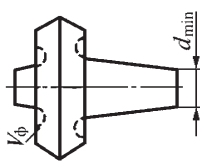
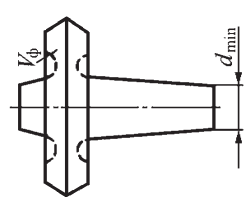
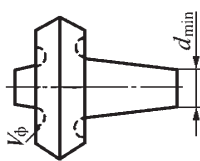


С развилиной; могут быть отнесены к 1-й подгруппе из-за значительной длины развилины (L_p / b_p велико) или стержня x_0



Окончание табл. 4

Подгруппы		Поковки типа	
Номер подгруппы; основная характеристика поковки	Технологические особенности изготовления поковок	А	Б
6. Удлиненные комбинированной формы, изготавливаемые с расчленением процесса и комбинированием агрегатов в соответствии со спецификой отдельных участков поковки; могут быть приведены к 1–5-й подгруппам при изменении формы; после штамповки на молоте штампуют на других агрегатах	В соответствии с формой и размерами отдельных участков поковки применяют различные штамповочные агрегаты, наиболее отвечающие требованиям рациональной штамповки этих участков		
II группа. Поковки, штампуемые вдоль оси заготовки (штамповка осадкой в торец)			
1. Круглые и квадратные в плане; типа колец, втулок, шестерен, поршней, круглых фланцев диаметром в плане D_n (тип А); типа фланцев, кожухов и крышек, квадратные в плане ($B_n \times B_n$) или близкие к ним по форме ($L_n \approx B_n$; тип Б)	Технологические приемы сводятся в основном к комбинированию таких видов формоизменения, как осадка, выдавливание и прошивка		

<p>2. Типа крестовин, от- носящиеся к типу А; поковки круглые и квадратные в плане с различно расположен- ными отрезками (тип Б)</p>	<p>То же, что и для 1-й подгруппы</p>	<p>Типа крестовин с четырьмя симметрично рас- положенными отрезками одинаковой длины (а) и вертикальными выступами (б)</p> 	<p>С тремя симметрично расположенными отро- сками (а) и с отро-сками различной длины (б)</p>  <p>С большим объемом фланца $V_{\phi} > 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$</p> 
<p>3. Типа стержня с фланцем и цилиндри- ческим или кониче- ским стержнем без впадин</p>	<p>Необходимы заготови- тельные операции: вы- садка фланца или бур- та — для поковок типа А; протяжка в специ- альном протяжном ру- чье или высадка и протяжка — для поко- вок типа Б с большим объемом фланца</p>	<p>С относительно не- большим объемом фланца $V_{\phi} < 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$</p> 	<p>С большим объемом фланца $V_{\phi} > 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$</p> 

— по форме поковки и соотношению ее основных размеров, влияющих на выбор тех или иных заготовительных ручьев или заготовительно-предварительных ручьев;

— по форме поперечных сечений поковки, обуславливающей характер формоизменения при заполнении полостей штамповочного ручья и необходимость применения заготовительно-предварительных ручьев;

— по формам главной оси поковки и линии разреза, предопределяющим применение особых заготовительных ручьев или необходимость уравнивания сдвигающих усилий при штамповке.

В зависимости от выбранного способа штамповки, в значительной степени определяющего характер технологического процесса, различают две группы молотовых поковок:

I группа — удлиненные и изогнутые поковки, штампуемые перпендикулярно оси заготовки (штамповка плашмя); для этих поковок характерна значительная величина отношения их длины к средней ширине в плане; деформация заготовки в штамповочных ручьях протекает главным образом при формоизменении по двум осям — в направлении высоты и ширины поковки, в направлении же главной оси (длины поковки) деформация весьма незначительна;

II группа — круглые и квадратные поковки или поковки, близкие к ним по форме в плане (два взаимно перпендикулярных размера в плане приблизительно равны); поковки с отростками (основные элементы имеют круглую или квадратную форму); штампуются вдоль оси заготовки (штамповка осадкой в торец); деформация в штамповочных ручьях протекает при различных видах формоизменения: оса-

живании (высадке), выдавливании и прошивке.

Каждой поковке присваивают индекс. Например, индекс II-3-A означает: поковка II группы, третьей подгруппы, типа A, т.е. поковка типа стержня с фланцем с цилиндрическим или коническим стержнем без впадин (см. табл. 4).

3. МОЛОТОВЫЕ ШТАМПЫ

Виды молотовых штампов и область их применения даны в классификации (табл. 5).

При штамповке в открытом штампе на поковке по линии разреза образуется облой.

В закрытых штампах при штамповке образуется лишь незначительный долево (торцевой) заусенец вследствие затекания металла в зазор между верхней и нижней частями штампа.

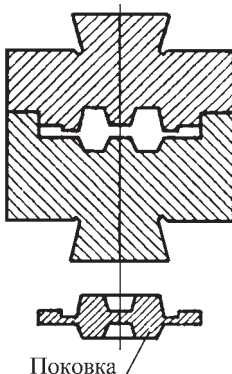
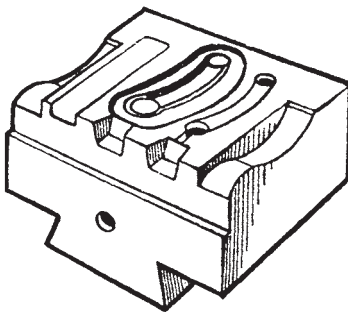
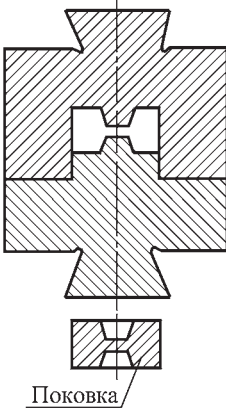
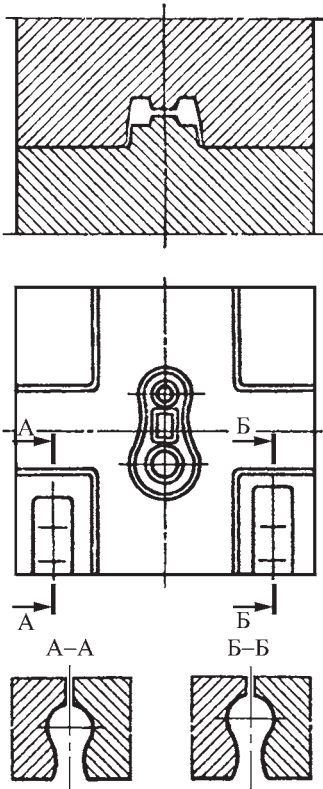
В открытых молотовых штампах изготавливают поковки всех форм (см. табл. 4); в закрытых штампах — преимущественно поковки II группы с вертикальными или почти вертикальными стенками по периметру наружной поверхности.

Область применения штамповки в закрытых штампах можно в ряде случаев расширить внесением конструктивных изменений в поковки, а иногда и готовые детали.

В укрепленных открытых штампах предусматривают один—шесть ручьев; в укрепленных закрытых — один—три ручья; в подкладных открытых и закрытых — обычно один ручей.

Применение того или иного штампа и число ручьев в штампе зависят от серийности производства, формы и размеров поковок, материала поковок и технических условий на поковки.

5. Классификация штампов и область их применения

Типы штампов	Область применения	Схема штампа	
		одноручьевого	многоручьевого
Закрепленные штампы			
Открытые	Штамповка на штамповочных молотах поковок всех форм согласно классификации (см. табл. 4) в условиях массового и крупносерийного производства		
Закрытые	Штамповка на штамповочных молотах поковок типа тел вращения (II группа) или поковок I группы с вертикальными стенками по их периметру в условиях крупносерийного и массового производства		

Окончание табл. 5

Типы штампов	Область применения	Схема штампа
Незакрепленные (подкладные) штампы		
Откры- тые	Штамповка на ковочных молотах в условиях средне- или мелкосерийного производства поковок: относительно простой формы в одном окончательном ручье; более сложной формы с применением кованой заготовки или заготовки, изготовленной в заготовительном подкладном штампе	
Закры- тые	То же, но для случаев, когда это обусловлено формой поковки	

4. КЛАССИФИКАЦИЯ РУЧЬЕВ МОЛОТОВЫХ ШТАМПОВ И ПЕРЕХОДОВ ШТАМПОВКИ

Классификация ручьев молотовых штампов и соответствующих им переходов штамповки, а также указания о назначении ручьев и способах обработки в них заготовок приведены в табл. 6.

Многоштычная штамповка. При изготовлении небольших поковок можно проводить штамповку одновременно двух и более поковок (рис. 15). При этом выбирают такое взаимное расположение фигур — продольное (рис. 15, а) или поперечное (рис. 15, б), при котором потребуется наименьшее число заготовительных ручьев и обеспечивается наибольшая экономия металла или наиболее рациональное использование штампов за счет взаимного уравнивания сдвигающих сил, возникающих при штамповке (рис. 15, в). Общая длина L фигур не

должна превышать 350...400 мм, а число одновременно штампуемых поковок 6—8.

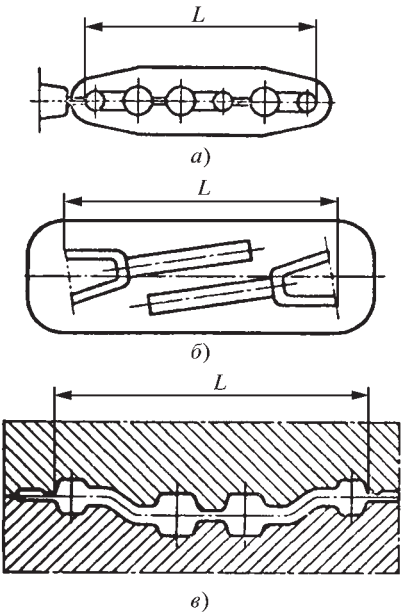
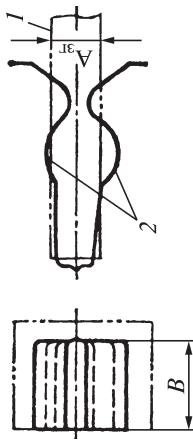
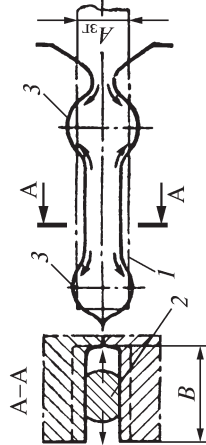
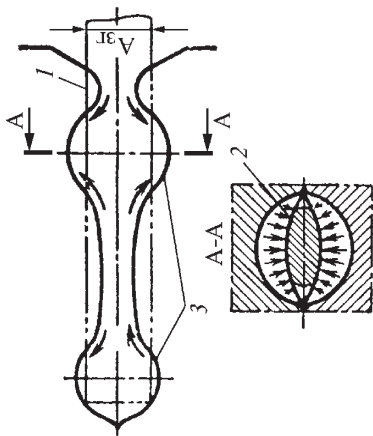
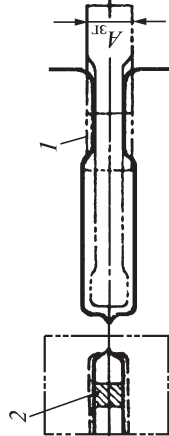
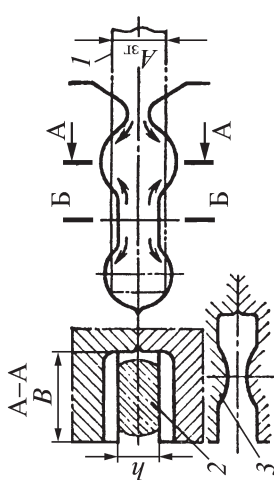
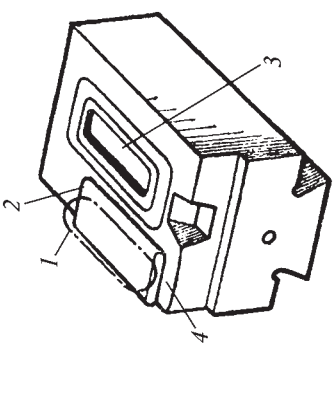


Рис. 15. Многоштычная штамповка

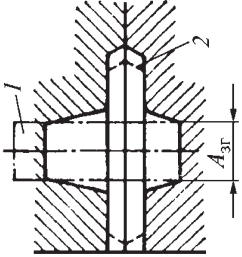
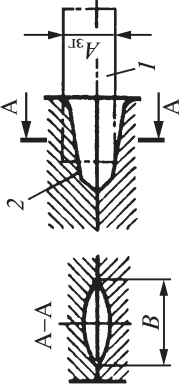
6. Классификация ручьев молотовых штампов

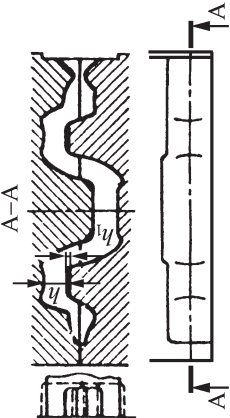
Группа ручьев	Подгруппа	Характер формоизменения заготовки и принципы конструирования ручья	Индекс	Название ручья	Типы ручьев	
					Назначение ручья и способ обработки заготовки	Эскиз
Заготовительные ручьи (З)						
З-1 для поковок I группы	З-1-1 для поковок 1-й подгруппы	Формоизменение объема металла исходной заготовки происходит в соответствии с площадями поперечных сечений поковки с обломом. Конструирование ручьев проводят с учетом размеров исходной и расчетной заготовок	а	Формовочный	Придание заготовке формы, близкой к форме поковки в плане. В ручье осуществляется незначительное осевое перемещение металла. При обработке по заготовке наносят обычно один удар, по сле чего заготовку кантуют на 90° и в таком положении укладывают в штамповочный ручей	 <p>1 — исходная заготовка; 2 — про филь формовочного ручья</p>
			б	Подкатаный открытый	Увеличение площади поперечных сечений заготовки (для набора металла) в одних местах за счет уменьшения площади поперечного сечения исходной заготовки в других местах. По заготовке наносят 2–3 удара, перед каждым следующим ударом заготовку кантуют на 90°. Обработка в этом ручье обеспечивает больший набор металла, чем обработка в формовочном ручье	 <p>1 — исходная заготовка; 2 — подкатанная заготовка в минимальном сечении; 3 — места н абора</p>

Группа ручьев	Подгруппа	Характер формирования заготовки и принципы конструирования ручья	Индекс	Название ручья	Типы ручьев	
					Назначение ручья и способ обработки заготовки	Эскиз
3-1 для поковок I группы	3-1-1 для поковок 1-й подгруппы	Формоизменение объема металла исходной заготовки происходит в соответствии с площадью поперечных сечений поковки с облоем. Конструирование ручьев проводят с учетом размеров исходной и расчетной заготовок	в	Подкатаный закрытый	Более интенсивный (по сравнению с открытым ручьем) набор металла в поперечных сечениях (А-А), т.е. более интенсивное перемещение металла из участков ручья с меньшими поперечными сечениями, чем поперечные сечения исходной заготовки, в участки с большими сечениями, чем сечения исходной заготовки. Способ обработки такой же, как и в открытом подкатном ручье	 <p>1 — исходная заготовка; 2 — минимальное сечение подкатанной заготовки; 3 — места набора</p>
					Увеличение длины исходной заготовки за счет уменьшения площади ее поперечных сечений в соответствии с формой поковки. По заготовке наносят ряд последовательных ударов, проводяемых кантовкой заготовки и ее перемещением в осевом направлении. В простейшем случае ручей выполняют в виде площадки для протяжки, на которой протягивают концевой участок заготовки	 <p>1 — исходная заготовка; 2 — сечение протянутой заготовки</p>

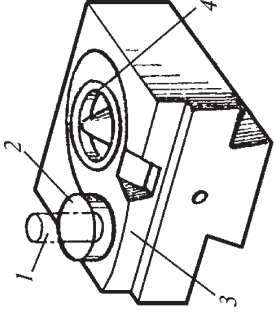
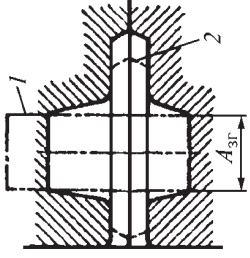
<p>3-1-2 для поковок 2-й группы</p>	<p>Заготовке придают форму, соответствующую форме поковки в плане, и осуществляют некоторое распределение металла в соответствии с площадями поперечных сечений поковки с облоем. Ручьи конструируют в соответствии с формой поковки в плане и размерами расчетной и исходной заготовок</p>	<p>а</p>	<p>Перезжимной</p>	<p>Перезжим, т.е. уменьшение площади поперечного сечения исходной заготовки в одних местах при незначительном наборе металла в других местах. Осевое перемещение металла незначительно. По исходной заготовке наносят один-два удара и, не меняя положения заготовки (т.е. без кантовки), укладывают ее в штамповочный ручей</p>	 <p>1 — исходная заготовка; А—А — большее сечение: $h > A_{\text{зг}}$; Б—Б — меньшее сечение: $h < A_{\text{зг}}$; 2 — минимальное сечение пережатой заготовки; 3 — фасонное сечение пережимного ручья</p>
<p>3-1 для поковок 1 группы</p>	<p>Формонизменение происходит в соответствии с формой поковки в плане. Ручьи конструируют в соответствии с формой поковки в плане и размерами расчетной и исходной заготовок</p>	<p>б</p>	<p>Расплюсывание исходной заготовки. Применяют главным образом при штамповке поковок с небольшим отношением длины к средней ширине. По заготовке наносят несколько ударов до достижения требуемой ширины. Расплюсывание может сопровождаться незначительным вдавливанием или местным пережимом заготовки</p>	<p>Расплюсывание</p>	 <p>1 — исходная заготовка; 2 — расплюснутая заготовка; 3 — окончательный ручей; 4 — площадка для расплюсывания</p>

Продолжение табл. 6

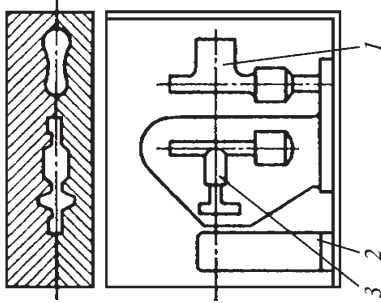
Группа ручьев	Подгруппа	Характер формирования заготовки и принципы конструирования ручья	Индекс	Название ручья	Назначение ручья и способ обработки заготовки	Типы ручьев	
						Эскиз	
3-1 для поковок I группы	3-1-3 для поковок 3-й подгруппы	Интенсивное перераспределение металла исходной заготовки на участке фланца в соответствии с объемом и размерами участка (высадочный ручей) или протягивание на конус стержневых участков для придания нужных размеров (используют специальный протяжной ручей)	а	Высадочный для удлиненных в плане поковок	Высадка металла на участке фланца (набора металла) за счет уменьшения длины исходной заготовки на соответствующем участке. При обработке в этом ручье заготовку устанавливают вертикально и по ней наносят один — три удара. Площадь поперечного сечения исходной заготовки на одном участке увеличивается в 2–3 раза и более, что значительно больше, чем в любом другом заготовительном ручье	 <p>1 — исходная заготовка; 2 — высаженный участок заготовки</p>	
		Ручьи конструируют с учетом объемов различных участков заготовки и в соответствии с формой и размерами поковки	б	Специальный протяжной	Протяжка на конус стержневых участков. При обработке в этом ручье по заготовке наносят два — четыре и более ударов, сопровождаемых кантовкой заготовки и ее подачей в осевом направлении	 <p>1 — исходная заготовка; 2 — профиль ручья</p>	

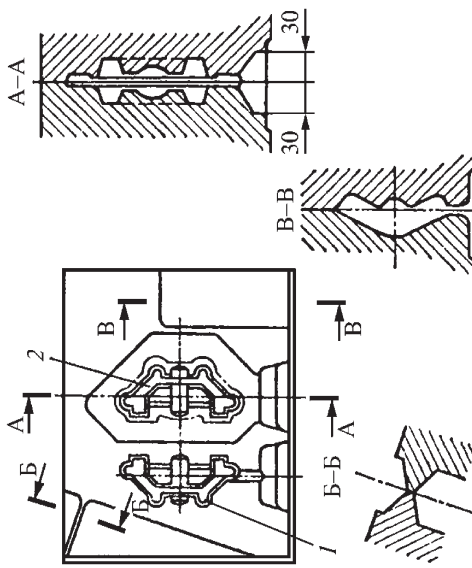
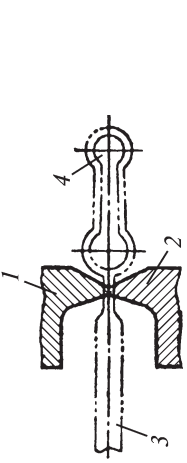
<p>3-1-4 для поковок 4-й подгруппы</p>	<p>Заготовке придают форму, близкую к форме поковки в плане, при одновременном осевом перемещении металла. Ручьи конструируют по принципу вписывания контура плана поковки за исключением мест резкого перегиба</p>	<p>а</p>	<p>Гибочный</p>	<p>Изгиб заготовки в соответствии с формой поковки в плане; весь ма незначительное осевое перемещение металла и пережим заготовки в отдельных сечениях.</p> <p>При обработке в гибочном ручье по заготовке (исходной или предварительно обработанной в ручьях 3-1-1) наносят один-два удара, затем заготовку кантуют на 90° и в таком положении укладывают в штамповочный ручей</p>	
<p>Для поковок 5-й и 6-й подгрупп (см. табл. 4) применяют заготовительные ручьи 3-1-1...3-1-4 в соответствии с формой и размерами поковок</p> <p>См. ручьи 3-1-1... 3-1-4</p>					

Продолжение табл. 6

Группа ручьев	Подгруппа	Характер формирования заготовки и принципы конструирования ручья	Индекс	Название ручья	Типы ручьев	
					Назначение ручья и способ обработки заготовки	Эскиз
3-II для поковок II группы	3-II-1, 3-II-2 для поковок 1-2-й подгрупп	Увеличение размеров заготовки в плане за счет уменьшения ее высоты. Ручьи конструируют исходя из формы и размеров поковки в плане	а	Площадка для осадки	Осадка исходной заготовки, иногда сопровождаемая вылавливанием или частичной прошивкой металла. По заготовке наносят один-два удара до получения требуемой высоты	
					1 — исходная заготовка; 2 — осаденная заготовка; 3 — площадка для осадки; 4 — окончательный ручей	
	3-II-3 для поковок 3-й подгруппы	См. заготовительные ручьи 3-II-3 для поковок 3-й подгруппы	а	Высадочный для круглых и квадратных в плане поковок	Высадка фланца простой формы; способствует увеличению стойкости окончательного ручья и исключает возможность образования зажимов поковок со сложным фланцем. При работе заготовку в ручье устанавливают вертикально и наносят по ней один-два удара	
				б	Специальный протяжной	1 — исходная заготовка; 2 — высаженный участок фланца
				См. ручьи 3-I-3, б		

Продолжение табл. 6

Характер формоизменения заготовки и принципы конструирования ручья	Типы ручьев			Эскиз
	Индекс	Название ручья	Назначение ручья и способ обработки заготовки	
Штамповочные ручьи (Ш)				
Формоизменение обеспечивает получение поковки требуемой формы и размеров. По чертежу торчащей поковки конструируют ручьи: окончательный; предварительный — с соблюдением больших радиусов закруглений, отовариваемых на чертеже штампа; заготовительно-предварительный — с внешним в штампа специальных разрезов и сечений для участков, отличающихся от окончательного ручья	а	Заготовительно-предварительный	Получение формы, близкой к окончательной. На некоторых участках выполняет роль заготовительного ручья, обеспечивая требуемое долевое и поперечное смещение металла. Повышает стойкость окончательного ручья. По заготовке наносят два—пять ударов, после чего заготовку в том же положении или после кантовки на 180° относительно плоскости разреза укладывают в окончательный ручей	 <p>Ручьи: 1 — заготовительно-предварительный; 2 — подкатной; 3 — окончательный</p>
			б	Предварительный

Характер формоизменения заготовки и принципы конструирования ручья	Типы ручьев			Эскиз
	Индекс	Название ручья	Назначение ручья и способ обработки заготовки	
<p>Формоизменение обеспечивает получение поковки требуемой формы и размеров. По чертежу горячий поковки конструируют ручьи: окончательный; предварительный — с соблюдением больших радиусов закруглений, отогвариваемых на чертеже штампа; заготовительный — с внесением в чертеж штампа специальных разрезов и сечений для участков, отличающихся от окончательного ручья</p>	в	Окончательный	<p>Получение окончательной, отчетливо оформленной поковки в соответствии с требованиями приемочного чертежа и технических условий.</p> <p>По поковке наносят один удар или ряд ударов с возрастающей силой; число ударов зависит от сложности поковки, совершенства обработки исходной заготовки в заготовительных и предварительном ручьях и энергии применяемого молота</p>	 <p>Ручьи: 1 — предварительный; 2 — окончательный</p>
<p>Формоизменением отделяют штампованную поковку от прутка при получении из исходной заготовки нескольких поковок</p>	а	Отрубной	<p>Располагают в одном из углов штампа. Размеры ручья зависят от размеров поковки с облоем при переднем расположении или от размеров исходной заготовки при расположении на одном из задних углов штампа.</p> <p>Поковку укладывают перемычкой на нож и одним ударом отсекают от заготовки</p>	 <p>1 — верхний штамп; 2 — нижний штамп; 3 — прутки; 4 — поковка с обломом</p>

5. ОБЛОЙ И ОБЛОЙНЫЕ КАНАВКИ

Типы канавок, применяемых в открытых штампах, показаны на рис. 16.

Канавка типа I обеспечивает большую стойкость выступа (мостика), так как верхняя половина штампа прогревается меньше, чем нижняя.

Магазин высотой h_1 можно выполнить в нижней половине штампа. Такой вариант целесообразен при обрезке облоя с поворотом поковки, т.е. в положении, обратном положению поковки в окончательном ручье штампа, так как предпочтительна укладка поковки на матрице плоской стороной облоя, а также в том случае, если поковка целиком размещается в нижней половине штампа.

Канавку типа II рекомендуется использовать в тех случаях, когда поковку нельзя отштамповать с нормальным облоем, например, когда по условиям производства нельзя осуществить точную отрезку заготовки и объем заготовки сильно колеблется. Канавку этого типа применяют для увеличения объема магазина при штамповке сложных поковок. Для поковок удлиненной формы (I группа; см. табл. 4) облойную канавку типа II следует применять, если заготовительные ручки не обеспечивают распределения металла в соответствии с площадями поперечных сечений поковки. Поэтому канавку типа II допускается выполнять на отдельных участках контура, где заготовительные операции не обеспечивают удаления избытка металла в исходной заготовке. Основную же часть контура окончательного ручья снабжают канавкой типа I. Ширину мостика в нижней половине штампа увеличивают с целью повышения стойкости мостика и для более удобной укладки поковки на поясок обрезной матрицы.

Канавку типа III применяют в том случае, если необходимо резко повы-

сить сопротивление течению металла на некоторых участках окончательного ручья, с тем чтобы обеспечить заполнение глубоких и сложных полостей штампа. При этом на части заготовки предусматривают увеличенный избыток металла. Канавку этого типа предусматривают на отдельных участках контура фигуры ручья.

В канавке типа IV отсутствует магазин для облоя, а остается только тормозящий мостик с наклоном. Канавку этого типа применяют для круглых в плане поковок, которые обычно штампуют с применением только конца тельного ручья (малоотходная штамповка).

В табл. 7 приведены рекомендуемые размеры и площади поперечного сечения для облойной канавки типа I.

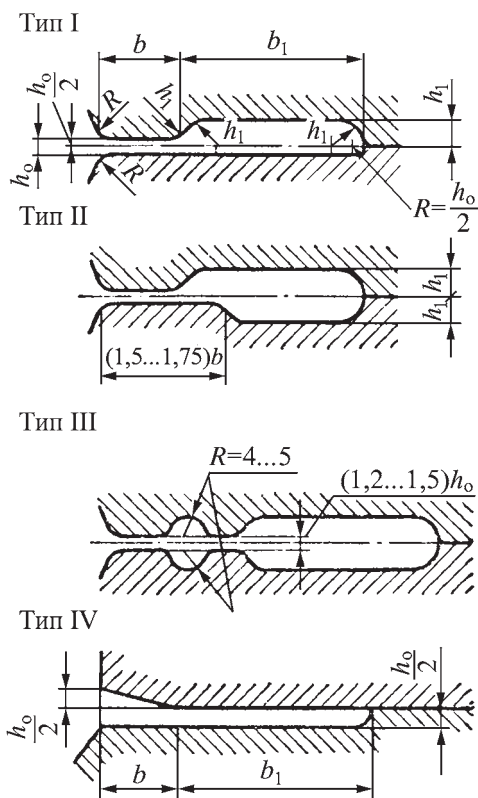


Рис. 16. Типы облойных канавок

7. Размеры, мм, облойных канавок типа I (см. рис. 16)

Но- мер ка- на- вок по по- ряд- ку	h_o	h_1	R при глубине ручья, мм			Номер канавки в зависимости от формоизменения при штамповке								
			до 20	20...40	св. 40	1; штамповка осаживанием или осаживанием с элементами вы- давливания (см. рис. 17, а)			2; штамповка вы- давливанием по- ковок несложной формы (рис. 17, б)			3; штамповка по- ковок сложной формы с трудно- заполняемыми глубокими полос- тами (рис. 17, в)		
						b	b_1	$S_{об.к},$ см ²	b	b_1	$S_{об.к},$ см ²	b	b_1	$S_{об.к},$ см ²
1	0,6	3,0	1,0	1,0	1,5	6	18	0,52	6	20	0,61	8	22	0,74
2	0,8	3,0	1,0	1,5	1,5	6	20	0,69	7	22	0,77	9	25	0,88
3	1,0	3,0	1,0	1,5	2,0	7	22	0,80	8	25	0,91	10	28	1,04
4	1,6	3,5	1,0	1,5	2,0	8	22	1,02	9	25	1,13	11	30	1,55
5	2,0	4,0	1,5	2,0	2,5	9	25	1,36	10	28	1,53	12	32	1,77
6	3,0	5,0	1,5	2,0	2,5	10	28	2,01	12	32	2,33	14	38	2,78
7	4,0	6,0	2,0	2,5	3,0	11	30	2,68	14	38	3,44	16	42	3,85
8	5,0	7,0	2,0	2,5	3,0	12	32	3,43	15	40	4,34	18	46	5,06
9	6,0	8,0	2,5	3,0	3,5	13	35	4,35	16	42	5,30	20	50	6,42
10	8,0	10	3,0	3,5	4,0	14	38	6,01	18	46	7,45	22	55	9,03
11	10,0	12	3,0	3,5	4,0	15	40	7,68	20	50	9,88	25	60	12,08

Примечание. $S_{об.к}$ — площадь сечения обратной канавки.

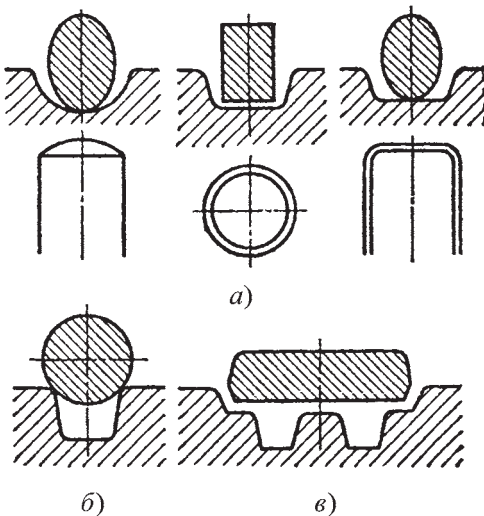


Рис. 17. Штамповка осаживанием (а) и выдавливанием (б и в)

Толщину облоя на мостике рекомендо-
уется определять в зависимости
от формы поковки в плане:

для поковок произвольной формы
с площадью поперечного сечения $F_{п}$:

$$h_o = 0,15\sqrt{F_{п}}; \tag{8}$$

для квадратных поковок со сторо-
ной квадрата $A_{п}$:

$$h_o = 0,15A_{п}; \tag{9}$$

для круглых поковок диаметром $D_{п}$:

$$h_o = 0,15D_{п}. \tag{10}$$

Округлив результат, подбирают по
табл. 7 ближайшее значение h_o и опре-
деляют номер канавки, а следовательно,
и другие размеры канавки: h_1 , R , b , b_1 .

При расчете h_0 для поковок типа вилок или содержащих развилину как элемент общей формы, внутреннюю пленку относят к телу поковки и определяют площадь проекции F_{Π} с учетом этой пленки. Например, для поковки, изображенной на рис. 15, б, F_{Π} определяют как площадь проекции, ограниченную штрихпунктирной линией.

В табл. 7 каждому номеру канавки соответствует три значения ширины мостика b и магазина b_1 .

При определении размеров облойной канавки по ширине рекомендуется пользоваться табл. 7 для различных по форме поковок и нижеследующими указаниями.

Если более сложный элемент преобладает в общей форме поковки, то рекомендуется вдоль всего периметра окончательного ручья применять облойную канавку одинаковой ширины в соответствии с формой поперечного сечения этого сложного элемента. Если же более сложный элемент поковки составляет сравнительно небольшую ее часть (по величине площади в плане), то для него можно установить большую ширину облойной канавки в соответствии с формой его поперечного сечения, чем на остальном периметре поковки (см. b и b_1 , а также b' и b'_1 на рис. 18).

Если контур облойной канавки, построенный на поверхности разреза штампа вдоль контура поковки в плане, получается многоступенчатым и довольно сложной формы, то в целях его упрощения рекомендуется принять по табл. 7 общую ширину $b + b_1$ выдерживать лишь на некоторых участках контура, а на остальных участках контура общая ширина канавки должна быть больше, чем $b + b_1$ (см. рис. 15, а и рис. 18).

Упрощать контур облойной канавки следует только корректированием

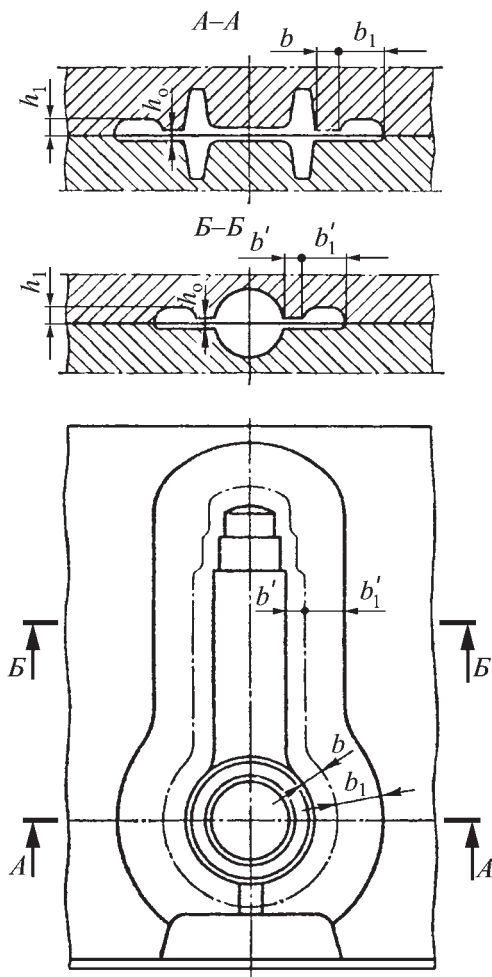


Рис. 18. Облойная канавка с различной шириной для различных элементов ручья:

$$b > b', \quad b_1 > b'_1.$$

ширины магазина b_1 , сохраняя неизменной ширину мостика b на всех участках контура окончательного ручья.

Размеры канавок типов II и III определяют по табл. 7 (канавка номер 3 по горизонтали) и соотношениям, приведенным на рис. 16; размеры канавок типа IV — также по табл. 7 (коллонка для канавки номер 2).

Объем V_0 облоя (без учета внутренней пленки) можно определить как произведение средней площади его

поперечного сечения на длину линии, проходящей через центры тяжести поперечных сечений облоя, или приближенно по формуле

$$V_o = S_o P_{\Pi}, \quad (11)$$

где P_{Π} — периметр поковки по линии разреза.

Для поковок массой менее 3 кг вместо периметра P_{Π} в расчетах используют периметр по центру тяжести облоя, находящегося на расстоянии $(b + b_1)/2$ от крайней точки контура поковки. Средняя площадь поперечного сечения облоя

$$S_o = \xi S_{об.к}, \quad (12)$$

где ξ — коэффициент, учитывающий степень заполнения облойной канавки; зависит от формы поковки (или элемента поковки) и сложности сечений (табл. 8); $S_{об.к}$ — площадь поперечного сечения облойной канавки для канавок типа I определяют по табл. 7 или для канавок других типов — соответствующим подсчетом.

8. Значения коэффициента ξ заполнения облойной канавки (при использовании размеров, приведенных в табл. 7)

Группа поковки (см. табл. 4)	Масса поковки, кг	Номер канавки по горизонтали		
		1	2	3
I	До 1	0,4	0,5	0,6
	1...5	0,5	0,6	0,7
	Св. 5	0,6	0,7	0,8
II	До 1	0,3	0,4	0,5
	1...5	0,4	0,5	0,6
	Св. 5	0,5	0,6	0,7

Полученный по формуле (11) объем облоя V_o для тяжелых поковок можно несколько увеличить (приблизительно на 20 %).

Если на отдельных участках окончательного ручья использована облойная канавка для облоя переменной ширины (см. рис. 18) или различной высоты, следует объем облоя подсчитывать как сумму объемов его частей, прилегающих к отдельным элементам поковки; при определении V_o для каждого элемента необходимо подставлять соответствующие этому элементу значения $S_{об.к}$, P_{Π} и ξ .

6. ВЫБОР ПЕРЕХОДОВ ШТАМПОВКИ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ

При выборе ручьев молотовых штампов рекомендуется вначале изучить, как штампуют поковки с распределением металла, аналогичным данной поковке, и такой же массой, и только после этого приступить к выбору ручьев. Далее необходимо наметить расположение всех ручьев в одном штампе. Если все заготовительные и штамповочные ручьи не размещаются в одном штампе, то рекомендуется штамповать в двух штампах, установленных на рядом стоящих молотах. Желательно осуществлять такой процесс при одном нагреве заготовки и с применением средств механизации для быстрой передачи заготовки с молота на молот.

Штамповку на двух молотах осуществляют также в том случае, если поковка имеет сложную форму (высокие ребра и бобышки, тонкие стенки и т. д.). Поэтому сдвиг половин штампа должен быть минимальным, а расположение штамповочных ручьев в двух отдельных штампах — центральное.

Виды заготовительных и штамповочных ручьев выбирают по табл. 4 в соответствии с размерами поковки и формой ее поперечных сечений.

Поковки I группы. 1-я подгруппа. Форма поковки определяет выбор того или иного ручья или комбинации ручьев. При выборе ручьев используют так называемую расчетную заготовку, эпюры сечений расчетной заготовки и коэффициенты подкатки.

Построение расчетной заготовки и эпюры сечений. Расчетной называют условную заготовку с круглыми поперечными сечениями, площади которых равны суммарной площади соответствующих сечений поковки и облоя (рис. 19):

$$S_3 = S_{\Pi} + 2S_o = S_{\Pi} + 2\xi S_{об.к}, \quad (13)$$

где S_3 — площадь поперечного сечения расчетной заготовки в произвольном месте; S_{Π} — площадь поперечного сечения поковки в произвольном месте, рассчитанная по номинальным размерам с добавлением к вертикальным размерам половины положительного отклонения; площадь внутреннего облоя (перемычка под пробивку) должна

добавляться к S_{Π} ; S_o — площадь сечения облоя; $S_{об.к}$ — площадь сечения облойной канавки, определяемая по табл. 7 для канавки типа I или соответствующим расчетом для канавок других типов (см. рис. 16); ξ — коэффициент заполнения канавки (см. табл. 8).

Диаметр расчетной заготовки в каком-либо сечении определяют из равенства

$$\frac{\pi d_3^2}{4} = S_3; \quad d_3 = 1,13\sqrt{S_3}. \quad (14)$$

Рассчитав ряд значений d_3 для характерных поперечных сечений поковки, откладывают отрезки полученных диаметров по линиям плоскостей этих сечений, распределив их симметрично по отношению к оси и соединив последовательно по участкам прямыми и плавными кривыми линиями характерные точки, получают чертеж расчетной заготовки или эпюру приведенных диаметров (см. рис. 19).

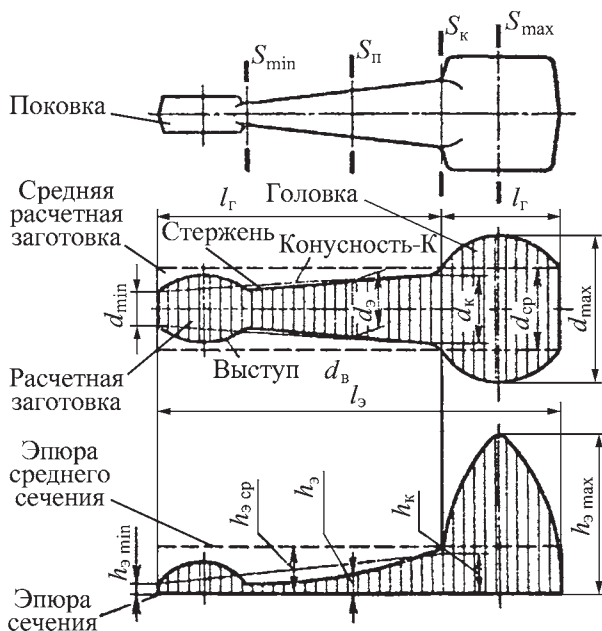


Рис. 19. Элементарная расчетная заготовка и эпюра ее сечений (по А.В. Ребельскому)

Изображение расчетной заготовки рекомендуется выполнять в масштабе 1 : 1. Если по ординатам отложить в масштабе M величины площадей характерных сечений S_3 в виде отрезков, равных

$$h_3 = \frac{S_3}{M}, \quad (15)$$

то, соединив концы этих отрезков, получим эпюру поперечных сечений расчетной заготовки (см. рис. 19). Площади отдельных ее элементов, умноженные на принятый масштаб M , представляют собой объемы соответствующих элементов расчетной заготовки:

$$V_x = F_{\text{э}x} M, \quad (16)$$

где V_x — объем любого x -го элемента расчетной заготовки; $F_{\text{э}x}$ — площадь соответствующего элемента эпюры сечений.

Объем всей расчетной заготовки равен

$$V_3 = F_3 M. \quad (17)$$

Средней расчетной заготовкой называют цилиндр диаметром $d_{\text{ср}}$, длиной, равной длине поковки ($l_3 = l_{\text{п}}$), и объемом $V_{\text{п.о}}$, равным сумме объемов поковки $V_{\text{п}}$ и облоя $V_{\text{о}}$ (рис. 19):

$$V_{\text{п.о}} = V_{\text{п}} + V_{\text{о}} = V_3 = F_3 M. \quad (18)$$

Площадь сечения средней расчетной заготовки

$$S_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{п.о}}}{l_{\text{п}}} = \frac{V_3}{l_3}. \quad (19)$$

Диаметр средней расчетной заготовки

$$d_{\text{ср}} = 1,13 \sqrt{S_{\text{ср}}}. \quad (20)$$

Объем средней расчетной заготовки и ее диаметр можно также определить, пользуясь эпюрой поперечных сечений, предварительно найдя ее площадь F_3 по формуле (17).

Высота эпюры среднего сечения

$$h_{\text{э.ср}} = \frac{F_3}{l_3}. \quad (21)$$

Площадь сечения средней расчетной заготовки по эпюре поперечных сечений

$$S_{\text{ср}} = h_{\text{э.ср}} M. \quad (22)$$

При этом в направлении оси эпюры (по линии абсцисс) принято брать масштаб 1 : 1.

Часть расчетной заготовки, в пределах которой $d_3 > d_{\text{ср}}$ (и соответствующая часть эпюры сечений), называют *головкой*. Часть расчетной заготовки, в пределах которой $d_3 < d_{\text{ср}}$ (и соответствующая часть эпюры сечений), называют *стержнем*.

Разность объемов головки $V_{\text{г}}$ и средней заготовки в пределах головки называют *недостающим объемом*:

$$v_{\text{г}} = V_{\text{г}} - \frac{\pi d_{\text{ср}}^2}{4} l_{\text{г}}, \quad (23)$$

где $V_{\text{г}}$ определяют как объем тела вращения.

Значение $v_{\text{г}}$ иногда удобнее определять через *недостающую площадь* $f_{\text{г}}$ головки эпюры сечений:

$$v_{\text{г}} = f_{\text{г}} M. \quad (24)$$

Разность объемов средней заготовки в пределах стержня и стержня называют *избыточным объемом*,

$$v_{\text{с}} = \frac{\pi d_{\text{ср}}^2}{4} l_{\text{с}} - V_{\text{с}}, \quad (25)$$

где $v_{\text{с}}$ определяют как объем тела вращения.

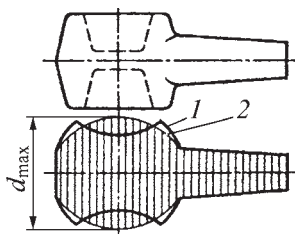


Рис. 20. Приведение расчетной заготовки с резким очертанием головки к плавной форме:

1 — эпюра диаметров; 2 — приведенная эпюра диаметров

Значение v_c иногда удобнее определять через *избыточную площадь* f_c стержня эпюры:

$$v_c = f_c M. \quad (26)$$

Если головка поковки с отверстием или выемкой имеет на эпюре расчетной заготовки резкие очертания (рис. 20), то такую эпюру надо привести к плавной форме (тонкие линии на рис. 20), сохраняя объем неизменным. Эту линию легче провести сначала на эпюре сечений, так как удобнее приравнять отнимаемую площадь к прибавляемой.

Определив наибольшую высоту эпюры h_{\max} (см. рис. 19), легко находят соответствующий наибольший диаметр расчетной заготовки:

$$d_{\max} = 1,13\sqrt{S_{\max}} = 1,13\sqrt{h_{\max}M}. \quad (27)$$

Конусность стержня

$$K = \frac{d_k - d_{\min}}{l_c}, \quad (28)$$

причем если контур стержня очерчен ломаной или кривой линией, или стержень имеет выступы, то для определения размера перехода стержня в головку d_k необходимо привести стержень расчетной заготовки к виду усеченного конуса, используя формулу:

$$d_k = \sqrt{3,82 \frac{V_c}{l_c} - 0,75 d_{\min}^2 - 0,5 d_{\min}}, \quad (29)$$

где d_{\min} — наименьший диаметр расчетной заготовки.

Чаще d_k удобнее определять с помощью эпюры поперечных сечений. При этом нужно иметь в виду, что

$$d_k = 1,13\sqrt{S_k} = 1,13\sqrt{h_k M} \quad (30)$$

и что эпюру на участке стержня можно привести (приближенно) к форме трапеции, тогда h_k определится по формуле:

$$h_k \approx \frac{2F_{\Delta.c}}{l_c} - h_{\Delta.\min}, \quad (31)$$

где $F_{\Delta.c}$ — площадь приведенной эпюры стержня; $h_{\Delta.\min}$ — см. рис. 19.

Расчетную заготовку с одной головкой и односторонне расположенным стержнем называют *элементарной расчетной заготовкой*. Ей будет соответствовать элементарная эпюра сечений. Сложной является такая расчетная заготовка, которая состоит из одной головки и двустороннего стержня или двух и более головок. Соответственно сложной будет и эпюра сечений для этих расчетных заготовок (рис. 21 и 22).

Сложную расчетную заготовку и соответственно сложную эпюру сечений можно представить в виде ряда элементарных, построив линии раздела:

1. Если расчетная заготовка и эпюра представляют собой головку с двусторонним стержнем (см. рис. 21), то следует найти такое расстояние x , на протяжении которого недостающая часть объема головки равнялась бы избыточному объему прилегающего стержня ($v_{1r} = v_{1c}$). Положение искомой линии раздела проще найти на эпюре сечений, так как необходимо соблюдать равенство площадей $f_{1r} = f_{1c}$.

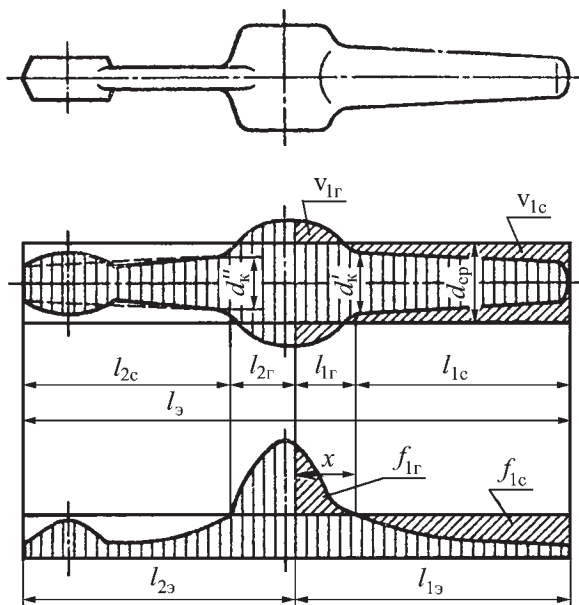


Рис. 21. Приведение сложной эпюры головки — двустороннего стержня — к двум элементарным (по А.В. Ребельскому)

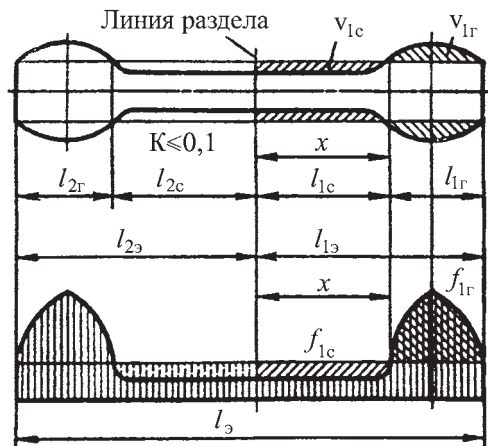


Рис. 22. Приведение сложной эпюры стержня с двумя головками к двум элементарным

Определив таким образом линию раздела, получим две элементарные эпюры с длинами $l_{1э}$ и $l_{2э}$.

2. Если расчетная заготовка и соответственно эпюра сечений представляют собой стержень с двумя головками при незначительной конусности

стержня, т.е. $K \leq 0,1$ (см. рис. 22), то следует распределить избыточный объем с таким расчетом, чтобы недостающий объем в головке v_{1r} был равен избыточному объему v_{1c} на участке исходной длины стержня, причем определять положение линии раздела x рекомендуется по равенству площадей на эпюре сечений $f_{1r} = f_{1c}$.

3. При наличии двух головок и стержня с конусностью $K > 0,1$ (рис. 23) следует для нахождения линии раздела отложить от минимального сечения расчетной заготовки расстояние, равное d_{\min} , и получить таким искусственным приемом два участка. Для этих участков определяют средние сечения, исходя из объемов или, что проще, из площадей этих участков на эпюре сечений.

В том случае, когда головки расчетной заготовки достаточно близко расположены друг к другу, можно путем осреднения привести их к одной головке, подобно тому, как это сделано на рис. 20.

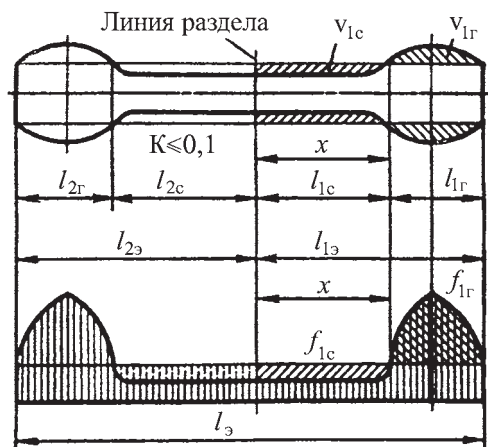


Рис. 23. Приведение сложной заготовки (эпюры) две головки — стержень к элементарным расчетным заготовкам для случая, когда стержень имеет значительный уклон $\alpha_{\text{мин}} = d_{\text{мин}}$

9. Значения коэффициента подкатки ручьев

Ручей	Индекс р у чья по классификации табл. 6	$K_{\text{п}}$
Формовочный	3-I-1, а	1,2
Подкатной открытый	3-I-1, б	1,3
Подкатной закрытый	3-I-1, в	1,6
Предварительный	—	1,1
Окончательный	—	1,05

4. Если на расчетной заготовке есть граница, от которой начинается конусность $K > 0,1$, то эту границу следует считать линией раздела. Для полученных двух участков строят отдельные средние расчетные заготовки или на эпюре сечений — отдельные эпюры средних сечений по участкам.

5. Если расчетная заготовка и соответственно эпюра сечений содержат три и более головки, то приведение такой сложной расчетной заготовки к ряду элементарных проводят в соответствии с основным принципом распределения избыточного объ-

ема стержня между недостающими объемами головок.

6. Для заготовок с тремя и более головками, некоторые участки стержня которых имеют конусность $K > 0,1$, приведение к элементарным расчетным заготовкам проводят с учетом указаний п. 3.

Коэффициент подкатки. В соответствии с полученными размерами расчетной заготовки можно определить общий коэффициент подкатки:

$$K_{\text{по}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ср}}} = \frac{d_{\text{max}}^2}{d_{\text{ср}}^2}. \quad (32)$$

Возможные значения $K_{\text{п}}$ для отдельных ручьев указаны в табл. 9.

Выбор заготовительных ручьев. При штамповке поковок 1-й подгруппы применяют заготовительные ручки 3-I-1 (см. табл. 6): формовочный, подкатной открытый, подкатной закрытый и протяжной. Комбинацию ручьев выбирают таким образом, чтобы

$$K_{\text{по}} \leq K_{\text{пр}}, \quad (33)$$

где $K_{\text{пр}}$ равно произведению $K_{\text{п}}$ выбранных ручьев. Например, если выбраны ручки: подкатной закрытый, предварительный и окончательный, то

$$K_{\text{пр}} = 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \approx 1,8.$$

При $K_{\text{по}} > 1,8$ необходимо применить протяжной ручей.

При выборе заготовительных ручьев руководствуются следующими правилами:

1. Если расчетная заготовка элементарная (см. рис. 19), то заготовительные ручки выбирают непосредственно по расчету $K_{\text{по}}$. При наличии на расчетной заготовке выступов с отношением $\frac{d_{\text{в}}}{d_{\text{мин}}} > 1,2$ или головки сложной формы рекомендуется, кроме про-

тяжного ручья (если по расчету он не-обходим), применять еще формовоч-ный и подкатной открытый ручьи.

2. При сложной расчетной заготов-ке с общим для всех участков средним сечением $d_{\text{ср}}$ (см. рис. 21 и 22) опреде-ляют заготовительные ручьи для каж-дой элементарной расчетной заготов-ки и выбирают наиболее трудоемкий процесс. Например, если для трех уча-стков сложной эпюры соответственно требуется по расчету протяжной, под-катной открытый и подкатной закры-тый ручьи, то для расчетной заготовки в целом следует применять протяжной и подкатной закрытый ручьи.

Если по расчету для всех участков получается только протяжной ручей, то в целях фиксации расстояний меж-ду головками рекомендуется приме-нить еще формовочный или подкат-ной открытый ручьи.

3. При сложной расчетной заготов-ке с различными средними сечениями $d_{1\text{ср}}$, $d_{2\text{ср}}$ и т. д. по участкам (см. рис. 23) заготовительные ручьи опре-деляют для каждой элементарной рас-четной заготовки, исходя из ее d_{max} и $d_{\text{ср}}$, и выбирают наиболее трудоемкий процесс. При условии, что $\frac{d_{\text{срmax}}}{d_{\text{срmin}}} > 1,2$,

применяют протяжной ручей, приведя его раствор a в соответствие с $d_{\text{срmin}}$.

4. Если для расчетной заготовки в целом требуется только протяжной ру-чей и штамповка ведется с клещеви-ной, то при $d_{\text{ср}} > 30$ мм применяют еще и подкатной открытый ручей для по-лучения перешейка между поковкой и клещевинной.

5. Если по условиям в цехе прихо-дится использовать заготовку с сече-нием, большим, чем это необходимо по расчету, то в таких случаях приме-нение протяжного ручья (или, в край-нем случае, площадки для протяжки) обязательно.

6. Вместо протяжного ручья следует применять площадку для протяжки, если необходима оттяжка:

- конца под клещевину;
- короткого конца, длина которого меньше толщины исходной заготовки;
- равномерного по толщине или ступенчатого конца (грубая оттяжка).

7. Если заготовка после подкатного или протяжного ручья резко выходит за контуры штамповочного ручья в плане, применяют дополнительно формовоч-ный ручей. В определенных случаях вместо подкатного и формовочного ручьев можно использовать один не-симметричный подкатной ручей (см. табл. 14, п. 6).

8. Необходимо увязывать выбор за-готовительных ручьев с применяемой комбинацией штамповочных ручьев:

- применение заготовительно-пред-варительного ручья упрощает обработку заготовки в заготовительных ручьях;
- при отмене предварительного ру-чья часто бывает необходима более тщательная обработка исходной заго-товки в заготовительных ручьях.

9. Применение заготовок, выса-женных на горизонтально-ковочной машине или вальцованных, а также периодического проката существенно упрощает штамповку в заготовитель-ных ручьях и часто позволяет прово-дить штамповку без них.

Выбор штамповочных ручьев и вари-анта штамповки. Для поковок 1-й подгруппы типа А применяют оконча-тельный ручей, для поковок типа Б — предварительный и окончательный, а в некоторых случаях предвари-тельно-заготовительный и окончательный ручьи в зависимости от формы и соот-ношения размеров поперечного сече-ния поковки (см. табл. 12, е–з).

2-я подгруппа. *Выбор заготови-тельных ручьев.* При штамповке приме-няют заготовительные ручьи 3-I-2 (см. табл. 6): пережимной и площадку

для расплющивания. Выбор ручьев проводят так же, как и для поковок 1-й подгруппы, с помощью расчетной заготовки, эпюры сечений расчетной заготовки и коэффициентов подкатки. По размерам расчетной заготовки определяют общий коэффициент подкатки, используя формулу (32).

Для пережимного ручья $K_{п} = 1,2$; для площадки для расплющивания $K_{п} = 1$. В ручьях: пережимном, предварительном и окончательном $K_{пр} = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \approx 1,4$.

Ручьи выбирают по неравенству (33). Если $K_{по} > 1,4$, то поковку следует относить к 1-й подгруппе I группы. При этом не исключается возможность применения пережимного ручья.

Ориентировочно можно рекомендовать при $K_{по} < 1,1$ применять площадку для расплющивания вместо пережимного ручья.

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки. Для поковок 2-й подгруппы типа А применяют окончательный ручей, а для поковок типа Б — предварительный и окончательный, а в некоторых случаях предварительно-заготовительный и окончательный ручьи в зависимости от формы и соотношения размеров поперечного сечения поковки (см. табл. 12, е—з).

3-я подгруппа. *Выбор заготовительных ручьев.* При штамповке поковок 3-й подгруппы применяют заготовительные ручьи 3-И-3 (см. табл. 6): для поковок типа А — высадочный ручей, а для поковок типа Б — специальный протяжной и высадочный ручьи.

Эти ручьи используют при наличии одного фланца или бурта, для которого $K_{по} = \frac{S_{max}}{S_{ср}} > 1,8$ [см. формулу (32)], и

сравнительно коротком стержне.

Если $K_{по} \leq 1,8$ или стержень имеет большую длину, поковки относят к I группе, 1-й подгруппе, типу А.

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки. Для поковок 3-й подгруппы применяют один окончательный ручей или два ручья — предварительный и окончательный, если необходимо увеличить стойкость окончательного ручья и уменьшить прилипание заготовки к штампу.

4-я подгруппа. *Выбор заготовительных ручьев.* Поковки данной подгруппы требуют гибки, которую выполняют либо с помощью гибочного ручья (поковки типа А), либо непосредственно в штамповочном ручье (поковки типа Б). Для поковок типа А необходимы такие же заготовительные ручьи, как и для поковок 1-й подгруппы. Для поковок типа Б при $l_{разв} / b_{ср} > 2,5$ применяют такие же заготовительные ручьи, как и для поковок 1-й подгруппы, а при $l_{разв} / b_{ср} < 2,5$ — такие же, как и для поковок 2-й подгруппы. Выбор ручьев проводят, как и для поковок 1-й и 2-й подгрупп, с помощью расчетной заготовки, эпюры сечений расчетной заготовки и коэффициентов подкатки.

В зависимости от формы поковки и степени протяжки заготовки в процессе гибки построение расчетной заготовки выполняют одним из следующих способов:

1. Построение расчетной заготовки по развертке (рис. 24). Способ применяют для поковок плавных

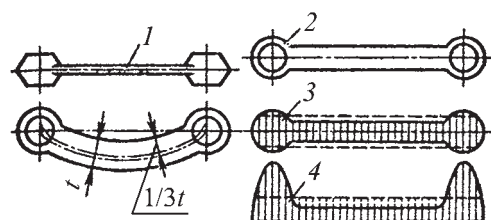


Рис. 24. Построение расчетной заготовки по развертке:

1 — поковка; 2 — развертка; 3 — расчетная заготовка; 4 — эпюра

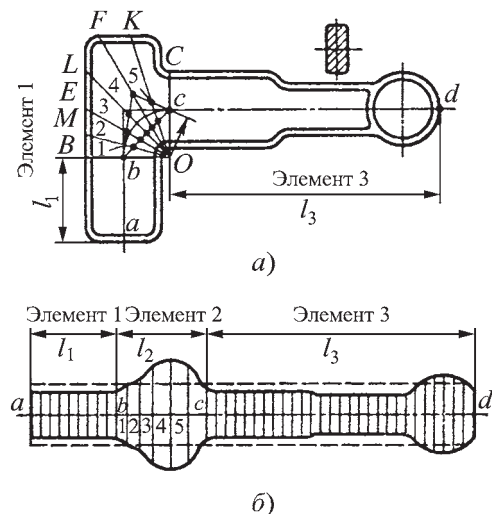


Рис. 25. Построение расчетной заготовки по элементам:

a — поковка в плане; b — расчетная заготовка развернутой поковки

форм, требующих гибки без значительной протяжки заготовки. При этом строят развертку по линии, проходящей примерно на расстоянии $1/3$ толщины t от внутреннего контура поковки. Построение расчетной заготовки и эпюры сечений развертки проводят так же, как для поковки с вытянутой осью.

2. Построение расчетной заготовки по элементам (рис. 25). Способ применяют для поковок с резкими перегибами, требующими гибки со значительной протяжкой заготовки на соответствующих участках. При этом выделяют участки, почти не подвергающиеся протяжке в процессе гибки (элементы длиной l_1 и l_3 на рис. 25, a), что достигается проведением лучей OB и OC из центра O дуги перегиба; для этих элементов соответствующие участки расчетной заготовки (рис. 25, b) строят, используя сечения, перпендикулярные к осям ab и cd .

Для определения длины элемента l_2 выполняют построение главной

оси поковки на участке перегиба: из центра O проводят ряд сечений (OM , OE и т. д.) и определяют положение точек 1 , 2 , 3 и т. д., представляющих собой проекции центров тяжести соответствующих сечений (OM , OE и т. д.) на план поковки. Длина кривой $b-1-2-3-...-c$ является искомой длиной l_2 . Затем находят площади поперечных сечений (OM , OE и т. д.) поковки с облоем. Соответствующие диаметры расчетной заготовки $d_{\phi 1}$, $d_{\phi 2}$, ... откладывают на линиях, соответственно проходящих через точки 1 , 2 , 3 , ... и таким образом получают элемент расчетной заготовки на участке изгиба поковки (второй элемент расчетной заготовки в рассматриваемом случае).

3. Построение расчетной заготовки непосредственно по сечениям применяют для поволоков такой формы и с такой линией разреза (рис. 26, a) или

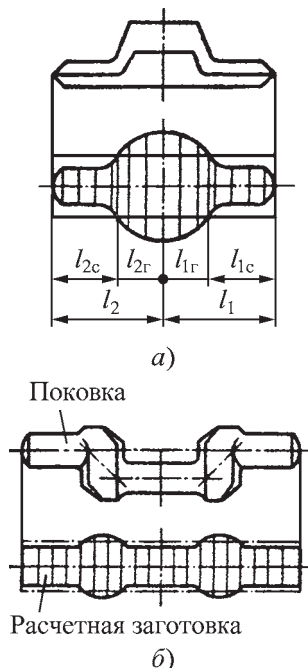


Рис. 26. Построение расчетной заготовки непосредственно по сечениям

главной осью (рис. 26, б), которая требует применения гибки, протекающей за счет протяжки заготовки без существенного изменения ее длины. При этом построение расчетной заготовки проводят непосредственно по сечениям, как для поковок с вытянутой осью (I-1; табл. 4).

По размерам расчетной заготовки определяют общий необходимый коэффициент подкатки по формуле (32). Коэффициент подкатки гибочного ручья $K_{\Pi} = 1,2$.

При выборе K_{Π} других заготовительных ручьев рекомендуется пользоваться табл. 9. Необходимо учитывать также замечания, приведенные на с. 82.

Нужно иметь в виду, что гибочным ручьем заменяют формовочный ручей. Гибочный ручей применяют только для поковок 4-й подгруппы типа А.

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки. Для поковок 4-й подгруппы типа А (а) применяют окончательный ручей, типа А (б) — предварительный и окончательный ручьи, а в некоторых случаях — предварительно-заготовительный и окончательный ручьи в зависимости от формы и соотношения размеров поперечного сечения поковки (см. табл. 12, е, ж, з).

Для поковок 4-й подгруппы типа Б необходимо уравнивать сдвигающие силы. Для поковок типа Б (а) применяют окончательный ручей, а для поковок типа Б (б) — предварительный и окончательный ручьи и иногда предварительно-заготовительный и окончательный ручьи (см. табл. 12, е, ж, з).

5-я подгруппа. *Выбор заготовительных ручьев.* Заготовительные ручьи выбирают так же, как и для поковок 1-й подгруппы. Для поковок 5-й подгруппы типа А в ряде случаев тре-

буется применение формовочного ручья в целях одностороннего смещения металла в сторону отостка. Иногда вместо подкатного и формовочного ручьев целесообразно применять несимметричный подкатной ручей (см. табл. 14, п. 6).

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки. Для поковок 5-й подгруппы типа А применяют заготовительно-предварительный ручей с полостью упрощенной формы (см. табл. 12, и) и окончательный ручей; для поковок типа Б — заготовительно-предварительный ручей с рассекателем (см. табл. 12, д) и окончательный ручей.

В зависимости от формы и размеров поковок иногда целесообразны различные варианты штамповки поковок в свернутом или развернутом виде.

6-я подгруппа. *Выбор заготовительных ручьев* проводят в зависимости от того, к какой из подгрупп (1–5-й) можно привести поковку, придавая ей рациональную форму для штамповки на молоте и последующей штамповки на другом оборудовании.

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки также зависит от того, к какой подгруппе приведена данная поковка.

Применение отрубного ручья, выбор числа поковок, изготавливаемых из одной заготовки, и применение клещевины при штамповке. Поковки небольшой массы и малой длины штампуют обычно из одной заготовки поочередно, отделяя каждую заготовку вместе с облоем от исходного прутка на ноже (рис. 27, А).

Если масса и длина поковки не позволяют применять заготовку большую, чем на две поковки, то рекомендуется не отрубать первую поковку на ноже, а проводить штам-

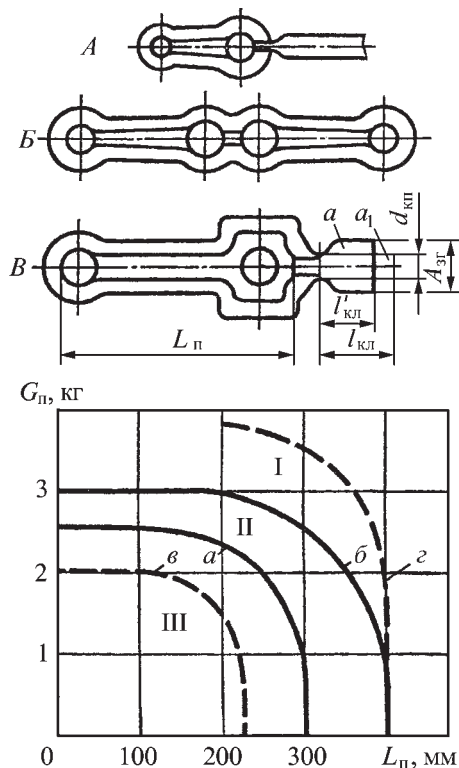


Рис. 27. Диаграмма пределов применения различных заготовок (по А.В. Ребельскому):

a — граница зоны применения заготовок на несколько поковок с отрубкой их на ноже; $б$ — граница зоны штамповки с поворотом заготовок на две поковки; $а$ и $б$ — кривые, между которыми располагается расширенная зона штамповки с поворотом для поковок простых форм; $L_{п}$ — наибольший габаритный размер поковки, мм; $G_{п}$ — масса поковки, кг; $l_{кл}$ — длина клещевого конца в случае оттяжки клещевины; $l'_{кл}$ — то же, без оттяжки клещевины; $A_{зг}$ — толщина исходной заготовки; a — клещевой конец без оттяжки; a_1 — то же, в случае оттяжки. Зоны штамповки: I — из отдельной заготовки; II — с поворотом заготовки; III — с отрубкой поковки на ноже

повку с поворотом заготовки на 180° после получения первой поковки (рис. 27, Б).

При штамповке из длинного прутка по первому варианту (см. рис. 27, А) рекомендуется так подобрать длину заготовки, чтобы последнюю поковку

штамповать с поворотом заготовки и тем самым осуществлять процесс без применения клещевины.

Прибегать к штучной заготовке (рис. 27, Б) рекомендуется в том случае, когда длина $L_{п}$ и масса $G_{п}$ поковки настолько значительны, что не представляется возможным проводить штамповку с кантовкой из заготовки на две поковки.

Зоны на диаграмме (см. рис. 27) позволяют по значениям $L_{п}$ и $G_{п}$ выбирать заготовку соответствующей длины. Исключение составляют штамповка заготовок осадкой в торец, штамповка, требующая оттяжки обоих концов заготовки, и изготовление поковок сложной формы, которая неудобна при штамповке от прутка и при отрубке.

Клещевину не следует применять в тех случаях, когда штамповку производят без подкатных ручьев. Применение открытого со стороны клещевой выемки подкатного ручья (рис. 28) позволяет в ряде случаев осуществлять штамповку без клещевого конца; желательно использовать в качестве клещевины оттянутый конец a_1 заготовки (см. рис. 27, Б). Клещевину можно не оттягивать, если ее используют в качестве исходной заготовки для других поковок.

Размеры клещевых концов a и a_1 при штамповке соответственно без оттяжки (см. рис. 27, Б) и с оттяжкой рекомендуется определять, как указано в табл. 11.

Определение размеров и выбор исходной заготовки. Размеры исходной заготовки определяют исходя из двух основных факторов: расчетной заготовки и принятой комбинации переходов штамповки.

Объем заготовки на одну поковку $V_{зг}$ равен произведению площади $S_{зг}$ сечения заготовки на ее длину $l_{зг}$, отнесенную к одной поковке, т.е.

$$V_{зг} = S_{зг} l_{зг}. \quad (34)$$

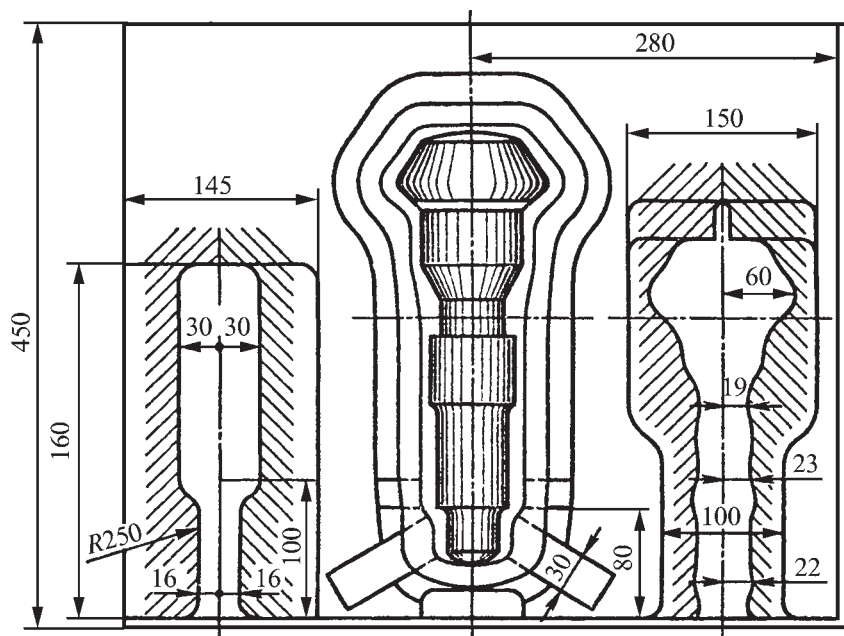


Рис. 28. Штамп для штамповки без клещевины за счет соответствующего расположения поковки и применения подкатного ручья, открытого со стороны клещевой выемки

Объем заготовки $V'_{зг}$ с учетом потерь (без клещевины) определяют по формуле

$$V'_{зг} = V_{п.о} \frac{100 + \delta}{100}, \quad (35)$$

где $V_{п.о} = V_{п.} + V_{о.}$ — суммарный объем поковки и облоя; δ — угар металла, % (см. т. I, гл. V).

Объем поковки $V_{п.}$ рассчитывают по номинальным размерам с добавлением к вертикальным размерам половины положительного отклонения.

На основании расчетных заготовок (эпюр) и принятого процесса штамповки по переходам, а также с учетом потери металла на угар и способа укладки заготовки в заготовительные ручки рекомендуется площадь поперечного сечения заготовки $S'_{зг}$ определять по табл. 10, составленной для поковок с элементарной расчетной заготовкой.

Площадь сечения исходной заготовки $S'_{зг}$ для поковок со сложной расчетной заготовкой — сложной эпюрой (см. рис. 21–23) рассчитывают:

— по формулам (36)–(38) (табл. 10) в случае штамповки без заготовительных ручьев (БЗ) или с применением гибки (Гб), пережима (Переж), формовки (Форм) или подкатки (ПО и ПЗ);

— по формулам (38)–(40) при штамповке с применением протяжки (Прот) или протяжки — подкатки (Прот–ПО или Прот–ПЗ) для каждого участка расчетной заготовки (эпюры); для расчета принимают наибольшее из полученных значений $S'_{зг}$;

— в случае штамповки с применением одного высадочного ручья по формуле

$$S'_{зг} = 0,98 \frac{\pi d_{\min}^2}{4}, \quad (41)$$

где d_{\min} — диаметр концевой участка поковки большей длины;

10. Определение площади сечения исходной заготовки для поковок с элементарной расчетной заготовкой (по А. В. Ребельскому)

Переходы	Площади сечения исходной заготовки. Формула для определения	Пояснения к расчету
Без заготовительных ручьев (БЗ) или с применением гибки	$S'_{зг} = (1,02...1,05)S_{ср}$ (36)	Меньшее значение коэффициента в формуле принимают для случая, когда заготовка перекрывает штамп поочередно ручья по всей длине, большее значение — заготовка не доходит до конца ручья
С пережимом или формовкой	$S'_{зг} = (1,05...1,3)S_{ср}$ (37)	Меньшее значение коэффициента применяют в том случае, если исходная заготовка складывается до конца заготовительного ручья, большее значение — если заготовка складывается не до конца ручья
С подкаткой (ПО или ПЗ)	$S'_{зг} = S_{пл} = (1,02...1,2)S_{ср}$ (38)	
С протяжкой	$S'_{зг} = S'_{пр} = \frac{V'_r}{l_r}$ (39)	Эту формулу применяют в том случае, если после протяжки проводят формовку или гибку. В формуле $V'_r = V_r \frac{100 + \delta}{100}$ — объем головки расчетной заготовки с учетом потерь на угар; δ — угар, %; l_r — длина головки расчетной заготовки (см. рис. 19)
С протяжкой и подкаткой	$S'_{зг} = S_{пр} - K(S_{пр} - S_{пл})$ (40)	$S_{пл}$ определяют по формуле (38) при значении коэффициента 1,2; $S_{пр}$ — по формуле (39); K — конусность стержня расчетной заготовки (см. рис. 19)

— в случае штамповки с применением высадочного и специального протяжного ручьев по формулам:

$$V'_ф = 2,5 \frac{\pi D_{зг}'^3}{4};$$

$$D'_{зг} = \sqrt[3]{\frac{4V'_ф}{2,5\pi}}; \quad (42)$$

$$S'_{зг} = \frac{\pi (D'_{зг})^2}{4}, \quad (43)$$

где $V'_ф$ — объем фланца поковки с учетом потерь на облой и угар; определяют аналогично $V'_{зг}$ по формуле (35); $D'_{зг}$ — диаметр расчетной заготовки с учетом потерь на облой и угар.

Выбор профиля сечения исходной заготовки и размеры профиля. Определив $S'_{зг}$ по ГОСТу, подбирают квадратный или круглый профиль с ближайшей

большой площадью поперечного сечения и рассчитывают $A_{зг}$ и $D_{зг}$; если запроектирован высадочный ручей и не предусмотрен специальный протяжной, то $D_{зг} \leq d_{\min}$.

Наиболее выгодно применять квадратный профиль. Круглую по сечению заготовку используют: при гибке с резкими изгибами, приводящей при штамповке из квадратного профиля к образованию зажимов; если на поковке круглый по сечению участок не подвергающийся штамповке; в случае применения высадочного ручья или штамповки на молоте после высадки на горизонтально-ковочной машине. В ряде случаев рациональнее применять заготовки из проката периодического профиля, а также высаженные на горизонтально-ковочной машине, или заготовки, полученные вальцовкой на ковочных вальцах.

Поковки II группы. 1-я подгруппа.**Выбор заготовительных ручьев.**

При штамповке поковок 1-й подгруппы применяют только заготовительный ручей 3—II—1,2 (см. табл. 6), т. е. площадку для осадки. Иногда вместе с осадкой в заготовке выполняют неглубокую наметку или выступ. Если диаметр исходной заготовки близок к диаметру поковки, то площадку для осадки не применяют. При большом диаметре поковки ($D_{\text{п}} > 300$ мм) можно производить осадку заготовки на другом молоте, так как штамп с осадкой получается очень большим.

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки.

Для поковок типа А применяют один окончательный ручей. Предварительный ручей можно делать для повышения стойкости окончательного ручья. При обработке поковки типа Б применяют предварительный и окончательный ручьи. Если в поковках типа А или Б прошивают отверстие, то желателен предварительный ручей.

2-я подгруппа. Выбор заготовительных ручьев.

Для поковок типа А с относительно короткими отрезками (рис. 29, а) применяют площадку для осадки 3—II—1,2 (см. табл. 6), а при большом размере отрезков ($B > 300$ мм) осадку исходной заготовки (рис. 29, б) выполняют на другом молоте. Затем проводят осадку в направлении диаметра, в результате чего получают заготовку, близкую в плане к квадратной (рис. 29, в).

Полученную заготовку укладывают в окончательный ручей так, чтобы направление ее диагоналей совпало с направлением отрезков ручья. При такой укладке облегчается затекание металла в полости под отрезки (рис. 29, з).

При получении поковки с длинными отрезками рекомендуется в целях

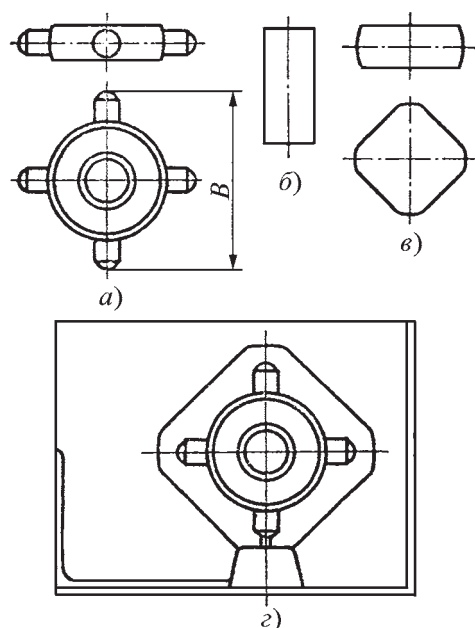


Рис. 29. Штамповка крестовины из осажженной заготовки с деформированием на квадрат (в плане) в одном окончательном ручье:

а — поковка; б — исходная заготовка; в — заготовка после осадки; з — схема штамповки

экономии металла применять штамп со специальным формовочным ручьем (рис. 30).

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки.

Для поковок типа А применяют один окончательный ручей. Использовать предварительный ручей рекомендуется для повышения стойкости окончательного ручья. Для поковок типа Б при относительно коротких отрезках применяют окончательный ручей и иногда предварительный и окончательный ручьи.

При длинных отрезках рекомендуется использовать заготовительно-предварительный ручей с плавными переходами от отрезков к внутренней части фигуры (см. табл. 12, и). Такие сложные поковки желательно штамповать в двух штампах на двух

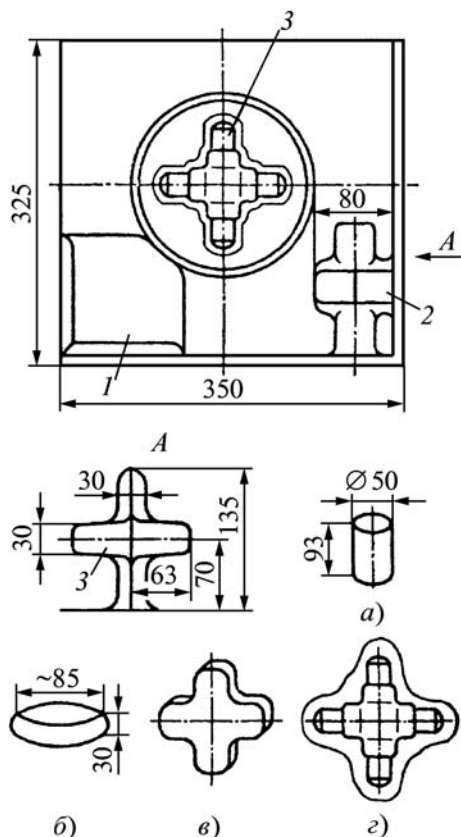


Рис. 30. Штамп со специальным формовочным ручьем и переходы штамповки крестовины: а — исходная заготовка; б — заготовка после осадки; в — заготовка после формовочного ручья; г — отштампованная поковка с облоем; 1 — площадка для осадки; 2 — формовочный ручей; 3 — окончательный ручей

рядом стоящих молотов (предпочтительно при одном нагреве и с механизацией передачи заготовки от первого молота ко второму).

3-я подгруппа. *Выбор заготовительных ручьев.* При штамповке поковок типа А необходим высадочный ручей 3-II-3 (см. табл. 6), а при штамповке поковок типа Б — специальный протяжной и высадочный ручьи. При штамповке поковок типа Б с несложным фланцем можно взять один специальный протяжной ручей.

Выбор штамповочных ручьев и варианта штамповки.

Для поковок 3-й подгруппы применяют один окончательный ручей. При сложном фланце, заполняемом выдавливанием, с целью повышения стойкости окончательного ручья иногда проводят обработку и в предварительном ручье.

Размеры заготовки определяют по объемам: поковки с облоем и заготовки с учетом угара.

Объем поковки с облоем равен: $V_{п.о} = V_{п} + V_{о}$, где $V_{п}$ — объем поковки; $V_{о}$ — объем облоя.

Объем заготовки с учетом угара (без клещевины)

$$V'_{зг} = V_{п.о} \frac{100 + \delta}{100},$$

где δ — угар, %.

Расчетные (со штрихом) и фактически выбранные размеры заготовки: $S'_{зг}$ и $S_{зг}$ — площади сечений заготовки; $D'_{зг}$ и $D_{зг}$ — диаметры исходной заготовки; $A'_{зг}$ и $A_{зг}$ — стороны квадратов исходной заготовки; $L'_{зг}$ и $L_{зг}$ — длины (высоты) исходной заготовки.

Размеры заготовки, во избежание ее искривления при обработке, должны удовлетворять условию:

$$m = \frac{L_{зг}}{D_{зг}} = \frac{L_{зг}}{A_{зг}} \leq 2,8, \quad (44)$$

где m — коэффициент, равный 2,8...1,5; чтобы облегчить отрезку заготовки, принимают $m \approx 2,8$; при таком значении m заготовка имеет на наименьшую толщину.

Задавшись m , можно найти диаметр круглой или сторону квадратной заготовки по формулам:

$$D'_{зг} = 1,083 \sqrt[3]{\frac{V'_{зг}}{m}}; \quad (45)$$

$$A'_{зг} = \sqrt[3]{\frac{V'_{зг}}{m}}. \quad (46)$$

Определив по этим формулам размеры заготовки $D'_{зг}$ и $A'_{зг}$ и подсчитав $S'_{зг}$, по сортаменту подбирают заготовку с размерами $D_{зг}$ ($A_{зг}$ и $S_{зг}$), ближайшими к полученным расчетом, а затем уточняют длину заготовки по формуле

$$L_{зг} = \frac{V'_{зг}}{S_{зг}}. \quad (47)$$

В случае штамповки с применением одного высадочного ручья $S'_{зг}$ определяют по формуле (41). При штамповке в высадочном и специальном протяжном ручьях $S'_{зг}$ определяют по формулам (42) и (43).

7. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПЕРЕХОДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ШТАМПОВКЕ В ЗАКРЫТЫХ ШТАМПАХ

Штамповку в закрытых штампах иногда применяют для изготовления поковок II группы 1-й и 3-й подгрупп и, в ряде случаев, 2-й подгруппы. Штамповку в закрытых штампах поковок I группы проводят крайне редко, при этом штампуются поковки только 1-й и 2-й под групп.

Необходимые переходы для поковок I группы можно установить, пользуясь методом построения расчетной заготовки (см. рис. 19) и расчетом коэффициентов подкатки (см. табл. 9).

Диаметры расчетной заготовки определяют при закрытой штамповке по формуле

$$d_3 = 1,13\sqrt{S'_п}, \quad (48)$$

где $S'_п$ — площадь поперечного сечения поковки в произвольном месте с учетом угара;

$$S'_п = S_п \frac{100 + \delta}{100}, \quad (49)$$

где δ — угар металла при нагреве, %.

Соответствующую площадь поковки $S_п$ подсчитывают по минимальным горизонтальным размерам (номинальный размер минус нижнее отклонение допуска) и максимальным вертикальным размерам (номинальный размер плюс верхнее отклонение допуска).

В закрытом штампе получают поковки из штучных заготовок, объем которых

$$V_{зг} = V_п \frac{100 + \delta}{100}, \quad (50)$$

где $V_п$ — объем поковки, рассчитанный по минимальным горизонтальным и максимальным вертикальным размерам.

При проектировании технологических процессов закрытой штамповки для поковок II группы следует определить прежде всего объем исходной заготовки $V_{зг}$ по формуле (50), ее диаметр $D_{зг}$ и длину $L_{зг}$ по формулам (44)–(47).

При выборе переходов штамповки учитывают размеры основных элементов поковок этого типа (высоты: ступицы h_c , диска h_d , обода $h_{об}$), соотношение этих размеров и размеров исходной заготовки (как и при штамповке в открытых штампах).

Если штампуют поковку типа ступицы с диском, то при небольшом значении отношения h_c / h_d в штампе предусматривают площадку для осадки и окончательный ручей (рис. 31). При большом значении этого отношения полости для получения наметок, по которым заготовка центрируется в окончательном ручье, рекомендуется выполнять на площадке для осадки.

Для поковок, состоящих из всех основных элементов, в зависимости от со-

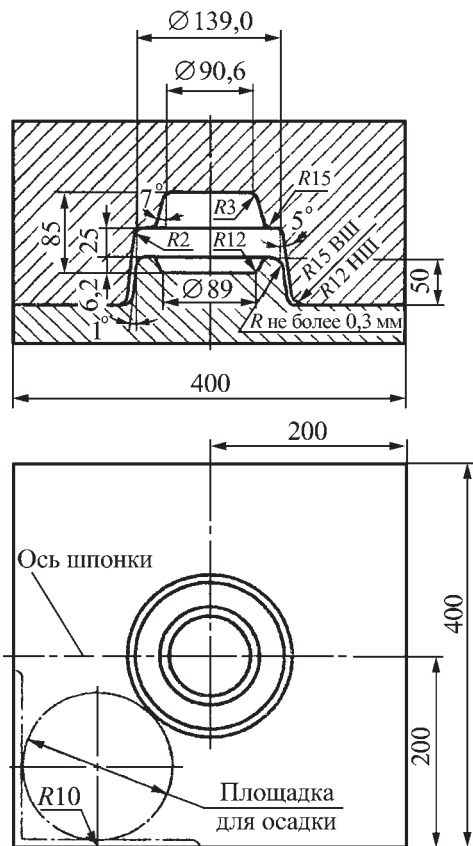


Рис. 31. Штамп для поковки типа ступицы с диском:

ВШ — верхний штамп; НШ — нижний штамп

отношения их размеров возможны три варианта штамповки с применением:

- площадки для осадки и окончательного ручья (рис. 32, а);
- заготовительно-осадочного ручья с наметочными полостями под ступицу и окончательного ручья;
- специального заготовительно-предварительного ручья и окончательного (рис. 32, б).

Для поковок типа стаканов и поршней рекомендуется применять заготовительный ручей, в котором заготовке придают требуемую форму и размеры, и окончательный ручей (рис. 33). При этом рекомендуется: принять одинако-

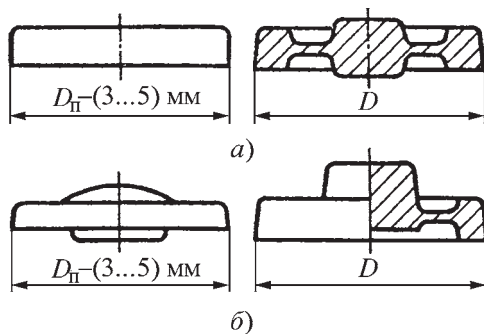


Рис. 32. Переходы штамповки поковки типа ступицы с диском и ободом

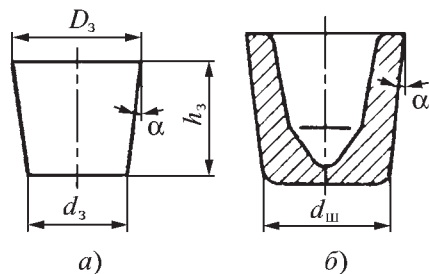


Рис. 33. Переходы штамповки типа стакана с глубокой полостью

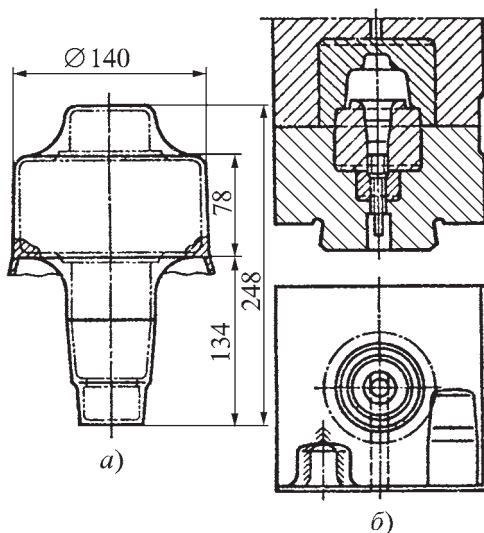


Рис. 34. Поковка с длинным стержнем (а) и штамп с двумя заготовительными ручьями (б); в окончательном ручье применен выталкиватель

вый штамповочный уклон α в предварительном (рис. 33, а) и окончательном (рис. 33, б) ручьях; определить меньший диаметр заготовительного перехода по формуле $d_3 = d_{ш} + (6...10)$ мм и размеры исходной заготовки $D_{зг}$ и $L_{зг}$ из условия сохранения объема $V_{зг}$.

Поковки с относительно длинными стержневыми элементами перед штамповкой в закрытом ручье (рис. 34) протягивают, и подвергают подкатке конец исходной заготовки. Рекомендуются использовать штамп с выталкивателем, приводимым в движение, например, с помощью пневматического цилиндра и рычага.

8. РАСКРОЙ МЕТАЛЛА И РАСЧЕТ ОТХОДОВ

Расход металла, его раскрой, а также показатели использования рекомендуются определять по табл. 11.

9. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ РУЧЬЕВ МОЛОТОГО ШТАМПА

Штамповочные ручьи. Окончательный ручей. Полость окончательного (чистового) ручья выполняют по чертежу поковки для изготовления штампа или чертежу горячей поковки (рис. 35). Так как поковка после штамповки охлаждается и размеры ее уменьшаются, то для получения требуемых размеров поковки необходимо, чтобы размеры полости окончательного ручья были больше размеров холодной поковки на величину предполагаемой усадки.

Правила выполнения чертежа поковки для изготовления штампа:

1. Чертеж поковки для изготовления штампа выполняют по чертежу холодной поковки с соблюдением того же масштаба, но в проставляемых размерах должны быть учтены усадка и возможность неравномерной усадки

11. Расчет расхода и раскрой металла (по А. В. Ребельскому)

Место для эскиза заготовки		Изделие ... Деталь ... Марка материала ...
Элемент	Рассчитываемый параметр	Формула или способ определения параметра
Чистовая деталь и поковка	Масса чистовой детали $G_{дет}$, кг	По чертежу детали
	Объем поковки $V_{п}$, мм ³	По чертежу поковки с учетом 1/2 положительного допуска вертикальных размеров
	Масса поковки $G_{п}$, кг	$G_{п} = (\rho / 10^6) V_{п}$, где ρ — плотность материала поковки, кг/дм ³
Заготовка на одну поковку без учета отхода на клещевину	Объем заготовки с учетом отходов на облой и угар $V_{зг}$, мм ³	По формулам (35) и (50)
	Масса заготовки с учетом отходов на облой и угар $G_{зг}$, кг	$G_{зг} = (\rho / 10^6) V_{зг}$
	Площадь сечения исходной заготовки $S_{зг}$, мм ²	По табл. 10 и формулам (41)–(46) с учетом соответствующих замечаний
	Диаметр $D_{зг}$ или сторона $A_{зг}$ исходной заготовки, мм	
Заготовка на n поковок	Число n поковок, штампуемых из одной заготовки	По диаграмме (см. рис. 27) с учетом соответствующих замечаний

Место для эскиза заготовки		Изделие ... Деталь ... Марка материала ...
Элемент	Рассчитываемый параметр	Формула или способ определения параметра
Клещевой конец	Длина клещевого конца при штамповке без его оттяжки $l'_{кл}$, мм	$l'_{кл} = (0,75...1)A_{зг}$
	Толщина оттянутого клещевого конца $a_{кл}$, мм	$a_{кл} = (0,25...0,4)A_{зг}$
	Длина оттянутого клещевого конца $l_{кл}$, мм	$l_{кл} = (1...1,5)a_{кл}$
Заготовка	Длина заготовки на одну поковку с учетом отходов на облой и угар $L_{зг}$, мм, при штамповке:	
	без клещевины из заготовки на одну поковку	$L_{зг} = V_{зг} / S_{зг}$
	с клещевиной из заготовки на n поковок	$L_{зг} = V_{зг} / S_{зг} + l'_{кл} / n$
	с оттянутой клещевиной из заготовки на одну поковку	$L_{зг} = (V_{зг} + a_{кл}l_{кл}) / S_{зг}$
	с поворотом из заготовки на две поковки	$L_{зг} = V_{зг} / S_{зг} + (3...5)$
	Масса заготовки с учетом тех же отходов $G'_{зг}$, кг	$G'_{зг} = (\rho / 10^6)S_{зг}L_{зг}$

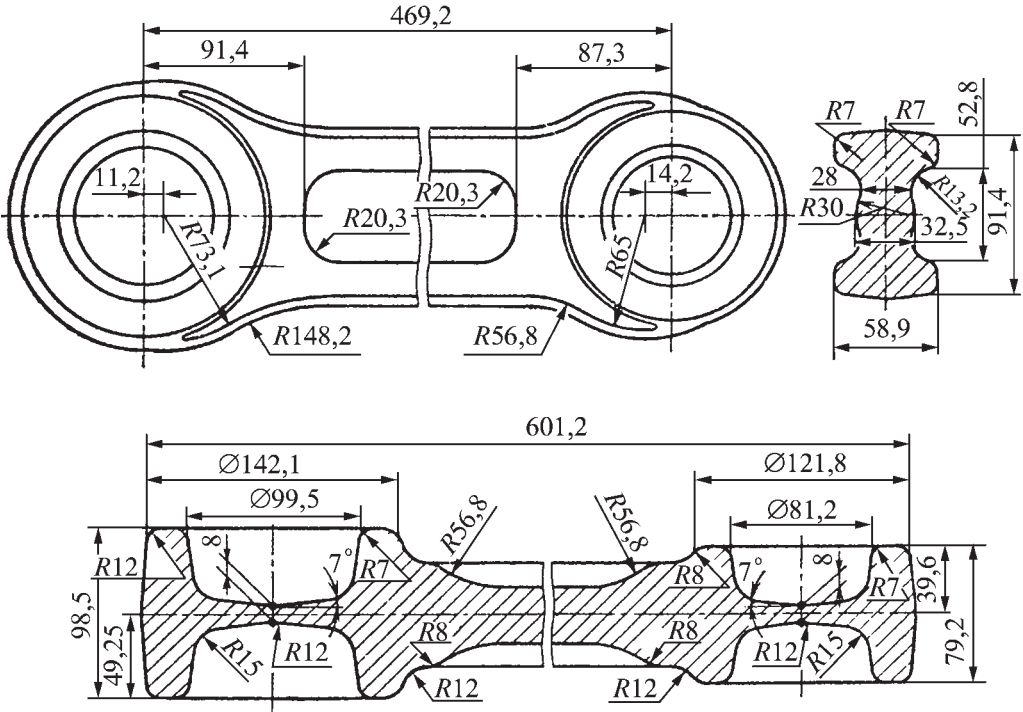


Рис. 35. Типовой чертеж поковки для изготовления штампа (горячей поковки)

отдельных участков поковки. Для стали усадка составляет 1,5 % (за исключением тонких удлиненных быстротыгнущих участков поковки, для которых усадка равна 1,2...1 %).

Размер горячей поковки с учетом усадки

$$a = l(1 + \alpha T_d),$$

где l — размер холодной поковки; α — коэффициент линейного расширения металла поковки; T_d — температура конца штамповки.

2. Размеры проставляют таким образом, чтобы построение фигуры при разметке шаблонов и штампа не вызвало затруднений. Для этого:

- наносят все размеры, необходимые для построения линии разреза;
- размеры по высоте ставят от линии разреза;
- указывают размеры напуска (горизонтальные отрезки от штамповочных уклонов) для разметки на плоскости контура разреза и соответствующей разметки фигуры.

3. В примечаниях к чертежу дают указания о неоговоренных штамповочных уклонах и радиусах и прочие надписи, облегчающие чтение чертежа.

4. На чертеже изображают поковку, получаемую в окончательном ручье молотового штампа. Поэтому изменения формы, выполненные после штамповки на молоте (пробивка отверстий, гибка и пр.), не указывают.

5. В некоторых местах допускаются изменения на чертеже поковки, которые при учете износа отдельных элементов штампа и недоштамповки обеспечивают получение поковки, удовлетворяющей требованиям чертежа холодной поковки.

Предварительный и заготовительный-предварительный ручки рекомендуются конструировать и изготавливать в основном по чертежу поковки для изготовления штампа (табл. 12).

Предварительный ручей применяют при штамповке сложных поковок с глубокими полостями в штампах, если поковки с трудом извлекают из штампов. Предварительный ручей имеет несколько упрощенную форму по сравнению с формой окончательного ручья и лучше заполняется металлом.

Некоторые участки заготовительного-предварительного ручья значительно отличаются от этих же участков окончательного ручья, так как на этих участках происходит перераспределение металла заготовки.

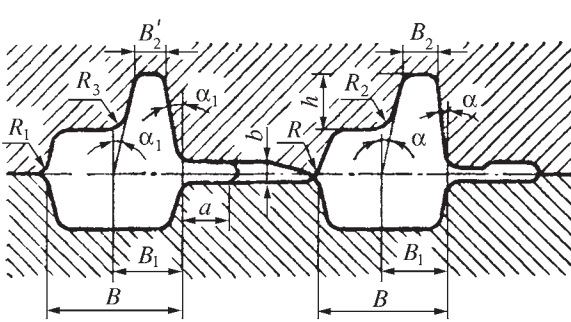
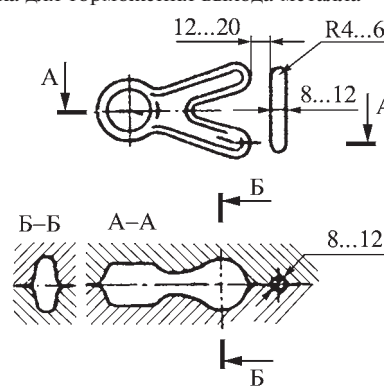
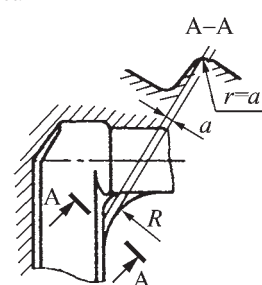
Клещевую выемку и литниковую канавку конструируют в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 13. Эти элементы штамповочных ручьев располагают в передней части штампа и используют их для размещения части прутка или клещей, удерживающих заготовку, а также для облегчения удаления поковки из ручья при штамповке без клещевины. Клещевую выемку и литниковую канавку используют во многих случаях для отливки контрольной фигуры ручья.

Заготовительные ручки. Заготовительные ручки рекомендуются конструировать в соответствии с указаниями табл. 14.

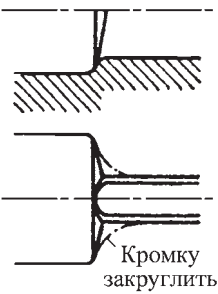
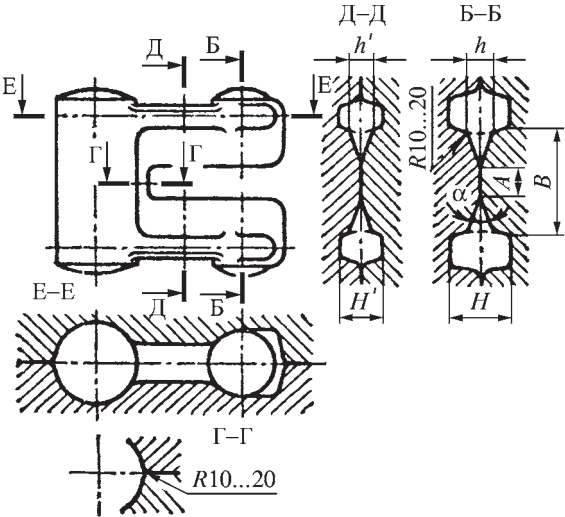
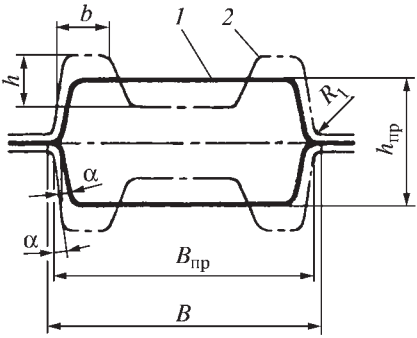
Заготовительные ручки служат для предварительного грубого деформирования исходной заготовки, для придания ей формы, удобной для штамповки в штамповочных ручьях и обеспечивающей относительно малый отход металла в облой.

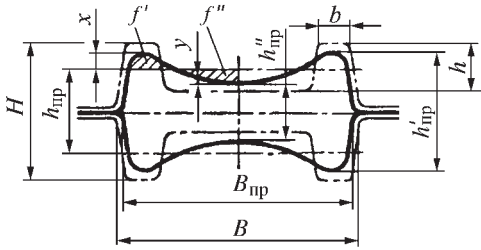
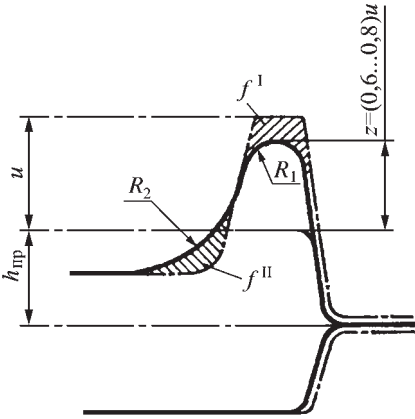
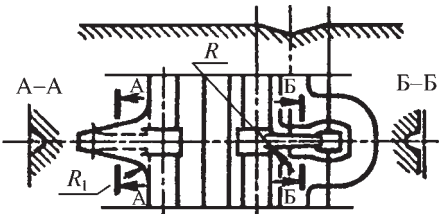
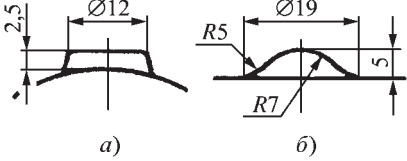
Отрубные ручки (ножи). Отрубной ручей служит для отделения отштампованной поковки от прутка, когда из исходной заготовки получают несколько поковок. Поковку укладывают перемычкой на лезвие ножа и одним ударом отсекают от заготовки. Отрубной ручей располагают на переднем или заднем углу штампа.

12. Конструирование предварительного и заготовительно-предварительного ручьев (по А. В. Ребельскому)

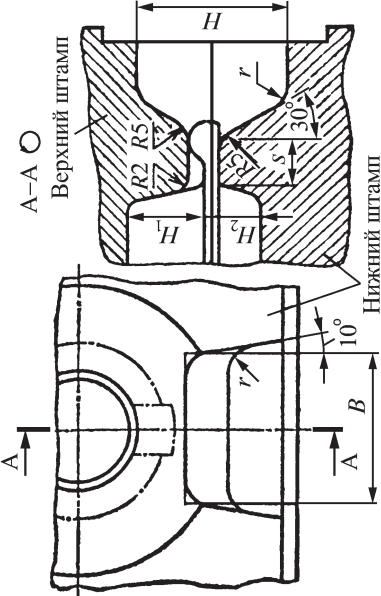
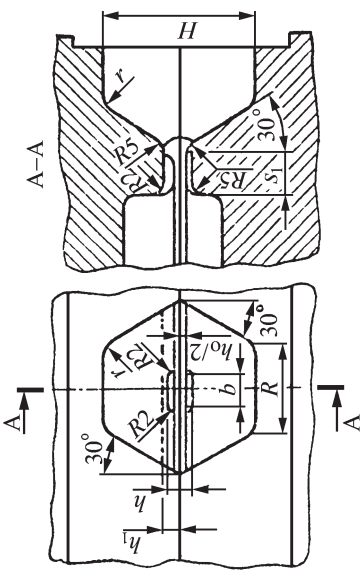
Элементы ручья	Способ построения и основные формулы										
<p>а. Поперечные сечения предварительного и окончательного ручьев</p> 	<p>Штамповочные уклоны α и β в предварительном ручье обычно выполняют такими же, как и в окончательном. Для глубоких труднозаполнимых полостей $\alpha_1 = \alpha (1..2^\circ)$ при условии сохранения размеров B, B_1 и других размеров в плоскости разреза. Кромки фигуры закругляют дугой, радиус которой $R_1 = R + C$; значения C зависят от глубины полости:</p> <table><tr><td>Глубина полости ручья у закругляемой кромки, мм</td><td>До 10</td><td>10... 25</td><td>Св.25 до 50</td><td>Св. 50</td></tr><tr><td>Значение C, мм</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> <p>При наличии выступов высотой $h \leq B_2$ $R_3 = R_2$; при $h > B_2$ $R_3 = (1..1,2)R_2 + 3$ мм</p>	Глубина полости ручья у закругляемой кромки, мм	До 10	10... 25	Св.25 до 50	Св. 50	Значение C , мм	2	3	4	5
Глубина полости ручья у закругляемой кромки, мм	До 10	10... 25	Св.25 до 50	Св. 50							
Значение C , мм	2	3	4	5							
<p>б. Канавка для торможения выхода металла</p> 	<p>Обойные канавки в предварительном ручье не предусматривают. Если при установленном взаимном расположении ручьев $a < 2b$, то по боковому стыку окончательного и предварительного ручьев открывают канавку, как показано на эскизе а. У кромки предварительного ручья против труднозаполнимых участков делают канавки для торможения облоя, эскиз б</p>										
<p>в. Закругление кромки предварительного ручья в месте резкого перегиба</p> 	<p>Если после гибки штамповку проводят в предварительном ручье, то в местах резкого изгиба кромки ручья закругляют</p>										

Продолжение табл. 12

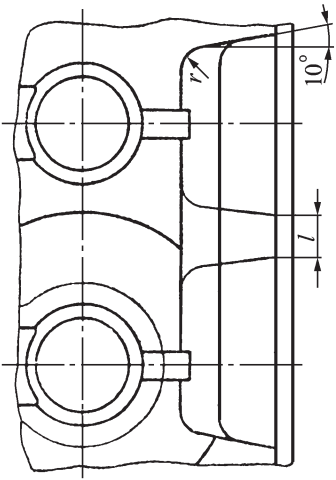
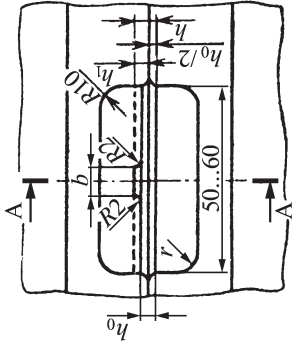
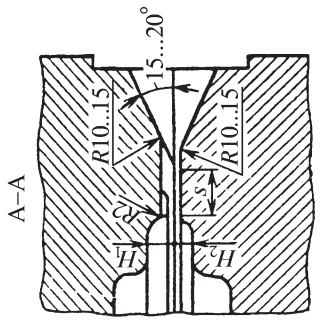
Элементы ручья	Способ построения и основные формулы
<p>г. Закругление кромки предварительного ручья в местах резких переходов сечений</p> 	<p>См. п. в</p>
<p>д. Рассекатель в заготовительно-предварительном ручье</p> 	<p>Для поковок с развилками I-5-Б (см. табл. 4) применяют заготовительно-предварительный ручей с рассекателем. Для этого ручья $A \approx 0,25B$, но не менее 5...8 мм и не более 30 мм; $\alpha = 10...45^\circ$ в зависимости от h; значения h и h' выбирают в пределах $(0,4...0,7)H$ или H'</p>
<p>е. Заготовительно-предварительный ручей: 1 — трапециевидального сечения; 2 — окончательный ручей</p> 	<p>Для поковок двутаврового сечения при $h \leq 2b$ применяют заготовительно-предварительный ручей трапециевидального сечения. Ширина $B_{пр} = B - (2...6)$ мм. Высоту ручья $h_{пр}$ рассчитывают из условия равенства площадей поперечного сечения ручья и двутаврового сечения поковки; R_1 определяют так же, как и для предварительного ручья (см. п. а)</p>

Элементы ручья	Способ построения и основные формулы
<p>ж. Заготовительно-предварительный ручей с плавной формой двутаврового сечения</p> 	<p>Применяют для поковок с двутавровым сечением при $h > 2b$. Размеры ручья: $B_{пр} = B - (1...2)$ мм; $h_{пр}$ определяют так же, как и в п. е; $x = 0,25(H - h_{пр})$; $h'_{пр} = h_{пр} + 2x$; y определяют из условия равенства площадей $f' = f''$; $h''_{пр} = h_{пр} - 2y$. Точки с координатами x и y соединяют плавными кривыми, как показано на чертеже</p>
<p>з. Заготовительно-предварительный ручей для поковок таврового, двутаврового или ребристого сечения с большим расстоянием между ребрами</p> 	<p>Применяют для поковок с большим расстоянием между ребрами. Построение проводят в соответствии с эскизом так, чтобы соблюдалось равенство площадей:</p> $f^I = f^{II}$
<p>и. Заготовительно-предварительный ручей для поковок с отостками</p> 	<p>Полость под отосток имеет простую форму, благоприятную для ее заполнения металлом по всей длине:</p> $R_1 = (2...5)R.$ <p>Если в окончательном ручье предусматривают замок небольшой глубины, то в заготовительно-предварительном ручье замок отсутствует</p>
<p>к. Выступы и бобышки незначительных размеров: a — в окончательном ручье; b — в предварительном ручье</p> 	<p>Выступы, небольшие ребра и углубления незначительных размеров в предварительном ручье либо не делают, либо выполняют с плавными переходами</p>

13. Определение размеров клещевых выемок и литниковых канавок

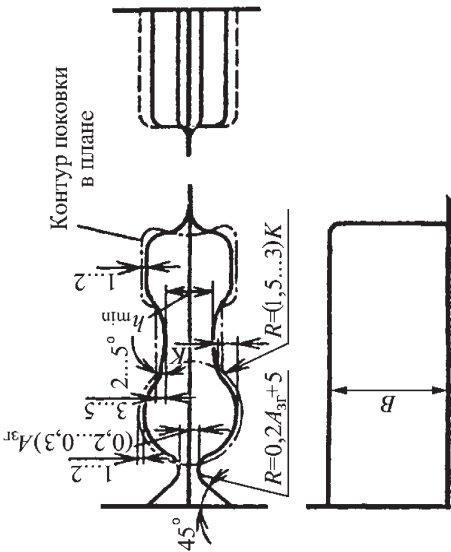
Эскиз	Условия применения (клещевой выемки и литниковой канавки)	Расчетные формулы и условия выбора размеров
	<p>При штамповке от прутка</p>	<p>Для поковок из углеродистых и низколегированных сталей $s \geq H_2$, но не менее 35 мм</p> <p>Для поковок из высоколегированных и жаропрочных сталей $s \geq 1,25H_1$, но не менее 35 мм</p> $B = (1,3 \dots 1,5)D_{\text{гр}}$
	<p>При штамповке от прутка с поворотом</p>	<p>$b = h_0 + h_1$;</p> <p>$H = 1,2B$, но не менее 35 мм ($B = R$)</p> <p>$h = h_0 / 2 + h_1$,</p> <p>где h_0 и h_1 — по табл. 7;</p> <p>$s_1 \geq H_1$</p>

Окончание табл. 13

Эскиз	Условия применения (клещевой выемки и литниковой канавки)	Расчетные формулы и условия выбора размеров
	Единая выемка для черногого и чистового ручьев при $l < 15 \text{ мм}$	—
 	При штамповке заготовок осадкой в торец	—

Условные обозначения: s и s_1 — толщина стенки между полостью ручья и выемкой под клещевину; $D_{3г}$ — диаметр исходной заготовки; B — ширина выемки под клещевину; b — ширина литниковой канавки; H — высота выемки под клещевину; h — глубину литниковой канавки; r — радиус закругления для клещевой выемки в мм принимается в зависимости от $D_{3г}$: $r = (0,2 \dots 0,3)D_{3г}$.

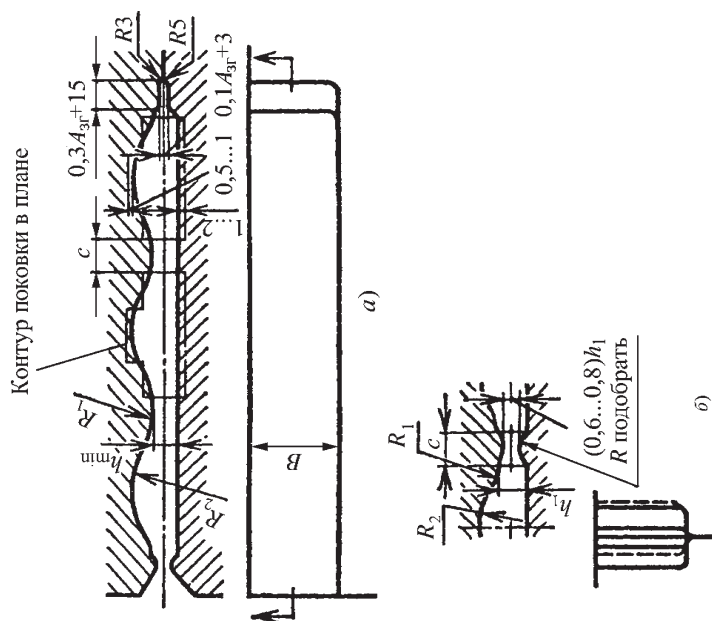
14. Конструирование заготовительных ручьев

Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы
<p data-bbox="200 913 225 1054"><i>Формовочные ручьи 3-I-I, a</i></p> <p data-bbox="237 913 293 1652">1. Для поковок, симметричных в плане при штамповке из заготовки на одну поковку</p> 	<p data-bbox="200 776 225 1054"><i>Формовочные ручьи 3-I-I, a</i></p> <p data-bbox="237 176 428 896">Построение профиля ручья заключается в построении такой фигуры, которая впишется в контур поковки в плане для расчетной заготовки с головкой ($d_3 > d_{гр}$). В местах набора металла зазор между контурами поковки и формовочного ручья равен 1...2 мм. В местах, из которых металл частично вытесняется, т.е. где согласно эспюре диаметров $d_3 < d_{гр}$, должен быть предусмотрен зазор 3...5 мм (п. 1; $A_{гр}$ — толщина исходной заготовки).</p> <p data-bbox="434 176 521 896">Горизонтальные участки по расчетной заготовке в формовочном ручье выполняются по наклонным плоскостям с углом наклона 2...5° от линии раздела в направлении к местам набора металла (п. 1)</p>

Продолжение табл. 14

Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы
2. Для поковок, несимметричных в плане при штамповке из заготовки одной поковки	<p>В несимметричном формовочном ручье (п. 2) должно быть обеспечено легкое удаление из ручья отформованной заготовки. Переходы по контуру плавные, допускается перекрытие контуром формовочного ручья контура поковки в тех местах, где это требуется для плавности переходов и в целях легкого удаления заготовки из ручья (см. участок K в п. 2).</p> <p>В местах перехода от меньших сечений к большим надо делать желоб — поперечное углубление для получения более плавной формовки металла без образования засечек.</p> <p>Ширина формовочного ручья открытого типа</p> $B = \frac{S_{\text{зг}}}{h_{\text{мин}}} + (10...20) \text{ мм.}$ <p>Принимаемое значение $h_{\text{мин}}$ должно удовлетворять неравенству</p> $\frac{S_{\text{зг}}}{h_{\text{мин}}^2} < (2,5...3)$

3. Для многошпунтовой штамповки



При многошпунтовой штамповке (п. 3) расстояния между отдельными частями формовочного ручья, каждая из которых соответствует контуру одной поковки, выполняются равными расстояниям между отдельными фигурами поковки, причем, если расстояние $c < 8...12$ мм, то делают плавный переход от одной фигуры к другой, как показано на эскизе а п. 3.

При $c > 12$ мм между отдельными фигурами делают перемычку (эскиз 3, б).

При штамповке с отделением поковки от прутка на ноже в конце профиля формовочного ручья делают специальную канавку (п. 3), которая служит для размещения уса (заусенца), получающегося на конце прутка при отрубке поковки на ноже

Тип ручья или элемент ручья; область применения

Способ построения и основные формулы

Подкатной открытый ручей 3-1-1, б

4. Подкаткой открытый ручей для набора металла и фиксации требуемых расстояний между наборами

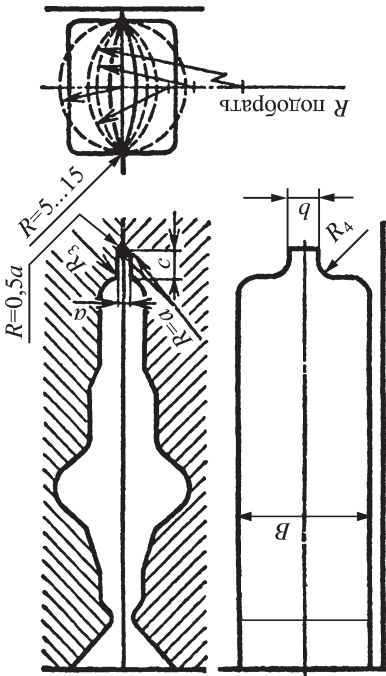
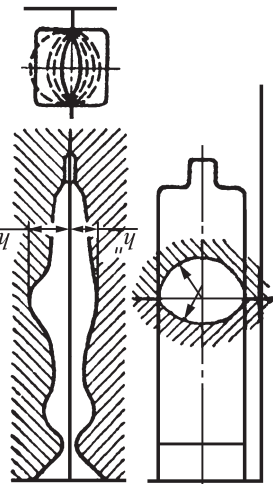
The diagram illustrates the geometry of a sub-cathode open groove. The cross-section (top) shows a central channel with a width B and a depth h . The channel is defined by two curved surfaces with radii $R_1 = (1,5 \dots 3)K_1 + 5$ and $R_2 = 5 \dots 10$. The channel is flanked by two sets of rounded shoulders with radii R_3 and R_4 . The distance between the centers of the shoulders is l . The distance between the

См. эскиз на стр. 105	Вид заготовки	Расчетная формула
	Подкатка предварительно протянутой заготовки	$S = \frac{S_{зг}}{h_k} + 10\text{мм}, \quad (53)$ <p>но в пределах $B^* = (d_{\text{мин}} + 10) \dots 1,5D_{зг}$ (или $1,7 A_{зг}$) и не менее $S = \frac{S_{\text{ср}}}{h_{\text{мин}}} + 10\text{ мм}$</p>
	* Ширина ручья не должна быть менее или более двух указанных предельных значений.	

Горизонтальные участки контура стержня расчетной заготовки заменяют наклонными с углом наклона к горизонтальной оси 2...5°, причем уклоны делают в обе стороны от линии раздела в направлении к головке при сложной расчетной заготовке или в одну сторону в направлении к набору для элементарной расчетной заготовки. Переходы и закругления профиля ручья выполняют возможно более плавными; радиусы закругления не менее указанных на чертеже ручья.

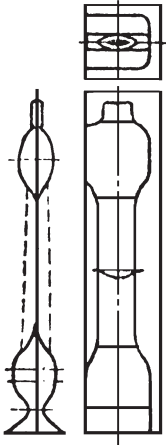
Расстояние l_1 определяют графически из условия плавного сопряжения.

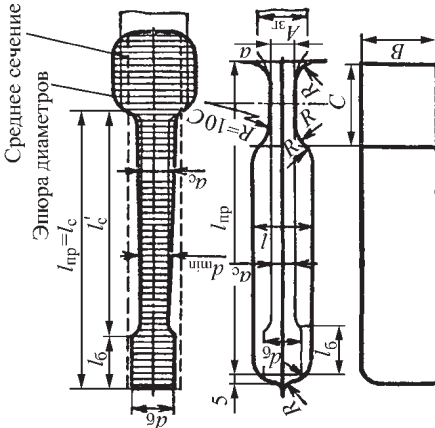
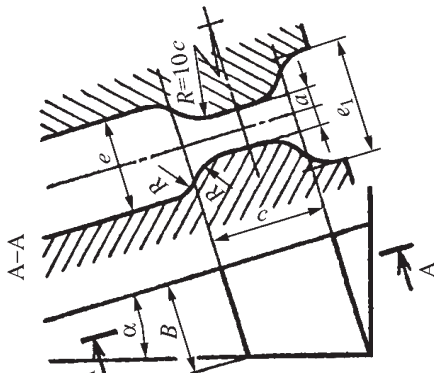
Условные обозначения: $D_{зг}$ — диаметр заготовки; $d_{\text{б max}}$ — наибольший диаметр расчетной заготовки; $h_{\text{мин}}$ — наименьший раcтвор ручья; h_k — раcтвор ручья в местах перехода стержня в головку, т.е. на линии d_k расчетной заготовки; $S_{\text{ср}}$ — средняя площадь сечения стержня расчетной заготовки; $S_{зг}$ — площадь поперечного сечения исходной заготовки.

Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы									
Подкатной закрытый ручей 3-I-I, в										
5. Подкатной закрытый ручей для значительного набора металла и фиксации требуемых расстояний между наборами	Размеры профиля по высоте h определяют по формуле (51) (п. 4). Значения μ :									
	Сечение	$D_{зг}$, мм								
		До 30	30...60	Св. 60						
		Стержня: $d_{\min}(h_{\min})$ $d_{\text{жк}}(h_k)$	0,85 0,9	0,8 0,85	0,75 0,80					
		Набора: $d_{\max}(h_{\max})$	1,1	1,05	1,0					
Обозначения размеров см. чертеж п. 4										
	Размеры, мм, концевой канавки									
	Условия применения концевой канавки	$D_{зг}$	a	b	c	R_3	R_4			
	При подкатке мерной заготовки (укладка до упора) на одну или две поковки при штамповке с поворотом	До 30	4	25	25	5	8			
		30...60	5...6	30	30	5	10			
		60...100	7...8	35	40	10	15			
	При подкатке от прутка с отрубкой ножом	До 30	5...6	25	25	5	8			
		Св. 30	7...8	30	30	5	12			

<p>7. Подкатной закрытый переменной ширины ручей для подкатки после протяжки при значении расчетного отношения $\frac{B_k}{B_c} > 1,5$, где B_k и B_c — ширина различных участков ручья</p>	<p>Определение ширины ручья</p>	
<p>Исходная</p>	<p>Заготовка для подкатки</p>	<p>Расчетная формула</p> $B = 1,15 \frac{S_{зг}}{h_{\min}}, \quad (54)$ <p>но в пределах $B = 1,1d_{з\max} \dots 1,7D_{зг}$ (или $1,9A_{зг}$)</p>
	<p>Предварительно протянутая</p>	$B = B_k = 1,15 \frac{S_{зг}}{h_k},$ <p>но в пределах $B^* = 1,1d_{з\max} \dots 1,7D_{зг}$ (или $1,9A_{зг}$) и не менее</p> $B = B_c = \frac{1,25S_c}{h_{\min}} \quad (55)$
<p>* Ширина не должна быть менее или более двух указанных предельных значений.</p>		

8. Подкатной ручей смешанного типа для получения набора почти цилиндрической формы и гладкого стержня с овальными или круглыми поперечными сечениями

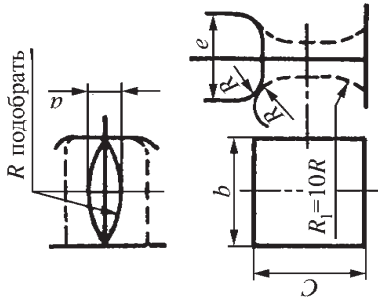


Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы														
9. Открытый протяжной ручей, расположенный параллельно оси штампа. Применяют в том случае, когда совокупность других ручьев позволяет осуществить такое расположение	<p>Размеры протяжного ручья зависят от размеров заготовок: расчетной и исходной, причем $S_{зг}$ — площадь сечения исходной заготовки; $A_{зг}$ — толщина исходной квадратной заготовки или приведенный размер толщины заготовки круглого сечения;</p> $A_{згпр} = \sqrt{S_{зг}}; a_c = \sqrt[3]{\frac{V_c}{l_c}};$ <p>где S_c — средняя площадь сечения стержня расчетной заготовки; $l_c = l_{пр}$ — общая длина протягиваемой части; $d_{мин}$ — минимальный диаметр расчетной заготовки</p> 														
10. Протяжной ручей открытый, расположенный под углом к оси штампа, что обусловливается требованиями удобства расположения всех необходимых ручьев штампа	<p>Раствор а протяжного ручья</p> <table><tr><th rowspan="2">Протяжка</th><th colspan="2">Протягиваемая длина, мм</th></tr><tr><th>До 200</th><th>200...500</th></tr><tr><td>Без подкатки</td><td>0,8d_{мин}</td><td>0,75d_{мин}</td></tr><tr><td>С подкаткой</td><td>0,9a_c</td><td>0,85a_c</td></tr><tr><td>Угол поворота</td><td colspan="2">α = 15...30°</td></tr></table> 	Протяжка	Протягиваемая длина, мм		До 200	200...500	Без подкатки	0,8d _{мин}	0,75d _{мин}	С подкаткой	0,9a _c	0,85a _c	Угол поворота	α = 15...30°	
Протяжка	Протягиваемая длина, мм														
	До 200	200...500													
Без подкатки	0,8d _{мин}	0,75d _{мин}													
С подкаткой	0,9a _c	0,85a _c													
Угол поворота	α = 15...30°														

Длина протяжного порога <i>C</i>			
Исходная длина <i>l</i> _{исх} заготовки под протяжку	(1,2...1,5) <i>A</i> _{зг}	(1,5...3) <i>A</i> _{зг}	Св. <i>A</i> _{зг}
Порог <i>C</i> , мм	1,1 <i>A</i> _{зг}	1,3 <i>A</i> _{зг}	1,5 <i>A</i> _{зг}
Глубина ручья <i>e</i> = 2 <i>a</i> . При отсутствии головки или выступа на конце протягиваемого стержня <i>e</i> = 1,2 <i>d</i> _с , но не менее 2 <i>a</i> ; при наличии головки или выступа толщиной <i>d</i> _с <i>e</i> ₁ = <i>A</i> _{зг} + 10 мм (эскиз 10). Радиусы <i>R</i> = 0,25 <i>C</i> ; <i>R</i> ₁ = 2,5 <i>C</i> . Ширина ручья <i>B</i> = φ <i>A</i> _{зг} + (10...20) мм, где φ зависит от толщины исходной заготовки: Толщина исходной заготовки <i>A</i> _{зг} , мм.			
Значения φ	1,5	1,3	1,2
Площадь для протяжки располагают на одном из передних углов штампа или на свободной площадке между ручьями. При этом $B \geq 1,4A_{зг} + 10 \text{ мм}; L_1 = l_{пр} + 10 \text{ мм}$			
Радиус закругления <i>r</i> определяют по следующей таблице:			
Толщина заготовки <i>A</i> _{зг} , мм	Радиус закруглений <i>r</i> , мм		
До 30	10		
30...60	15		
60...100	20		
Св. 100	25		

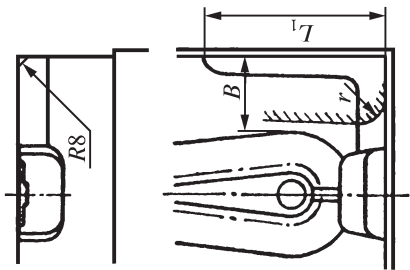
1.1. Протяжной ручей закрытого типа; применяют, когда отношение протягиваемой длины к средней толщине протягиваемого стержня

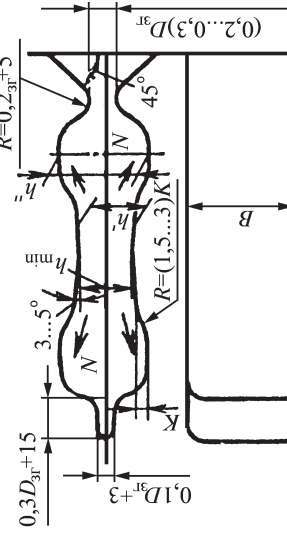
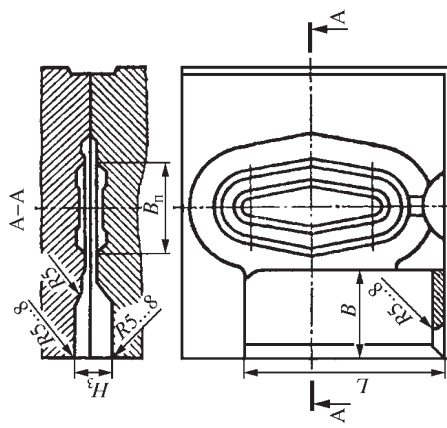
$$\frac{l_{пр}}{a_c} > 15$$



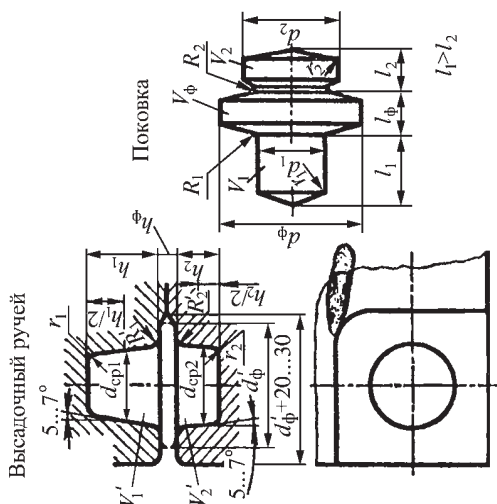
1.2. Площадь для протяжки. Применяют для грубой ступенчатой протяжки заготовки или для протяжки клещевого конца

$$l_{исх} < 1,2 A_{зг}$$



Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы						
Пережимной ручей 3-1-2, а							
Размеры профиля по высоте h определяют по формуле (51). Значения μ определяют по таблице							
	<table><tr><th>Сечение</th><th colspan="2">D_{зг}, мм</th></tr><tr><td></td><td>До 30</td><td>30...60</td></tr></table>	Сечение	D _{зг} , мм			До 30	30...60
Сечение	D _{зг} , мм						
	До 30	30...60					
Стержня: d ₃ < d _{ср}	0,7	0,65	0,6				
Набора: d ₃ > d _{ср}	1,1	1,05	1,0				
Горизонтальные участки контура расчетной заготовки меняют наклонными, и все переходы плавно закругляют (см. эскиз). Ширина ручья B = S _{зг} / h _{мин} + (10...20) мм, где S _{зг} — площадь поперечного сечения исходной заготовки							
Площадка для расплющивания 3-1-2, б							
	Размеры определяют по чертежу и в соответствии с размерами расплющенной заготовки — ширины B ₃ , длины L ₃ и высоты H ₃ ; B ₃ = B _п + (3...5) мм, L ₃ = L _п + (5...10) мм, где B _п и L _п — максимальная ширина и длина поковки, мм; H ₃ = V _{зг} / B ₃ L ₃ , где V _{зг} определяют при штамповке без клещевины. Длина площадки L = L ₃ + (40...50) мм. Ширина площадки B = B ₃ + 15 мм. Размер от оси штамповочного ручья до края площадки e = 0,5B _п + B ₃ + (40...50) мм. Иногда углубления H ₃ / 2 на плоскости разъема не предусматривают. В этом случае выполняют плавный переход от магазина облойной канавки к поверхности разъема						
	14. Площадку для расплющивания применяют для обработки исходной, а иногда предварительно подкатанной или протянутой заготовки, для предотвращения вращения возможных зажимов						

Высадочный ручей для удлиненных в плане поковок 3-1-3, а



15. Высадочный ручей для удлиненных в плане поковок применяют для увеличения одного из сечений заготовки (набора металла) за счет уменьшения ее длины для последующей штамповки плашмя.

Размеры определяют из равенства объемов: $V_{\text{д.р.}}$ полости высадочно-го ручья и $V_{\text{зг}}$ заготовки с учетом, что штамповка проводится без клешевины;

$$V_{\text{B.D.}} = V_{3\Gamma}.$$

Объемы полостей V'_1 , V'_2 и фланца высаженной заготовки V'_Φ должны быть равны объемам соответствующих частей поковки V_1 , V_2 и V_Φ с учетом облоя и угара:

$$V'_l = V_l + V_{\text{ol}} + V_{\text{vt}1}; V'_\phi = V_\phi + V_{\text{ol}} + V_{\text{vt}1}; V'_{\text{vt}\phi} = V_{\text{vt}\phi} + V_{\text{ol}} + V_{\text{vt}1};$$

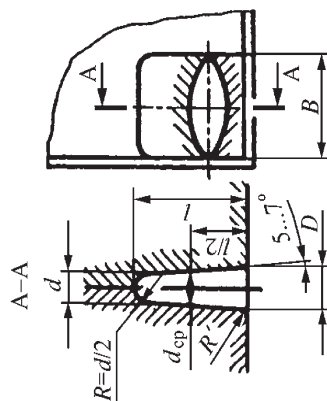
$$V_1' = \frac{\pi d_{\text{cpl}}^2}{4} h_1; \quad V_2' = \frac{\pi d_{\text{cp2}}^2}{4} h_2; \quad V_\Phi' = \frac{\pi (d_\Phi')^2}{4} h_\Phi;$$

$$h_{1,2} = l_{1,2} - (5..15) \text{ mm}; h_{\Phi} = l_{\Phi} - (2..3) \text{ mm}; d_{\text{cpl}} = \sqrt{\frac{4V'_1}{\pi h_1}}$$

$$d_{\text{cp}2} = \sqrt{\frac{4V'_2}{\pi h_2}}; d'_\Phi = \sqrt{\frac{4V'_\Phi}{\pi h_\Phi}}; r'_{1,2} = r_{1,2} - (2 \dots 4) \text{ mm};$$

$$R'_{1,2} = R_{1,2} - (5..10) \text{ mm}$$

Специальный протяжной ручей 3-I-3, б



Размеры (мм) определяют в соответствии с объемом V_1 полости высадочного ручья (см. п. 15) и, следовательно, по размерам поковки:

$$l = h_1 + 5_{\text{MM}} = l_1 - (0..10)_{\text{MM}};$$

$d_{\text{cp}} = d_{\text{cpl}} - (5..10) \text{ mm}; R' = 10..25 \text{ mm};$

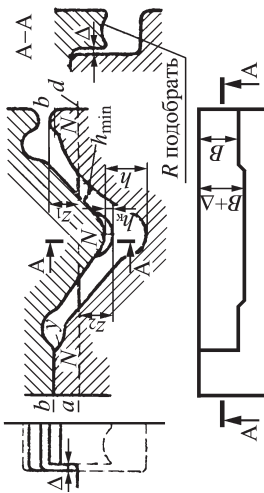
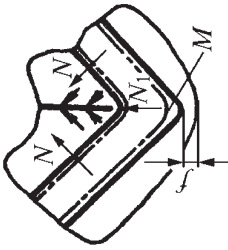
при $D_{3\Gamma} = 30 \text{ мм}$ R' принимают 10 мм ;

при $D_{3r} = 100 \text{ мм} - 25$;

$$B = (1, 25 \dots 1, 5) D_{3r} + 20 \text{mm};$$

при $D_{3г} > 80\text{мм}$ принимают 1,25;

при $D_{3\Gamma} < 40\text{ мм} - 1,5$

Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы
<p data-bbox="186 1098 210 1659">17. Гибочный ручей для гибки заготовки в соответствии с контуром поковки в плане</p> 	<p data-bbox="186 169 210 1098"><i>Гибочный ручей 3-1-4, а</i></p> <p data-bbox="222 169 358 1098">Профиль гибочного ручья строят так, чтобы он вписывался в контур поковки в плане. Зазор между контуром поковки и профилем гибочного ручья принимают 2...10 мм для обеспечения свободной укладки изогнутой заготовки в штамповочном ручье. Там, где необходимо заполнить сравнительно глубокой полостью гибочного ручья, ее глубину h увеличивают, обеспечивая большее перекрытие контура поковки контуром гибочного ручья</p>
<p data-bbox="567 1098 592 1659">18. Профиль гибочного ручья в местах резкого перегиба</p> 	<p data-bbox="567 169 678 1098">Большое значение имеет перекрытие контура штамповочного ручья контуром гибочного в местах переходов поковки, требующих резкой гибки. На противоположной стороне от резкого перехода M выполняют закругление возможно большим радиусом, обеспечивающим заполнение полости штампа и образование хотя бы небольшого облоя J.</p> <p data-bbox="678 169 814 1098">Расположение гибочного ручья относительно плоскости разреза должно облегчать удаление из ручья гнутой заготовки, а также обеспечивать правильное положение исходной заготовки по отношению к выступам верхнего штампа (заготовка должна быть расположена примерно горизонтально) с тем, чтобы получить равномерную гибку без перетяжки заготовки в одну сторону и без складок.</p> <p data-bbox="814 169 949 1098">Необходимо выбрать такое расположение гибочного ручья относительно поверхности разреза, при котором выступающие над поверхностью разреза части ручья примерно равнопрочны как в верхнем, так и в нижнем штампах (см. выступы N на эскизе 17), и размеры выступающих над плоскостью разреза частей примерно одинаковы в верхнем и нижнем штампах ($z_1 = z_2$).</p>
<p data-bbox="863 1098 888 1659">Поковки без зажимов в месте резкого изгиба получают при перекрытии контура поковки контуром гибочного ручья</p>	<p data-bbox="949 169 999 1098">Для укладки заготовки предусматривают минимум две точки опоры в нижней части гибочного ручья (см. эскизы 17, 19, 20).</p> <p data-bbox="999 169 1110 1098">Для центрирования заготовки на опорах нижнего штампа предусматривают желоб (дугообразную поперечную впадину), особенно когда не исключена возможность сбивания заготовки в сторону при ее гибке (см. эскиз 20). С этой целью рекомендуется делать желоб на выступах верхнего штампа, особенно когда эти выступы имеют резкие очертания (см. эскиз 17)</p>

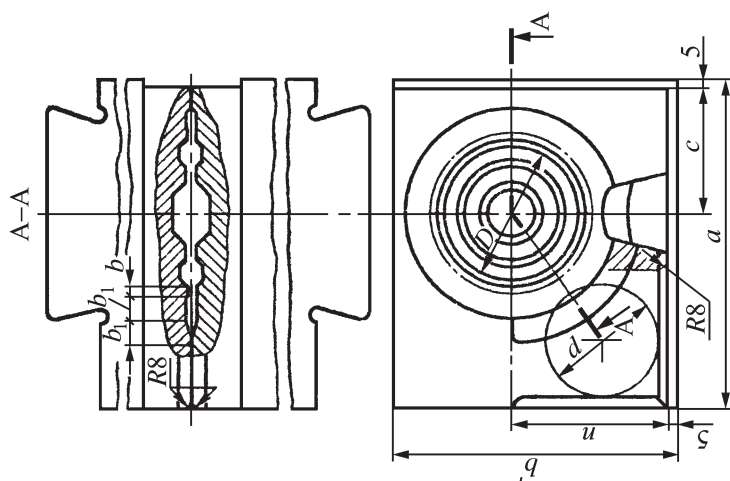
<p>19. Упор v на нижнем выступе гибочного ручья и выемка u в верхней части гибочного ручья предотвращают защемление заднего конца заготовки</p>	<div data-bbox="588 1231 720 1517"> </div> <p>Глубину желоба определяют из соотношения</p> $h_k = (0.1 \dots 0.2) h,$ <p>где h — растор соответствующего места ручья.</p> <p>Точную укладку заготовки в гибочный ручей осуществляют по переднему или заднему упорам. В качестве переднего упора (фиксатора) используют впадину на заготовке, получаемую при обработке ее в пережимном или подкатном ручьях. Передний выступ гибочного ручья в этом случае предусматривают в нижнем штампе по форме впадины; заготовку фиксируют, укладывая ее впадиной на выступ.</p> <p>При гибке гладкой или протянутой заготовки применяют задний упор — выступ v в крайней части гибочного ручья нижнего штампа. Чтобы избежать защемления конца заготовки, в верхнем штампе ручей должен быть длиннее (u на эскизе 19), чем в нижнем штампе, особенно, если на конце заготовки имеется утолщение (выступ или бобышка). При наличии в нижнем штампе высоких выступов или коленчатой формы профиля гибочного ручья (см. эскиз 20) передний или задний упоры не применяют, а заготовку укладывают с ориентировкой по выступам гибочного ручья.</p> <p>Определение ширины гибочного ручья:</p> <p>при гибке исходной заготовки, не подвергавшейся предварительной обработке в заготовительных ручьях:</p> $B = S_{гр} / h_{\min} + (10 \dots 20) \text{ мм};$ <p>при гибке заготовки, подвергавшейся предварительной обработке (протяжке, подкатке) в других заготовительных ручьях:</p> $B = \frac{f_3}{h_{\min}} + (10 \dots 20),$
---	--

Продолжение табл. 14

Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы														
20. Гибочный ручей для гибки заготовки, значительной ее вытяжки и формовки	<p>но не менее чем</p> $B = \frac{f_3 \max}{h_c} + (10 \dots 20) \text{ мм},$ <p>где $f_3 \max$ — площадь сечения максимального утолщения на заготовке, если исходная заготовка подвергалась до гибки обработке (протяжке, подкатке и пр.) в других заготовительных ручьях; f_3 — площадь сечения заготовки, предварительно обработанной в заготовительных ручьях, в месте, соответствующем наименьшей высоте гибочного ручья h_{\min}; h_c — высота гибочного ручья в месте, соответствующем $f_3 \max$.</p> <p>Зазор Δ между выступами N гибочного ручья и боковыми стенками штампа (см. эскиз 17) выбирают по таблице:</p> <table><thead><tr><th>Масса падающих частей молота, т</th><th>Зазор Δ, мм</th></tr></thead><tbody><tr><td>0,5...0,75</td><td>4</td></tr><tr><td>1...1,5</td><td>5</td></tr><tr><td>2...2,5</td><td>6</td></tr><tr><td>3...4</td><td>7</td></tr><tr><td>5...8</td><td>8</td></tr><tr><td>10...15</td><td>10</td></tr></tbody></table> <p>Необходимо выдерживать ширину B ручья на всех выступающих относительно плоскости разреза частей гибочного ручья, а места против выступов следует выполнить по ширине на Δ мм больше.</p> <p>Размеры клещевой выемки такие же, как и для формовочного ручья (эскиз 1)</p>	Масса падающих частей молота, т	Зазор Δ , мм	0,5...0,75	4	1...1,5	5	2...2,5	6	3...4	7	5...8	8	10...15	10
Масса падающих частей молота, т	Зазор Δ , мм														
0,5...0,75	4														
1...1,5	5														
2...2,5	6														
3...4	7														
5...8	8														
10...15	10														

Площадка для осадки 3-II-2, а

21. Площадка для осадки в штампе без замка



Условные обозначения: D — диаметр поковки по линии разреза; $b + b_1$ — общая ширина облойной канавки

Площадка для осадки должна быть достаточной для размещения на ней после осадки заготовки диаметром d . Для получения штампа минимальных размеров используют часть его площади в зоне облойной канавки, предусматривая плавный переход от канавки на плоскость штампа.

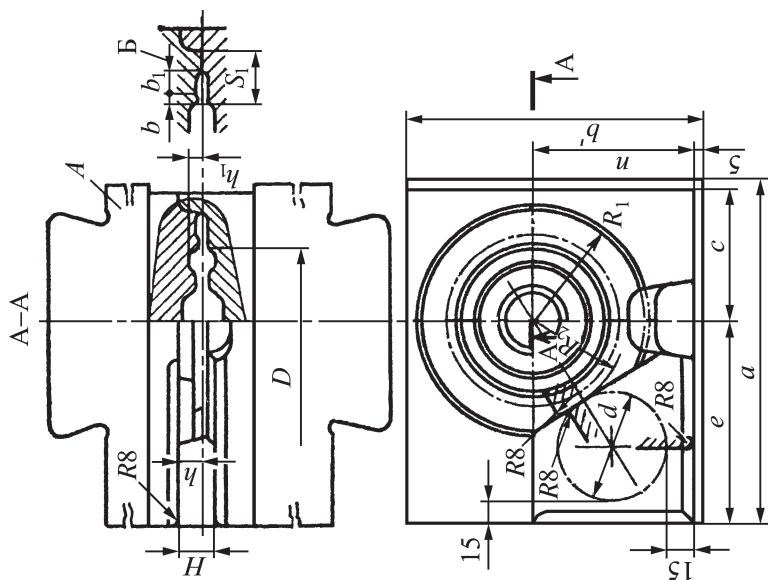
Ширину a , длину b' , расстояния i и c от осевых линий до граней контрольного угла штампа без замка определяют графически.

Если найденное этим способом расстояние $e = a - (c + 5)$ от оси хвостовика до левой боковой стороны штампа получается настолько большим, что штамп не размещается на данном молоте, т.е. когда размер e больше расстояния от оси бабы до левой направляющей молота (с учетом необходимого зазора), то увеличивают размер штампа в направлении спереди назад

Продолжение табл. 14

Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы
22. Графическое определение размеров площадки для осадки и штампа без замка	<p>Определив a и b' (или a_1 при втором варианте), подбирают по нормали ближайшие большие значения размеров штампового кубика.</p> <p>Последовательность определений размеров штампа с замком и площадкой для осадки (см. эскиз 23):</p> <p>1. Определяют допускаемую толщину стенки s_1 в соответствии с указаниями раздела «Конструирование штампа»:</p> <p>при $(b + b_1 + 10) > s_1$ применяют конструкцию с подрезанным выступом замка (вариант А);</p> <p>при $(b + b_1 + 10) < s_1$ используют конструкцию с нормальным замковым выступом верхнего штампа (вариант В).</p> <p>В обоих случаях часть замка нижнего штампа срезают в пределах 1/4 для размещения площадки для осадки.</p> <p>2. Радиус контура замка:</p> <p>в случае А:</p> $R_1 = \frac{D}{2} + (b + b_1 + 10\text{мм}); \quad (56)$ <p>в случае В:</p> $R_1 = \frac{D}{2} + S_1. \quad (57)$ <p>3. Расстояние от оси хвостовика до боковой грани контрольного угла</p> $c = R_1 + H, \quad (58)$ <p>где H — высота замкового выступа</p>

23. Площадка для осадки в штампе с замком



В верхнем штампе замок срезан

4. Размеры e и n определяют графически:

для конструкции варианта A из центра штампа проводят окружность радиусом

$$R_2 = \frac{D}{2} + s_1$$

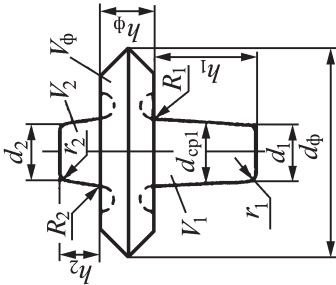
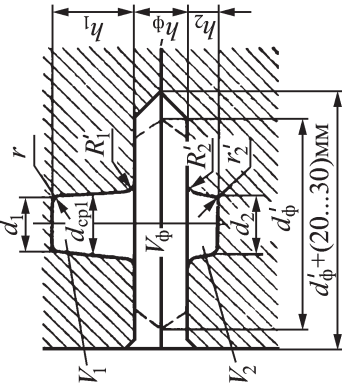
и касательную к ней от точки пересечения окружности радиуса R_1 с осевой линией штампа. Определив таким образом линию среза замкового выступа верхнего штампа и линию начала углубления $(H-h)$ нижнего штампа, проводят из центра штампа перпендикуляр к направлению этой линии среза; радиусом $\frac{d}{2}$ проводят окружность, центр которой расположен на указанном перпендикуляре; окружность касается линии среза; так как эта окружность будет представлять собой контур осаженой заготовки, то на расстоянии 15 мм от ее крайних точек проводят две взаимно-перпендикулярные линии, которыми определяют размеры e и n ; размер n должен удовлетворять условию $n > (R_1 + H)$;

для конструкции варианта B построение проводят аналогично варианту A с той лишь разницей, что окружность радиусом $d/2$ проводят касательно к окружности радиуса $R_1 = d/2 + s_1$ из центра, лежащего на прямой, проходящей под углом 45° к оси штампа.

5. Габаритные размеры штампа в плане:

$$\left. \begin{aligned} a &= e + c + 5; \\ b' &= n + c + 5 \end{aligned} \right\} \quad (59)$$

Определив длину и ширину штампа, выбирают по нормали ближайшие размеры

Тип ручья или элемент ручья; область применения	Способ построения и основные формулы
24. Высадочный ручей для круглых и квадратных в плане поков; применяют для высадки фланца при последующей штамповке осадкой в торце	<p>Размеры полостей с объемами V_1 и V_2 высадочного ручья принимают равными размерам участков с объемами V_1 и V_2 поковки за исключением радиусов r'_1, r'_2, R'_1 и R'_2, которые рассчитывают по формулам:</p> $r'_{1,2} = r_{1,2} + (4...6) \text{ мм};$ $R'_{1,2} = 1,2 R_{1,2} + 3 \text{ мм}.$ <p>Объем фланца заготовки</p> $V'_\phi = V_\phi + V_o + V_{\text{уг}},$ <p>где V_o — объем облоя и $V_{\text{уг}}$ — объем угара;</p> $d'_\phi = d_\phi - (3...4) \text{ мм},$ $h'_\phi = \frac{4V'_\phi}{\pi d_\phi^2}$ 
25. См. п. 16	<p>Размеры определяют в соответствии с полостью V_1 высадочного ручья (см. п. 24) или по размерам поковки:</p> $l = h_\phi + 5 \text{ мм}; d_{\text{ср}} = d_{\text{ср}1} - (5...10) \text{ мм}.$ <p>Размеры R' и B определяют по формулам п. 16</p> 

При размещении ножа на переднем углу штампа предусматривают возможность размещения в ручье поковки с облоем. При расположении ножа на одном из задних углов штампа учитывают возможность свободного размещения в ручье исходной заготовки.

Размеры и условия применения отрубных ручьев приведены в табл. 15.

Для получения при отрубке минимального «уса» форму сечения ножа можно принять такой, как показано на рис. 36.

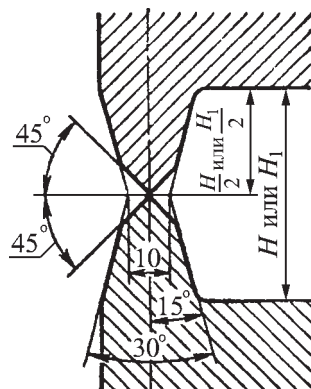


Рис. 36. Поперечное сечение отрубного ручья

15. Конструирование отрубных ручьев

Ручей	Условия применения	Расчетные формулы
<p>Задний</p>	<p>При двух заготовительных ручьях и $H > 150$ мм</p>	$B = D_{зг} + (20 \dots 25) \text{ мм};$ $H = D_{зг} + 20 \text{ мм}$
<p>Передний</p>	<p>При одном заготовительном ручье и $H_1 < 150$ мм</p>	$B_1 = f + (25 \dots 30) \text{ мм};$ $H_1 = 2b_2 + 20 \text{ мм};$ $b_1 = b_3 + b + b_1,$ <p>где b и b_1 — по табл. 7</p>

Условные обозначения: $D_{зг}$ — диаметр (или сторона квадрата) исходной заготовки; B и B_1 — ширина соответственно заднего и переднего ножей; H и H_1 — высота соответственно заднего и переднего ножей; b_3 и f — размеры штампованной поковки; α — угол рас положения ножа, равный 15; 18 или 20° в зависимости от формы и размеров поковки.

10. КОНСТРУИРОВАНИЕ МОЛОТОВОГО ШТАМПА

Уравновешивание сдвигающих сил и направляющие молотовых штампов. При штамповке поковок с изогнутой осью или такой формы, при которой давление распределяется неравномерно, возникают горизонтальные силы, смещающие части штампа относительно друг друга (рис. 37).

Сдвигающие силы компенсируют тремя способами:

- 1 — штамповкой сдвоенной поковки;
- 2 — соответствующим выбором поверхности разреза (поворотом поковки);
- 3 — устройством в штампе специальных направляющих (замков).

Штамповку сдвоенной поковки (рис. 38) применяют для мелких поковок, для кот орых не требуется молот со слишком большой массой падающих частей.

Поворот поковки (рис. 39) проводят на угол δ , при этом крайние точки *A* и *B* фигуры расположатся в одной горизонтальной плоскости, сдвигающие силы уравниваются, а равнодействующая сил будет направлена вертикально. При повороте поковки в отдельных ее местах необходимо увеличить штамповочный уклон δ , например угол

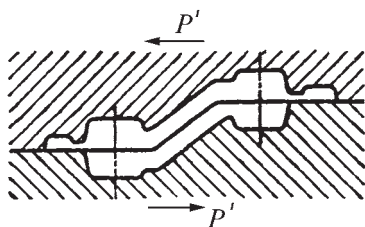


Рис. 37. Сдвигающие силы P' при штамповке поковок с изогнутой осью

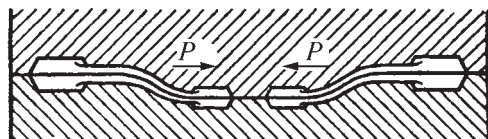


Рис. 38. Штамповка сдвоенной поковки

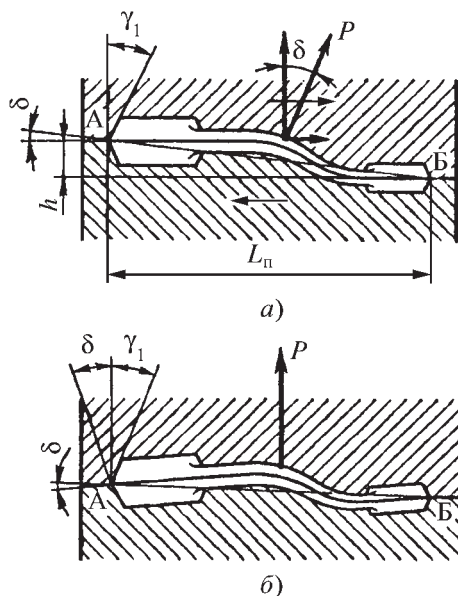


Рис. 39. Поворот поковки относительно поверхности разреза:

- a* — расположение поковки до поворота;
б — расположение поковки после поворота

γ_1 , что необходимо для нормального заполнения полости и выемки поковки. Поворот поковки не рекомендуется применять при $\delta > 7^\circ$. Если для уравновешивания поковки недостаточно поворота на 7° , то применяют замки, оставляя поковку неразвернутой или поворачивая ее на угол $\delta \leq 7^\circ$.

Направляющие (замки) используют для предотвращения сдвига частей штампа и уравновешивания сдвигающих сил, поэтому они должны обладать достаточной прочностью.

В зависимости от формы в плане направляющие подразделяют на следующие типы.

Упорный зуб (рис. 40) применяют для предохранения от сдвига в одном направлении. Упорный зуб располагают в задней части штампа.

Высота замка h зависит от формы поковки, ширина зуба $b \geq 1,5h$.

Рабочие поверхности замка имеют уклон β . Значение β определяют из ус-

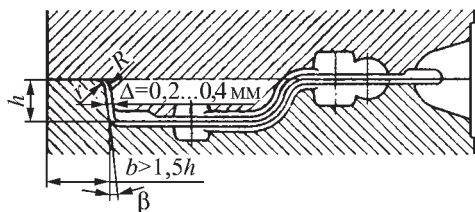


Рис. 40. Упорный зуб

ловия: зазор $h \tan \beta$, создаваемый этим углом, должен быть больше полного максимально возможного смещения частей штампа при первых ударах в начале штамповки, пока зуб не вступит в действие. Зазор практически не превышает 2 мм, поэтому $\beta = 1 \dots 7^\circ$. При $h > 100$ мм $\beta = 1^\circ$; при $h = 20$ мм $\beta = 7^\circ$. Зазор $\Delta = 0,2 \dots 0,4$ мм. Радиусы закруглений замка: внутренние $r = 5 \dots 6$ мм; наружные $R = 8 \dots 10$ мм. Замок с $h < 15$ мм не применяют. В этом случае поворачивают поковку в пространстве на угол δ . Если высота замка $h > 100$ мм, используют замок с одновременным поворотом заготовки на угол $\delta = 7^\circ$. Высота зуба при повороте уменьшается. При применении зуба следует размещать центр ручья не в точке, являющейся центром штампа (точка пересечения осей хвостовика и шпонки), а в точке, смещенной на $(0,2 \dots 0,4) h$ в противоположную от замка сторону.

Кольцевые или круглые направляющие применяют при возможности сдвига в любом направлении.

Кольцевые замки применяют:

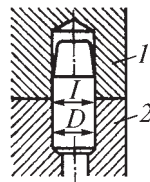
- если конфигурация поковки такова, что нецентральное расположение заготовки и одностороннее течение металла может вызвать значительное смещение верхней части штампа;

- при штамповке поковок, конструкция которых не позволяет контролировать сдвиг по внешнему виду поковки (например, конические шестерни);

- в том случае, когда к поковке предъявляют повышенные требования по сдвигу.

Рис. 41. Направляющая колонка:

части штампа: 1 — верхняя; 2 — нижняя; I — посадка с зазором (0,6...1 мм); D — посадка с натягом



Если на штампе должна быть площадка для осадки, то в круглом замке предусматривают вырез (см. табл. 14, п. 23).

Кроме указанных используют также крестовые, боковые и угловые направляющие. Форма и размеры поперечного сечения направляющих всех видов такие же, как и для упорного зуба.

Направление частей штампа можно осуществлять с помощью колонок, которые запрессовывают в специальные отверстия нижнего штампа. В верхнем штампе предусматриваются отверстия для входа (направления) колонок (рис. 41). Применяют, как правило, две колонки, устанавливая их вблизи задней стенки штампа.

Расположение ручьев в молотовом штампе. Ручьи на поверхности разреза штампов координируют относительно центра штампа. Штамповочные ручьи размещают вблизи центра штампа, а заготовительные ручьи — по его бокам. На определенном расстоянии от центра штампа располагают центры ручьев.

Центром ручья называют точку приложения равнодействующей сил сопротивления деформированию поковки и облоя.

Если поковка симметричная, то центр ручья лежит на оси симметрии. При несимметричной поковке предполагают, что давление в полости ручья распределяется равномерно, и за центр ручья можно принять центр тяжести проекции поковки и мостика облойной канавки в плане. Центр ручья иногда смещают в сторону более сложной или более тонкой части ручья.

Если в штампе один штамповочный ручей (окончательный), то центр ручья совмещают с центром штампа. Глубокие полости поковки располагают в верхней части штампа, при штамповке с клещевиной — ближе к клещевине, чтобы поковка легче вынималась из полости ручья штампа.

При многоступенчатой штамповке поковки размещают цепочкой таким образом, чтобы глубокие полости ручьев были ближе к клещевине за исключением ручья, расположенного рядом с клещевиной.

Если кроме окончательного ручья используют и предварительный, то эти ручьи располагают по обе стороны от центра штампа: центр окончательного ручья — на расстоянии, в 2 раза меньшем, чем центр предварительного ручья (рис. 42). Между полостями ручьев оставляют расстояние S_{\min} , которое рассчитывают из условий прочности. Расстояния равны: между центрами ручьев — a ; между центрами окончательного ручья и штампа — $a/3$, а между центрами предварительного ручья и штампа — $2a/3$.

При выборе расположения штамповочных ручьев уменьшают расстояние между их центрами, чтобы ручьи рас-

полагались ближе к центру штампа. Поэтому ручьи могут находиться на разных расстояниях от передней грани штампа, а выступы (в плане) одного ручья будут входить в выемки другого ручья.

Заготовительные ручьи размещают по краям штампа. При этом учитывают: расстановку оборудования на рабочем месте, расположение печи относительно молота и место закрепления сопла обдувки штампа. Первый заготовительный ручей должен находиться со стороны печи. Сопло обдувки устанавливают с противоположной стороны. Остальные ручьи располагают в такой последовательности, которая обеспечит кратчайший путь транспортирования между ручьями штампа (рис. 43). Гибочные ручьи размещают таким образом, чтобы заготовку после штамповки в этом ручье можно было передать в штамповочный ручей простым поворотом на 90° .

Правильное расположение ручьев в штампе в значительной степени зависит от конкретных условий на рабочем месте. Рекомендуемое расположение ручьев для обычных условий (печь находится слева, а обдувочный пресс и сопло обдувки справа) показано на рис. 44.

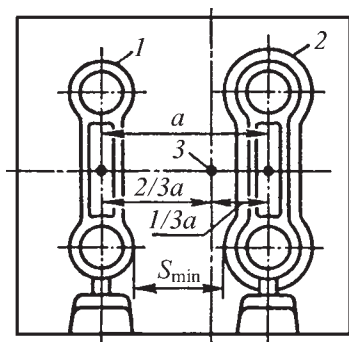


Рис. 42. Расположение штамповочных ручьев относительно центра штампа:

1 — предварительный ручей; 2 — окончательный ручей; 3 — центр штампа

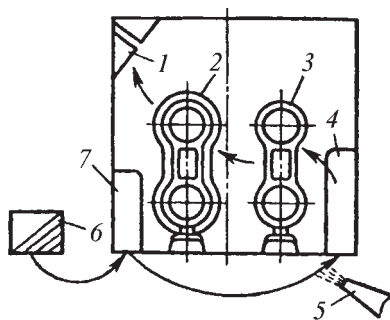


Рис. 43. Расположение заготовительных ручьев в штампе:

1 — нож; 2 — окончательный ручей; 3 — предварительный ручей; 4 — подкатной ручей; 5 — сопло для обдувки; 6 — печь; 7 — протяжной ручей

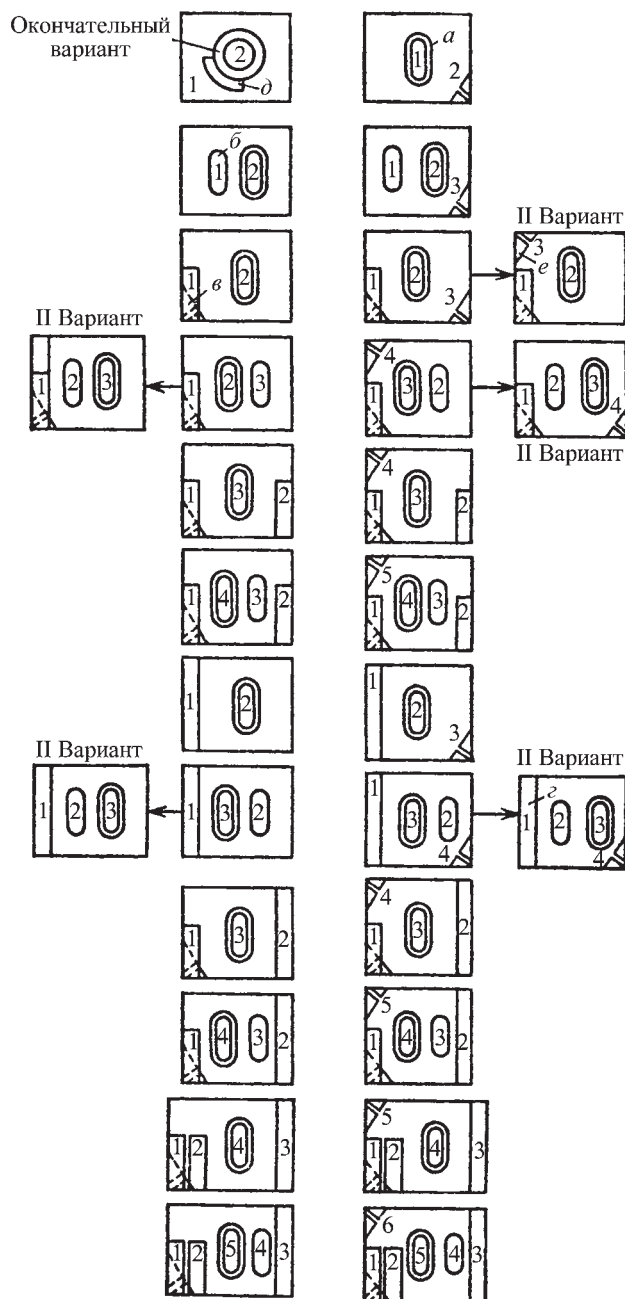


Рис. 44. Примеры расположения ручьев в штампах (по А.Н. Брюханову); последовательность использования ручьев обозначена цифрами

Условные обозначения ручьев: *а* — окончательный; *б* — предварительный; *в* — заготовительный типа А: протяжной (может быть как прямым, так и расположенным под углом), подкатной, короткий пережимной или формовочный; *г* — заготовительный типа Б: гибочный, длинный пережимной или формовочный; *д* — площадка для осадки; *е* — отрубной (нож)

Определение толщины стенок молотового штампа и выбор заготовки для штампа. Стенки между полостями ручьев и боковыми гранями штампа, а также между ручьями должны обладать достаточной прочностью. Толщина стенок зависит от глубины полости ручьев, уклона прилегающих стенок ручьев и радиуса перехода от стенки ко дну полости (рис. 45). Чем глубже полости и меньше уклон и радиус, тем толще должна быть стенка. На толщину стенки влияет также и форма полости ручья в плане. Расстояние между ручьями определяют с помощью вспомогательной величины T , которая зависит от тех же факторов, что и толщина стенки. Значения T , полученные эмпирическим путем, определяют по номограмме на рис. 46.

Величина T определяет влияние параметров менее глубокой смежной полости, со стороны которой возможно разрушение стенки. Поэтому значения h , R и α принимают для смежного ручья меньшей глубины (см. рис. 45).

Толщины стенок определяют по формулам:

— между ручьем и гранью штампа $s_1 = T$;

— между двумя полостями $s = T \times \cos \alpha'_2$, где α'_2 — уклон более глубокой полости; T определена по размерам h , R' и α'_1 ручья с меньшей глубиной.

Если $R > h$ (например, подкатной ручей), то по расчету может получиться $s < 10$ мм. Тогда следует принять $s = 10$ мм.

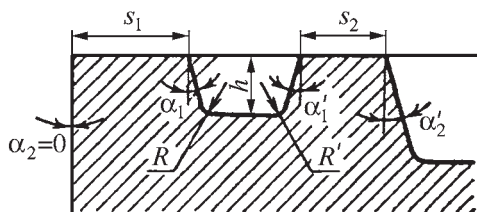


Рис. 45. Размеры, влияющие на толщину стенок

Если $R = h$, то $s = (9,3\sqrt{R} - 7) \cos \alpha'_2$.

Если у смежных ручьев $R = h$, то $s = 0,8(9,3\sqrt{R} - 7)$.

Толщину стенки между полостями при многоступенчатой штамповке определяют по формуле

$$s = 0,6T \cos \alpha'_2.$$

Расстояние от фигуры до выемки под клещевину

$$s_{кл} = 0,7T \cos \alpha_{кл},$$

где $\alpha_{кл}$ — угол наклона клещевины.

Расстояние от фигуры до выемки под заливку при штамповке осадкой в торец, когда штамповку осуществляют без клещевины, определяют по формуле

$$s = (1 \dots 1,4)T \cos \alpha'_2,$$

где α'_2 — угол наклона выемки под заливку.

Во всех случаях толщину стенки в плане определяют для сечения, в котором толщина стенки между ручьями минимальна.

Полученные значения s иногда целесообразно скорректировать. Например, если полость вблизи боковой поверхности штампа имеет большую длину, а толщина стенки s_1 по длине остается постоянной, то полученное по формуле значение необходимо увеличить, так как при большой протяженности тонкая стенка не обладает достаточной прочностью.

Заготовки для штампов. Обычно штампы изготавливают из кубиков, размеры которых в плане зависят от числа и размеров ручьев, толщин стенок между ручьями и между ручьями и поверхностями штампа.

Ручьи размещают следующим образом: вблизи центра штампа — штам-

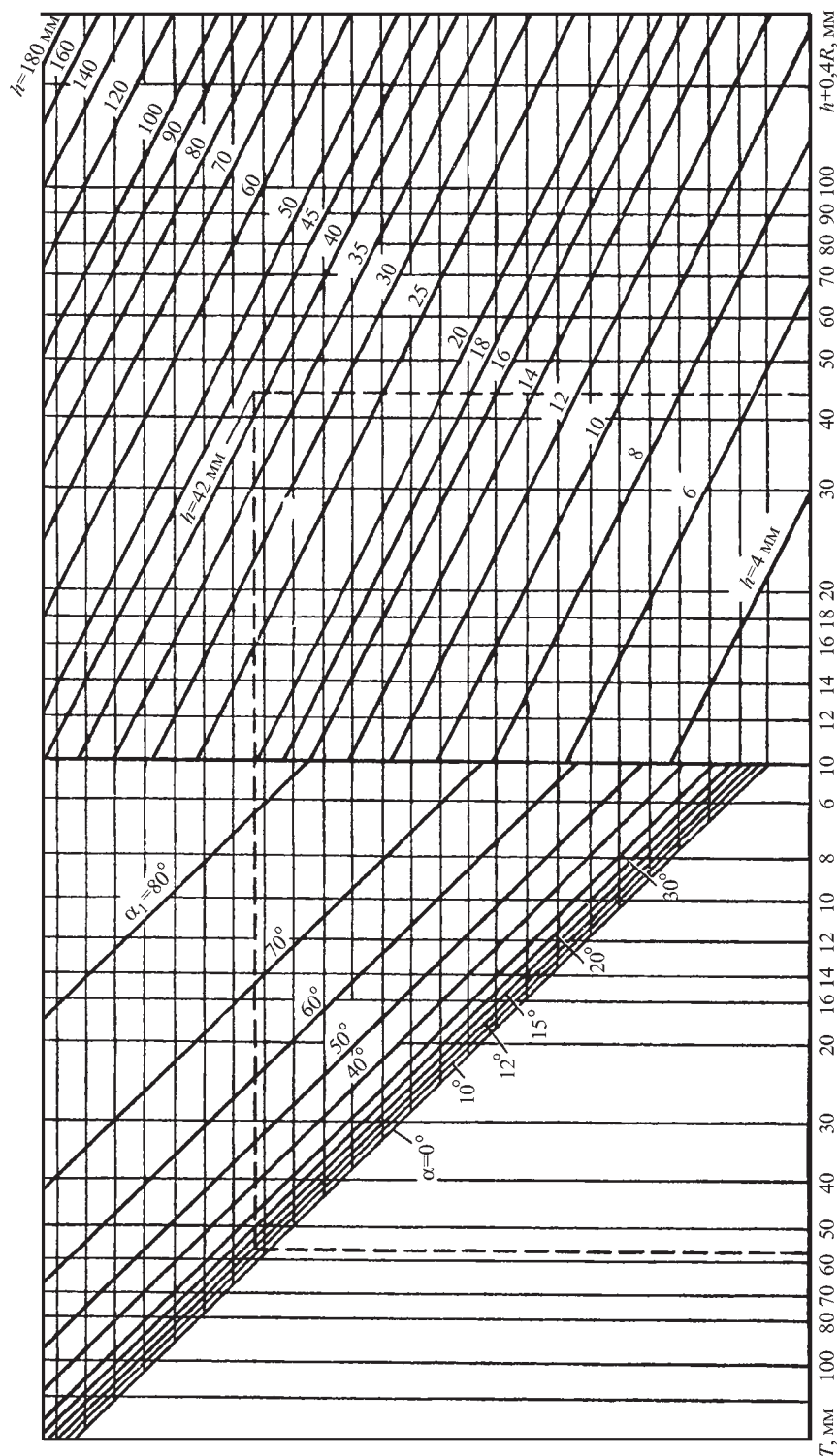


Рис. 46. Номограмма для определения T при расчете толщин стенок
Пример: $h = 42$ мм; $\alpha_1 = 7^\circ$; $R = 5$ мм; $T = 57$ мм

повочные ручки; по краям штампа — заготовительные (рис. 47, а).

С учетом толщины стенок s определяют размеры l_n и b_n кубика в плане, а затем координаты его геометрического центра (также в плане). В общем случае центр штампа не совпадает с центром штампового кубика. Расстояния между этими центрами равны: по длине — Δl_n , по ширине — Δb_n . Чем меньше значения Δl_n и Δb_n , тем лучше

уравновешена масса падающих частей молота относительно его оси.

Допустимые значения расстояний между центрами:

$$\Delta l_n \leq 0,1l_n; \Delta b_n \leq 0,1b_n.$$

Если размеры b_n и l_n кубика не удовлетворяют неравенствам, то их увеличивают в направлении от центра штампа, противоположном расположению отрезков Δb_n и Δl_n . При этом геометрический центр кубика приблизится к центру штампа.

Площадь соударения штампов (заштрихована на рис. 47, б) не должна быть меньше допустимой. Ее величина зависит от массы падающих частей молота и массы штампа. Мелкие штампы выдерживают большие удельные силы, поэтому их площадь соударения можно уменьшить. Средние штампы (масса падающих частей молота 2...4 т) закалывают до меньшей твердости, чем мелкие штампы, и относительная площадь соударения у них должна быть больше. Наибольшую относительную площадь соударения предусматривают у крупных штампов.

Для мелких штампов принимают площадь соударения не менее 150 см^2 на 1 т массы падающих частей молота, т.е.

$$F_c \geq 150G,$$

где G — масса падающих частей молота, т.

Для средних штампов

$$F_c \geq 300 \text{ см}^2 \cdot G;$$

для крупных

$$F_c \geq 450 \text{ см}^2 \cdot G.$$

Эти неравенства являются приближенными. Они верны только для штампов, изготовленных из штамповой стали обычных марок и подвергавшихся обычной термообработке.

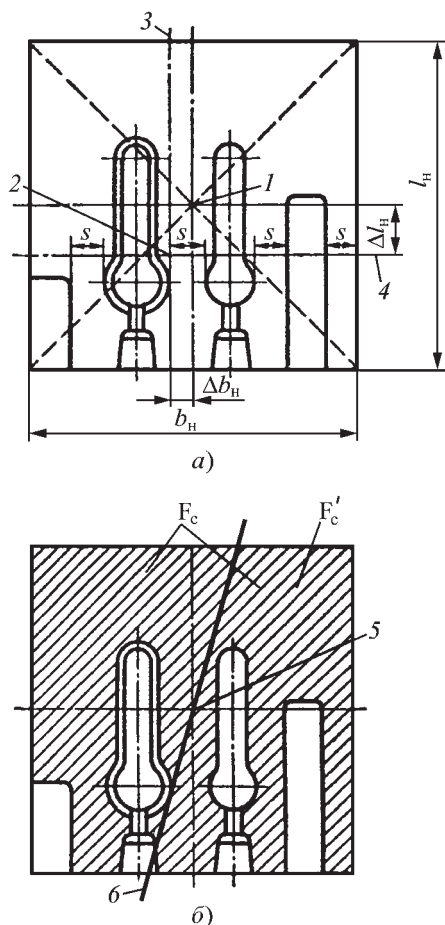


Рис. 47. Определение размеров штампа в плане:
 а — выбор необходимых размеров в плане; б — выбор наименьшей площади соударения штампов; 1 — центр штампового кубика; 2 — центр штампа; 3 — ось хвостовика; 4 — ось шпонки; 5 — центр штампа; 6 — прямая, отсекающая меньшую площадь соударения

Одно из требований к площади соударения штампов — ее равномерное распределение относительно центра штампа. Если через центр штампа провести прямую линию так, чтобы она делила площадь соударения на две неравные части, то меньшая из них $F'_c \geq 0,5 F_c$. Если соотношение не соблюдается, то размеры b_n и l_n необходимо увеличить. При этом может оказаться целесообразным располагать ручки на большем расстоянии друг от друга.

Высоту кубика выбирают с учетом требуемой прочности штампа и необходимости его возобновления. В первом приближении высоту кубика можно определить в зависимости от высоты h_{\max} наиболее глубокой по лости штампа (рис. 48). При небольшой глубине полости ($h_{\max} = 10 \dots 25$ мм) высота кубика $H_{\min} = (6 \dots 10)h$, а при глубине полости $h_{\max} = 50 \dots 100$ мм $H_{\min} = (3 \dots 4)h_{\max}$. Меньшие значения коэффициентов принимают при большей высоте h_{\max} .

Используя размеры, полученные расчетом, подбирают штамповый кубик с размерами $H \times B \times L$ (рис. 49). Длина L — максимальный размер кубика; высота H — минимальный. Длину кубика согласуют с потребителем. Размеры $H \times B$ изменяются в пределах $(40 \times 50) \dots (600 \times 1200)$ мм. Целесообразно указывать также массу кубика.

При выборе размеров штампового кубика необходимо учитывать, что для гравирования фигуры может быть использована любая поверхность кубика, кроме поверхности $H \times B$, перпендикулярной к направлению волокон (оси слитка или совпадающей с ней по на-

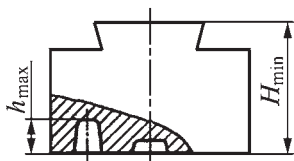


Рис. 48. Определение наименьшей высоты штампов

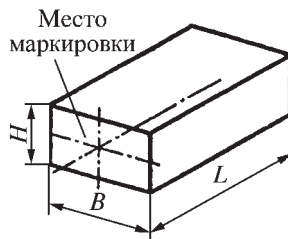


Рис. 49. Штамповый кубик

правлению — длине L) в штамповом кубике. Поэтому, если выполнить ручки на поверхности $H \times B$, то волокна расположатся в направлении удара, и возникающие в ручьях удельные силы будут раскалывать штамп. Штамп в этом случае не имеет достаточной прочности. Чтобы выделить поверхность $H \times B$, завод-изготовитель ставит на ней клеймо.

На выбранной плоскости кубика ручки располагают вдоль волокон (рис. 50, а) и только ручки с глубокими полостями — поперек волокон (рис. 50, б).

При расположении ручьев вдоль волокон износ их полостей уменьшается, при расположении их поперек волокон стойкость штампа ниже, но так как опасные силы будут действовать вдоль волокон, прочность штампа возрастет. На рис. 50, в показано правильное рас-

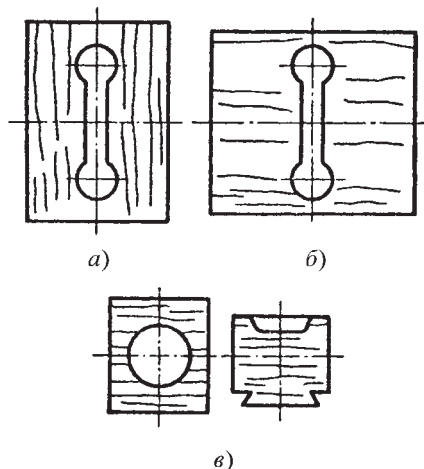


Рис. 50. Расположение ручьев штампа относительно волокон материала

положение волокон при штамповке круглых в плане поковок. В этом случае имеет значение, как расположены волокна вблизи хвостовика штампа, месте наиболее опасном для разрушения, так как силы действуют вдоль волокон.

В качестве заготовок для штампов используют не только кубики; например, для штамповки круглых в плане поковок штампы изготавливают из цилиндрических заготовок.

Выбрав размеры штампового кубика, проверяют, разместится ли этот кубик между стойками молота, достаточна ли его высота, соответствует ли масса верхней части штампа массе падающих частей молота. Штамповый кубик должен свободно располагаться между стойками молота, чтобы его можно было легко установить и снять.

Суммарная высота верхней и нижней части штампа должна быть больше за-

крытой высоты штампового про странства в 1,25 раза, что необходимо для последующего возобновления штампа.

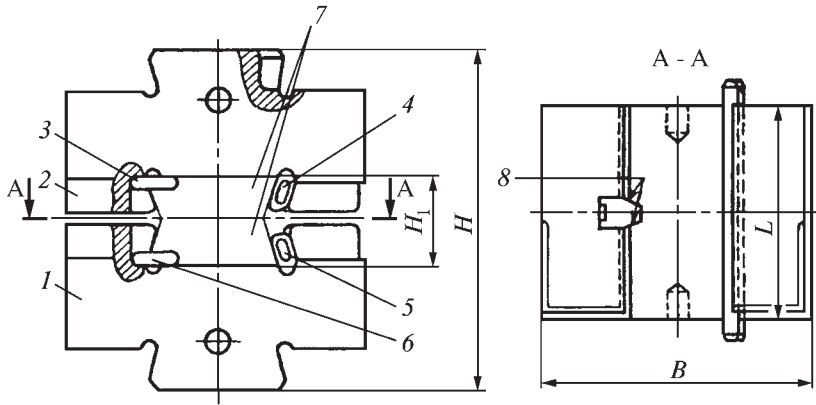
Наибольшая масса верхней части штампа составляет 35 % от номинальной массы падающих частей паровоздушных молотов и 25 % от массы падающих частей фрикционных молотов.

11. БЛОКИ И СМЕННЫЕ ДЕТАЛИ УНИВЕРСАЛЬНО-ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ МОЛОТОВЫХ ШТАМПОВ (СО СМЕННЫМИ ВСТАВКАМИ)

Блоки предназначены для установки на паровоздушных молотах.

Размеры блоков различных конструкций в зависимости от номинальной массы падающих частей молота, а также размеры сменных деталей блоков приведены в табл. 16–35. К точности расположения поверхностей вставок, приведен-

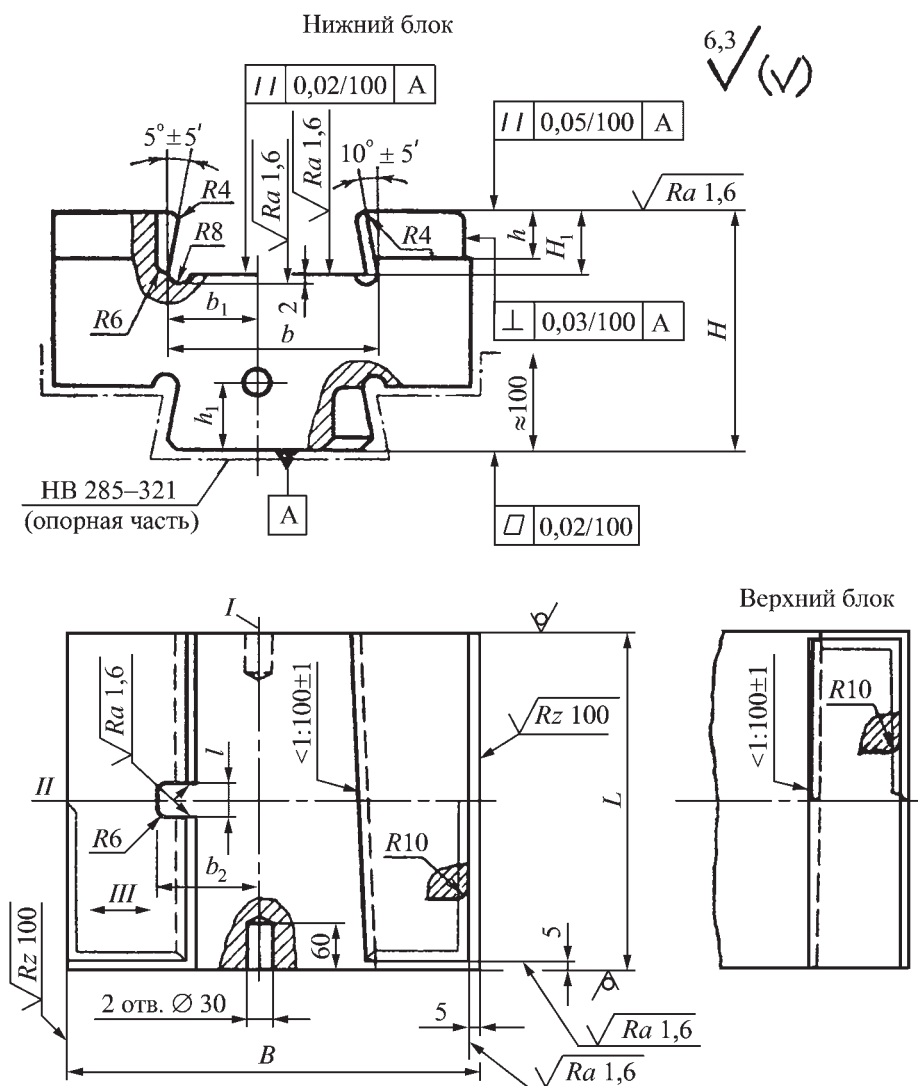
16. Размеры, мм, блоков для сменных призматических вставок (по ГОСТ 13983–93)



1 — нижний блок; *2* — верхний блок; *3* — верхняя шпонка; *4* — верхний клин; *5* — нижний клин; *6* — нижняя шпонка; *7* — призматические вставки

Номинальная масса падающих частей, кг	<i>B</i>	<i>L</i>	Закрытая высота блока <i>H</i>		Высота под вставку <i>H</i> ₁		Масса, кг, не более (рекомендуемые)
			наименьшая	наибольшая	наименьшая	наибольшая	
630	380	320	442	500	122	180	320
1000	480	360	522	600		200	555
2000	560	450	682	760	162	240	1047
3150	670	560	722	800	202	280	1629

17. Размеры, мм, нижних и верхних блоков (по ГОСТ 13983–93)

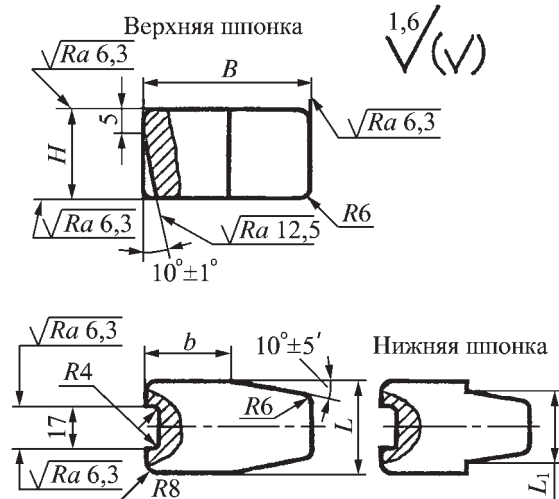


I — ось хвостовика; II — ось шпоночного пазы; III — направление волокон

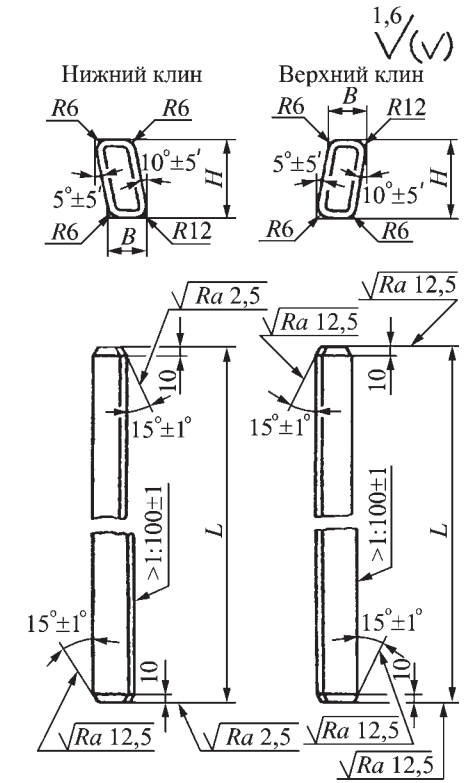
B	L	l (поле допуска Н9)	H	H_1	h	h_1	b	b_1	B_2	Масса, кг, не более
							Поле допуска Н11			
380	320	40	220	60	50	70	195	85	115	155
480	360		260			225	100	130	272	
560	450		340	80	60	75	312	140	175	515
670	560		360	100	80		100	356	160	200

Примечание. Блоки изготовляют из стальных заготовок.

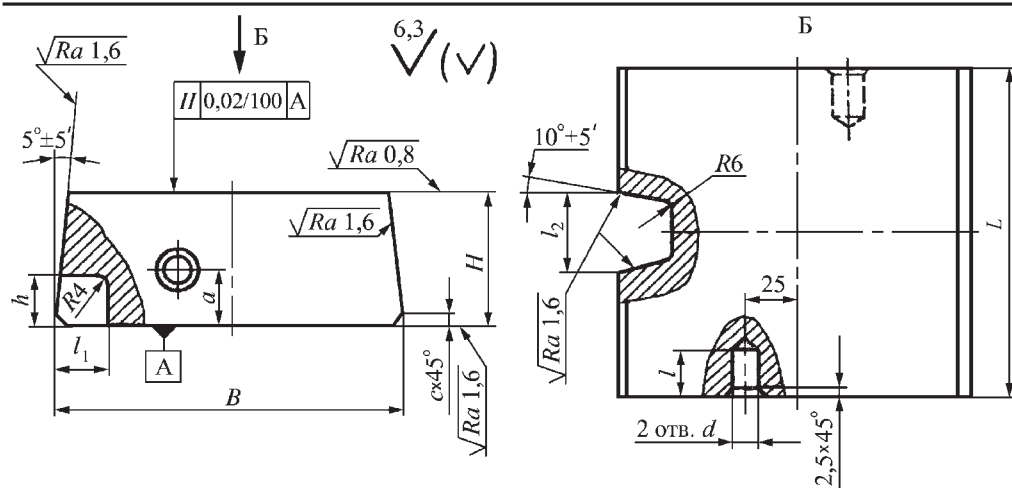
18. Размеры, мм, верхних и нижних шпонок
(по ГОСТ 13983–93)

		H	L (поле допус-ка е8)	L_1	B	b (пред. откл. -0,1)	Масса, кг, не более
20	32	—	60	30	0,30		
		30					
		38			0,40		
25	40	—	70	35	0,55		
		38					
30	40	38	80	40	0,75		

19. Размеры, мм, нижних и верхних клиньев (по ГОСТ 13983–93)

		H	B (пред. откл. $\pm 0,1$)	L	Масса, кг, не более
58	25,4	420	460	550	4,6
		460			5,0
78	32,4	550	8,0		
98	36,4	660	16,7		

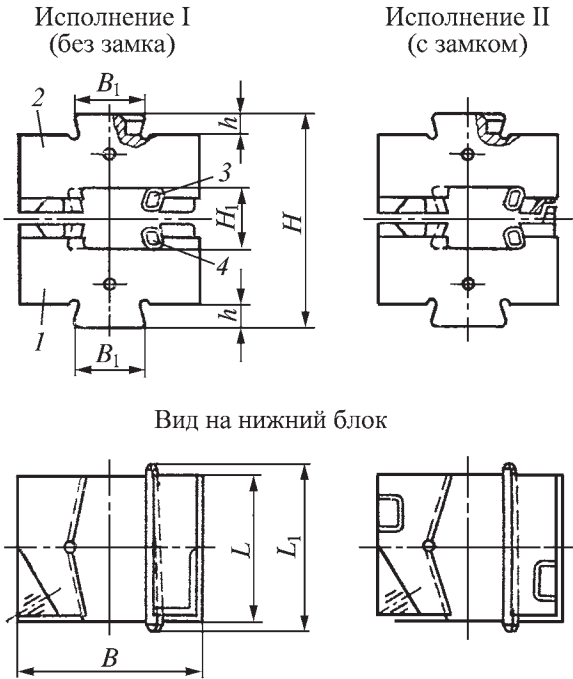
**20. Размеры, мм, призматических вставок-заготовок
(по ГОСТ 19585–93)**



Номинальная масса падаю- щих частей, кг	B (пред. откл. — 0,1)	H	L	a	d	h	l	l_1	l_2 (поле до- пуска Н9)	c	Масса, кг, не более				
630	170	61	250	20	16	21	32	32	32	10	19				
			320								25				
		90	250								27				
			320								35				
1000	200	61	320	25									40		29
			360						32						
		100	320						42						
			360						48						
2000	280	81	400	32	20	26		38	40	12	68				
			450								71				
		120	400								100				
			450								112				
3150	320	101	450			31	40	42			108				
			500								120				
			560								134				
		140	450								148				
			500								165				
			560								185				

Примечание. Вставки-заготовки изготавливают из заготовок по рекомендациям на с. 127.

21. Рекомендуемые размеры, мм,
блоков для сменных призматических угловых вставок

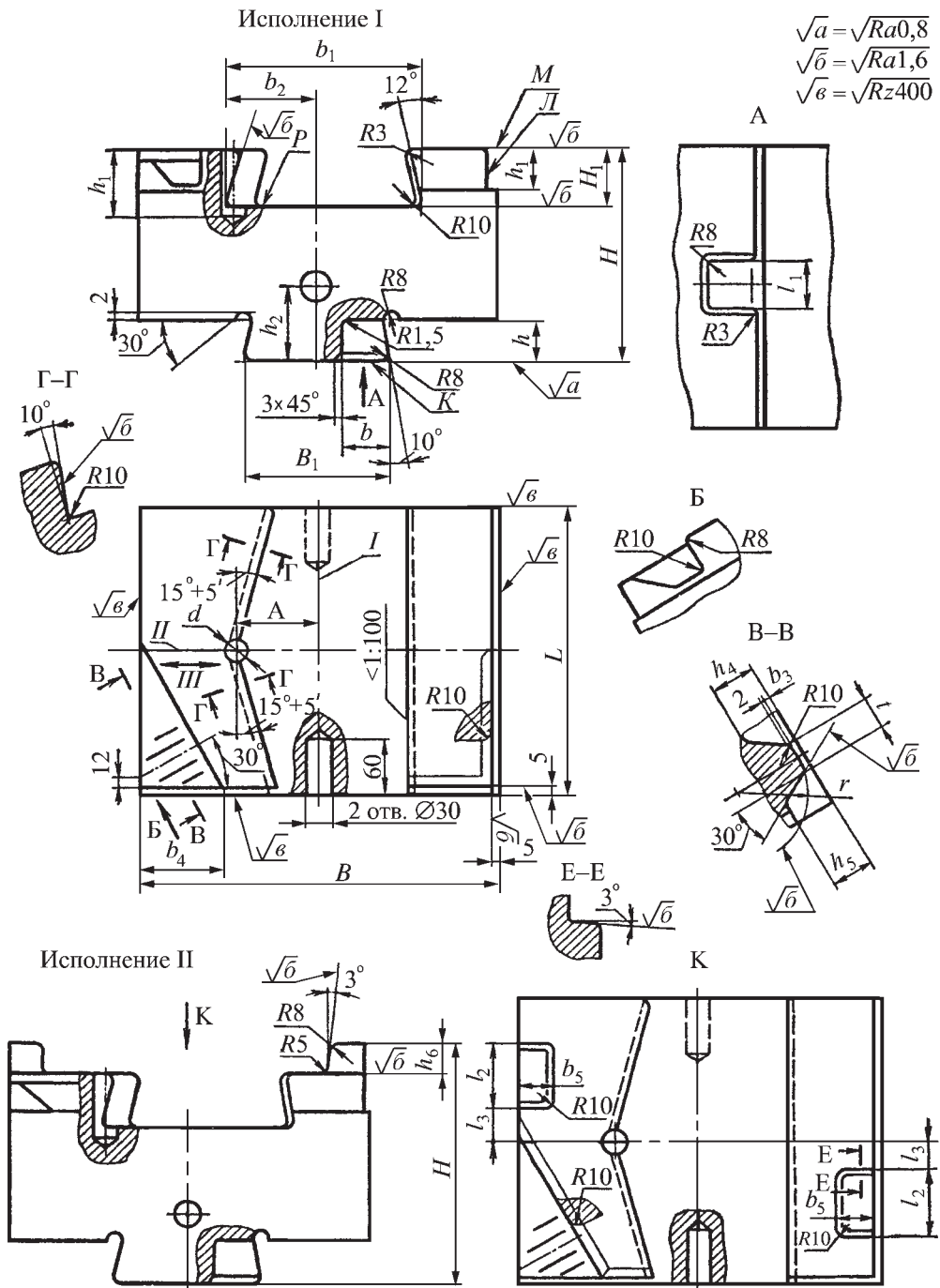


1 — нижний блок; 2 — верхний блок; 3 — верхний клин; 4 — нижний клин

Номинальная масса падающих частей, кг	B	B_1	L	L_1	h
630	380	160	320	460	46
1000	480	200	360	500	51
1600	530		400	540	
2000	560		450	590	
2500	630	300	500	640	66
3150	670		560	700	

Номинальная масса падающих частей, кг	Закрытая высота блока H		Высота под вставку H_1		Масса, кг
	наименьшая	наибольшая	наименьшая	наибольшая	
630	442	500	122	180	287
1000	522	600		200	512
1600	602	680	162	240	716
2000	682	760		202	280
2500			1151		
3150	722	800	1463		

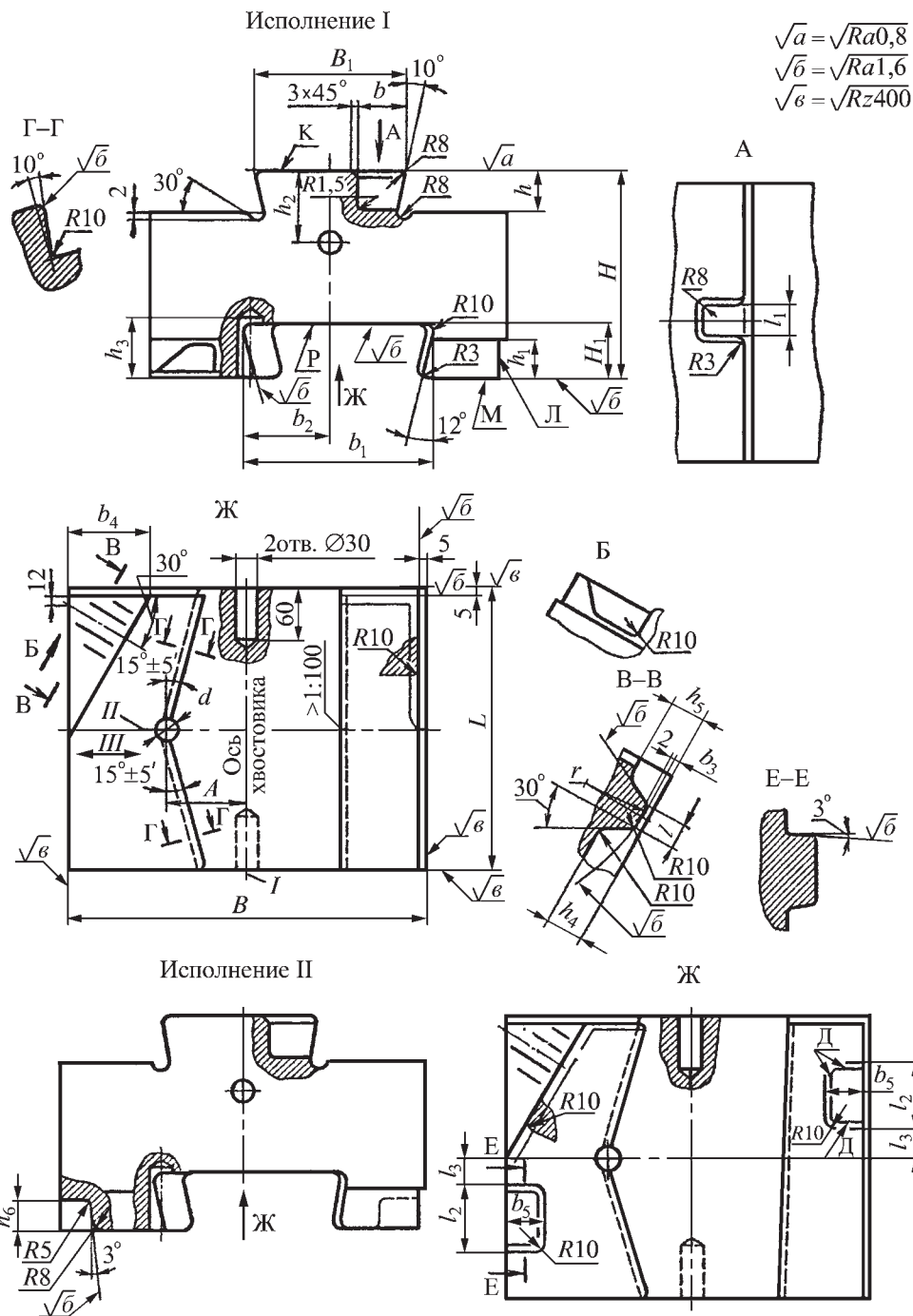
22. Рекомендуемые размеры, мм, нижних блоков (по ГОСТ 13982–68)



Окончание табл. 22

Номиналь- ная масса падающих частей, кг	<i>B</i>	<i>B</i> ₁ (пред. откл. −0,5)	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>l</i> ₁ (пред. откл. +0,1)	<i>l</i> ₂	<i>l</i> ₃	<i>H</i>		<i>H</i> ₁	<i>h</i> (пред. откл. +0,5)	<i>h</i> ₁	<i>h</i> ₂			
								Исполнение								
								I	II							
630	380	160	320	25	45	80	30	220	245	60	46	50	70			
1000	480	200	360	30	50	120		260	290		51		75			
1600	530	200	400	30	50	120	40	300	330	80	51	60	75			
2000	560		450			140		340	370							
2500	630	300	500	40	75	140	50	340	380	100	66	80	100			
3150	670		560			160		360	400							
Номиналь- ная масса падающих частей, кг	<i>h</i> ₃	<i>h</i> ₄	<i>h</i> ₅	<i>H</i> ₆	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>b</i> ₃	<i>b</i> ₄	<i>b</i> ₅	<i>d</i>	<i>r</i>	Масса, кг		
							Пред. откл. +0,1							Исполнение		
															I	II
630	65	40	30	25	85	56	205	95	4,5	80	40	25	40	140	142	
01000		45	35		110		250	120	5,5	100				252	255	
1600	85	55	40	30	140	60	312	150	6,5	110	50	28	57	352	355	
2000		65	45				352		8,0	120				486	490	
2500	105	70	50		170		376	180	9,0	130	60			568	573	
3150		80	60		180	75	396	190	10, 0	150	70	30	101	723	730	

23. Рекомендуемые размеры, мм, верхних блоков

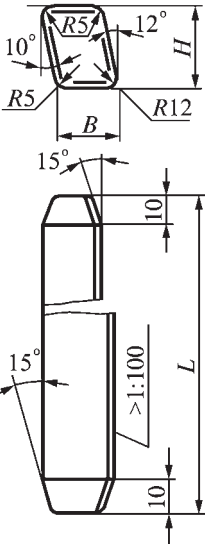


I — ось хвостовика; *II* — ось шпоночного паза; *III* — направление волокон

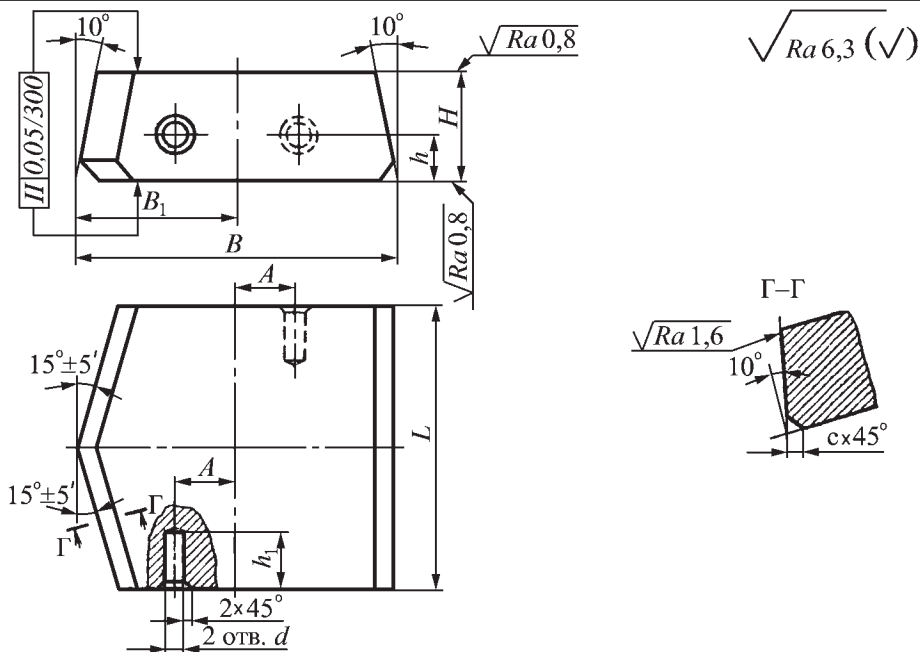
Окончание табл. 23

Номинальная масса падаю- щих частей молота, кг	B	B_1 (пред. откл. -0,5)	L	l	l_1 (пред. откл. +0,1)	l_2	l_3	H	H_1	h (пред. откл. +0,5)	H_1	h_2			
630	380	160	320	25	45	80	30	220	60	46	50	70			
1000	480	200	360	30	50	120	30	260	60	51	50	75			
1600	530	200	400	30	50	120	40	300	80	51	60	75			
2000	560		450			140	40	340							
2500	630	300	500	40	75		50		100	66	80	100			
3150	670		560			160		360							
Номинальная масса падаю- щих частей молота, кг	h_3	h_4	h_5	h_6	A	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	d	r	Масса, кг	
							Пред. откл. +0,1							Исполнение	
														I	II
630	65	40	30	27	85	56	205	95	4,5	80	40	25	40	140	138
1000		45	35	32	110	60	250	120	5,5	100	50	28	57	252	249
1600	85	55	40	32	140	60	312	150	6,5	110	60	30	60	352	349
2000		65	45	32	170	75	352	180	8,0	120	60	30	101	486	482
2500	105	70	50	42	180	75	376	190	9,0	130	70	30	101	568	563
3150		80	60	42	180	75	396	190	10,0	150	70	30	101	723	716

24. Рекомендуемые размеры, мм, нижних и верхних призматических клиньев

		Номинальная масса падаю- щих частей, кг	B (пред. откл. +0,1)	H	L	Масса клиньев, кг	
Нижний клин		Верхний клин	630	25,6	38	460	3,0
						480	
		1000	32,6	48	500	4,0	
					560		
		1600	32,6		540	6,0	
					670	8,0	
		2000	32,6		590	7,0	
					670	8,0	
		2500	36,6	640	7,5		
				700	8,0		
3150	36,6	58	770	11,0			

25. Рекомендуемые размеры, мм, призматических угловых вставок-заготовок

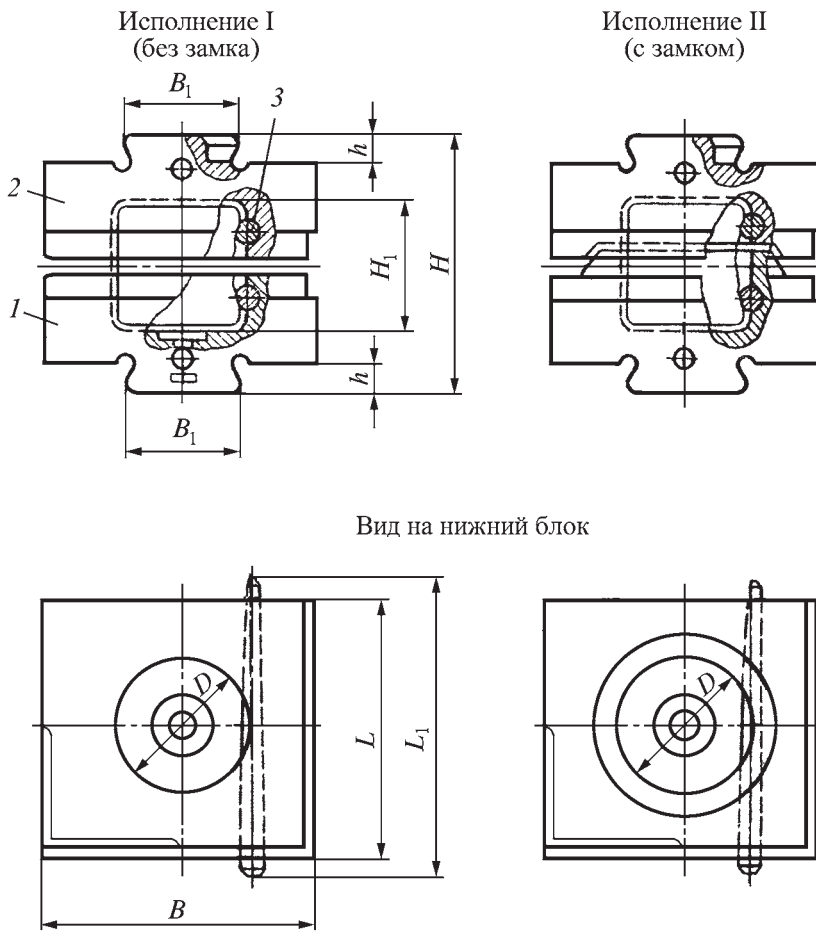


Номиналь- ная масса падающих частей, кг	<i>B</i>	<i>B</i> ₁	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>A</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	<i>c</i>	Масса вставки- заготовки, кг
	Пред. откл. ±0,1									
630	180	95	61	160	35	20	20	40	10	12
				200						15
				250						18
				320						22
			90	160						17
				200						21
				250						26
				320						32
1000	225	120	61	200	40					19
				250						24
				320						29
				360						36
			100	200						27
				250						33
				320						42
				360						46

Окончание табл. 24

Номинальная масса падаю- щих частей, кг	<i>B</i>	<i>B</i> ₁	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>A</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	<i>c</i>	Масса встав- ки-заготовки, кг				
	Пред. откл. ±0,1													
1600	280	150	81	250	60	25	25	50	12	40				
				320						50				
				360						58				
				400						62				
			120	250						59				
				320						65				
				360						80				
				400						86				
				2000						320	180	81	320	60
													400	72
450	81													
120	320	83												
	400	101												
	450	126												
	2500	340	180		101	400	93							
450						103								
500				111										
140				400	127									
				450	139									
				500	156									
				3150	360	190	101	450	111					
								500	120					
560	136													
140	450	149												
	500	167												
	560	180												

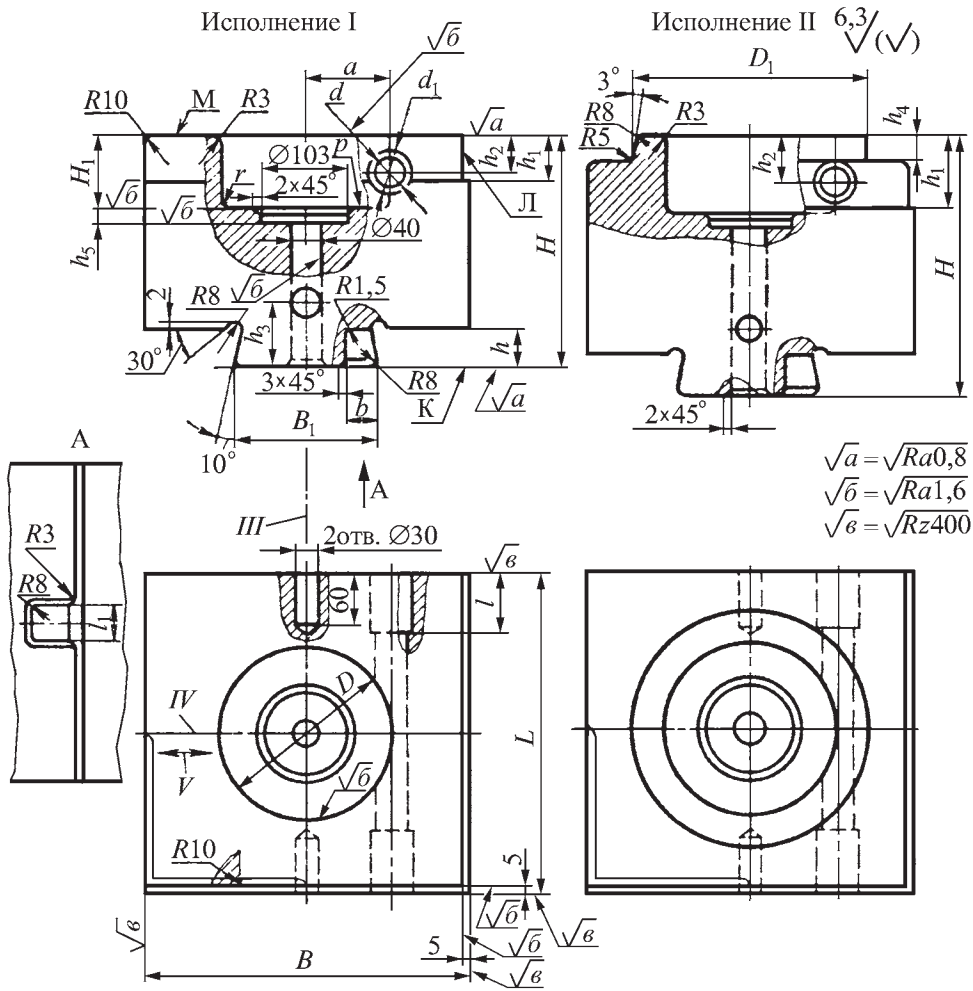
26. Рекомендуемые размеры, мм, блоков для крепления цилиндрических вставок цилиндрическими клиньями



1 — нижний блок; 2 — верхний блок; 3 — клин

Номинальная масса падающих частей, кг	B	B ₁	L	L ₁	D	h	Закрытая высота блока H		Высота под вставку H ₁		Масса блока, кг
							наименьшая	наибольшая	наименьшая	наибольшая	
630	360	160	340	480	200,2	46	502	—	162	220	390
1000	450	200	420	560	250,2	51	522	580	242	300	567
1600	530		530	670	280,3		562	620	262	320	956
2000	560				320,3		642	700	282	340	1148
2500	600	300	560	700	340,3	66	702	760	302	360	1440
3150	630		630	770	380,3		742	800	322	380	1796

27. Рекомендуемые размеры, мм, нижнего блока



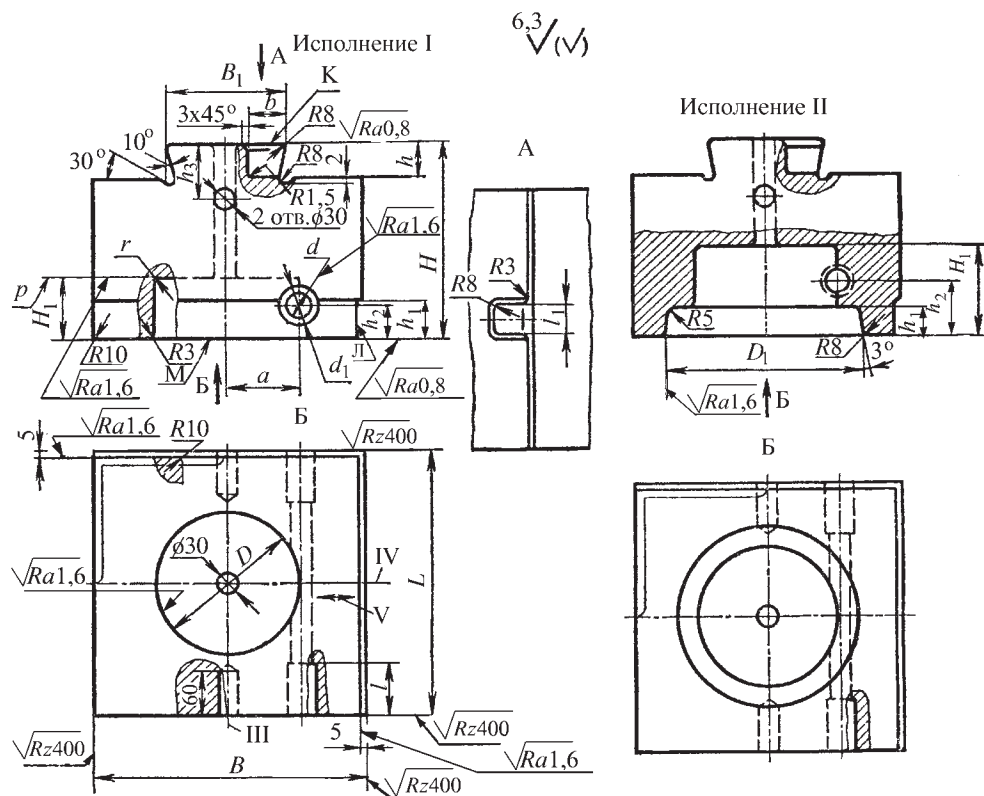
III — ось хвостовика; IV — ось шпоночного паз, V — направление волокон

Номинальная масса падаю- щих частей молота, кг	B	B_1 (пред. откл. −0,5)	L	l	l_1 (пред. откл. +0,1)	H		H_1	D (пред. откл. по A_3)	D_1	d (пред. откл. по A_3)	d_1
						Исполнение						
						I	II					
630	360	160	340	70	45	250	—	80	200,2	—		
1000	450	200	420	100	50	260	295	120	250,2	320	32	34
1600	530		530	150		280	315	130	280,3	360		
2000	560	200	530	150	50	320	355	140	320,3	400	32	34
2500	600	300	560	160	75	350	395	150	340,3	420		
3150	630		630	180			370	415	160	380,3	460	40

Окончание табл. 27

Номинальная масса падаю- щих частей молота, кг	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	b	c (пред. откл. +0,1)	r	Масса блока, кг		
		Исполнение								Исполнение		
		I	II								I	II
630	46	50	—	40	70	—	40	56	100	8	192	—
1000	51	75	110	65	75	35		60	125	15	280	289
1600									140		474	485
2000		80	115	70	45	75	160	570	582			
2500	66	85	130	75			180	715	732			
3150		90	135	80			200	888	904			

28. Рекомендуемые размеры, мм, верхних блоков

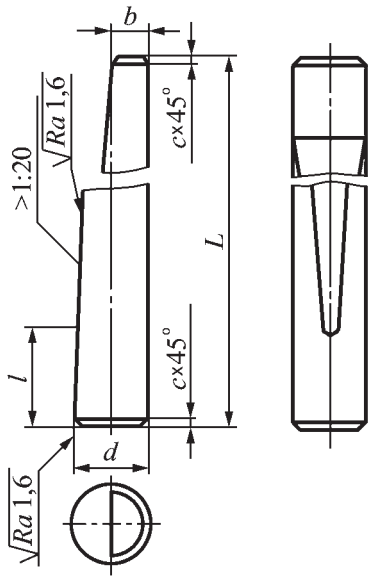


Окончание табл. 28

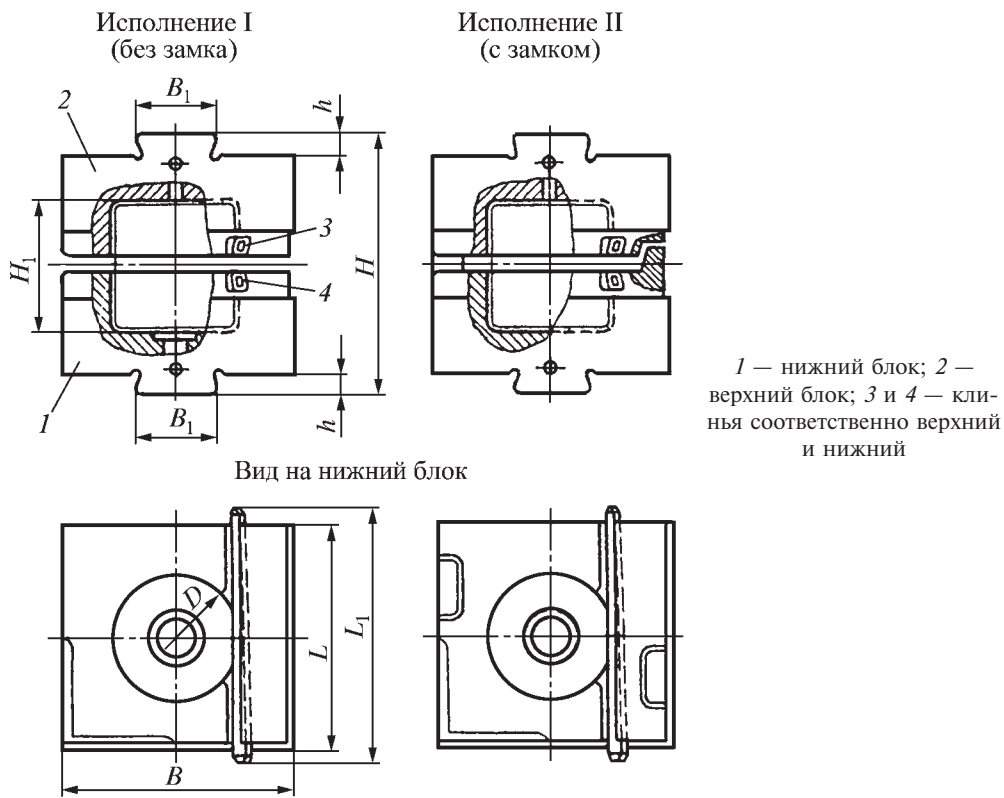
Номинальная масса падаю- щих частей молота, кг	<i>B</i>	<i>B</i> ₁ (пред. откл. −0,5)	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>l</i> ₁ (пред. откл. +0,1)	<i>H</i>	<i>H</i> ₁		<i>D</i> (пред. откл. по Н 9)	<i>D</i> ₁	<i>d</i> (пред. откл. по Н8)
							Исполнение				
							I	II			
630	360	160	340	70	45	250	80	—	200,2	—	32
1000	450	200	420	100	50	260	120	157	250,2	320	
1600	530		530	150		280	130	167	280,3	360	
2000	560			320		140	177	320,3	400		
2500	600	300	560	100	75	350	150	197	340,3	420	
3150	630		630	180		370	160	207	380,3	460	40

Номинальная масса падаю- щих частей молота, кг	<i>d</i> ₁	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	<i>h</i> ₂		<i>h</i> ₃	<i>h</i> ₄	<i>b</i>	<i>a</i> (пред. откл. +0,1)	<i>r</i>	Масса бло- ка, кг	
				Исполнение							Исполнение	
				I	II						I	II
630	34	46	50	40	—	70	—	56	100	8	192	—
1000		51	75	65	100	75	37	60	125	15	280	271
1600			80	70	105				150		474	463
2000				85	75				120		160	570
2500		66	85	75	120	100	47	75	180		715	698
3150	42		90	80	125				200		888	868

29. Рекомендуемые размеры, мм, клиньев

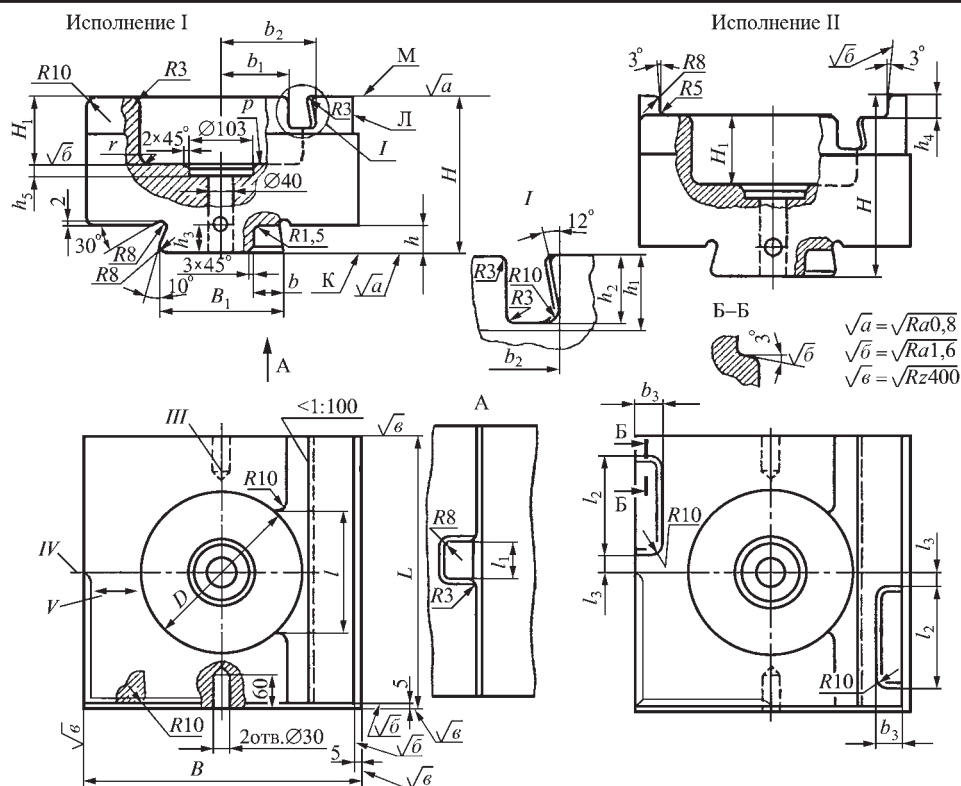
		Номинальная масса падаю- щих частей молота, кг	<i>d</i> (пред. откл. по е8)	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Масса клина, кг	
		630	32	480	110	16	2	3,0	
		1000		560	155		3	3,6	
		1600		670	210		5	4,0	
		2000						5,0	
		2500							
		3150	40	770	190	20		10,0	

31. Рекомендуемые размеры, мм, блоков для крепления цилиндрических вставок призматическими клиньями



Номинальная масса падающих частей молота, кг	B	B_1	L	L_1	D	h	Закрытая высота блока H		Высота под вставку H_1		Масса блока, кг
							наименьшая	наибольшая	наименьшая	наибольшая	
630	360	160	340	480	200,2	46	502	560	162	220	386
1000	450	200	420	560	250,2	51	522	580	242	300	462
1600	530		530	670	280,2		562	620	262	320	954
2000	560		300	700	320,3		642	700	282	340	1048
2500	600	300	560	700	340,3	66	702	760	302	360	1438
3150	630		630	770	380,3		742	800	322	380	1790

32. Рекомендуемые размеры, мм, нижних блоков

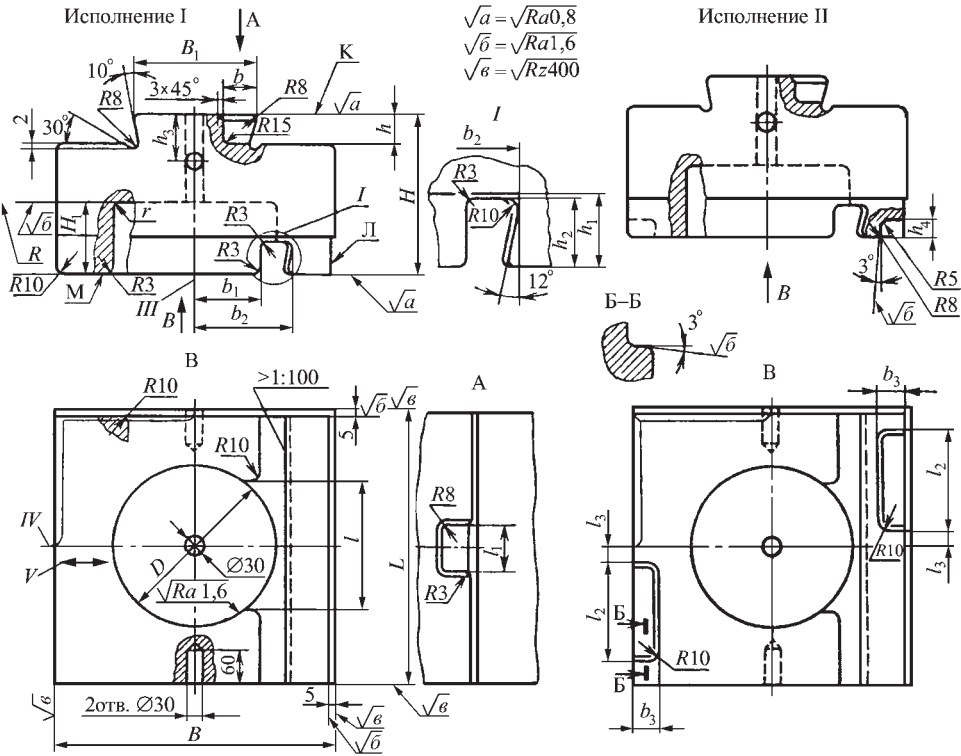


III — ось хвостовика; IV — ось шпоночного паза; V — направление волокон

Таблица 1. Основные параметры молота, в зависимости от номинальной массы падающих частей молота, кг												
Номинальная масса падающих частей молота, кг	B	B ₁ (пред. откл. -0,5)	L	l	l ₁ (пред. откл. +0,1)	l ₂	l ₃	H при исполнении		H ₁	h (пред. откл. +0,5)	h ₁
								I	II			
630	360	160	340	160	45	80	30	250	275	80	46	50
1000	450	200	420	200	50	120	40	260	290	120	51	65
1600	530		140			280		310	130			
2000	560				75	320	350	140	66			
2500	600		160			350	390	150				
3150	630	630		260	50	370	410	160				

Номинальная масса падающих частей молота, кг	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	D	b	b ₁		b ₂		b ₃	r	Масса, кг, при исполнении	
							Пред. откл. ±0,1		b ₃	r			I	II
							630	45						
1000	60	75	30	40	250,2	60	100	140	50	15		277	280	
1600				280,3	115		162	469	472					
2000				320,3	135		182	566	570					
2500		100	40	45	340,3	75	150	201	60	711	716			
3150	380,3				160		211	70	884	891				

33. Рекомендуемые размеры, мм, верхних блоков



III — ось хвостовика; IV — ось шпоночного паза; V — направление вол окон											
Номинальная масса падающих частей молота, кг	<i>B</i>	<i>B</i> ₁ (пред. откл. −0,5)	L	<i>l</i>	<i>l</i> ₁ (пред. откл. +0,1)	<i>l</i> ₂	<i>l</i> ₃	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> (пред. откл. +0,5)	<i>h</i> ₁
630	360	160	340	160	45	80	30	250	80	46	50
1000	450	200	420	200	50	120	40	260	120	51	65
1600	530		530	220	50	140	40	280	130		
2000	560		530		75			160	50		
2500	600	300	560	260		350	150			370	
3150	630		630								
Номинальная масса падающих частей молота, кг	<i>h</i> ₂	<i>h</i> ₃	<i>h</i> ₄	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>b</i> ₃	<i>r</i>	Масса, кг, при исполнении	
										I	II
630	45	70	27	200,2	56	80	115	40	8	190	189
1000	60	75	32	250,2	60	100	140	50	15	277	274
1600				280,3		115	162			469	466
2000				320,3		135	182	60		566	562
2500		100	42	340,3	75	140	191			711	706
3150				380,3		160	211	70		884	877

34. Рекомендуемые размеры, мм, цилиндрических вставок-заготовок (для крепления призматическими клиньями)

 <div>II 0,05/300</div>	Номи- наль- ная масса п адаю- щих частей, кг	D (пр ед. откл. по е8)	H	K (пр ед. откл. л. ± 0 , 11)	d	a	l	l_1	c	Ма сса вст ав- ки- за- го- тов ки, кг
	630	200	81 110	190	16	50	40	32	10	20
1000	250	121; 150	240	80		60	26			
1600	280	131; 160	270	20	90	70	40	18	47	
2000	320	141; 170	310		100	80			57	
2500	340	151; 180	325			90	100	63		
3150	380	161; 190	365			100	190	77		

Примечание. При возобновлении цилиндрических вставок снимают слой металла со стороны гравюры. Между опорной поверхностью вставки и блоком устанавливают подкладную плиту (см. табл. 35).

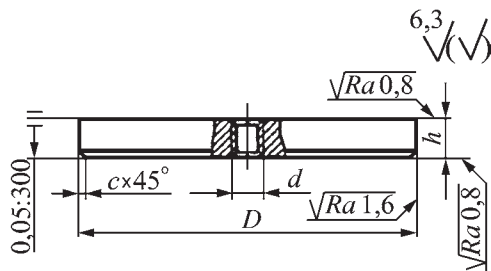
ных в этих таблицах, предъявляются следующие требования: допуск параллельности поверхностей M относительно поверхностей K и P — 0,02 мм на 100 мм длины; допуск перпендикулярности поверхностей M относительно поверхностей L — 0,03 мм на 100 мм длины. Допуск плоскостности поверхностей K и M — 0,02 мм на 100 мм длины.

Материалы для блоков. Все блоки (кроме блоков по ГОСТ 13983–93) изготовляют из стали 45Х (ГОСТ 4543–71). Твердость частей блока: рабочей — 321...368 НВ; опорной — 285...321 НВ. Допускается изготовление блоков из стали 40Х. Материал блоков по ГОСТ 13983–93 — сталь 5ХНМ.

Вставки-заготовки (кроме вставок по ГОСТ 19585–93) изготовляют из стали 5ХНВ по ГОСТ 5950–2000. Твердость вставок для молотов с массой падающих частей 630...2500 кг — 388...444 НВ; при массе падающих частей более 2500 кг — 352...388 НВ.

Материал вставок по ГОСТ 19585–93 — сталь 5ХНМ. Эту же сталь допускается применять для других вставок. Для клиньев и шпонок используют сталь 45 (ГОСТ 1050–74), твердость клиньев 32...35 HRC, твердость шпонок 40...45 HRC. Материал подкладных плит — сталь У7 (ГОСТ 1435–99). Твердость плит 45...50 HRC.

35. Рекомендуемые размеры, мм, подкладных плит



<i>D</i>	<i>d</i>	<i>H</i>	<i>c</i>	Масса плиты, кг	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>H</i>	<i>c</i>	Масса плиты, кг	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>H</i>	<i>c</i>	Масса плиты, кг
160	M12	20	6	3,1	160	M12	30	6	4,7	160	M12	40	6	6,2
190				4,4	190				6,6	190				8,8
210				5,4	210				8,1	210				10,8
240				7,1	240				10,6	240				14,1
270				8,8	270				13,4	270				17,9
290				10,3	290				15,4	290				20,7
310	M16	10	10	11,8	310	M16	10	10	17,7	310	M16	10	10	23,6
330				13,4	330				20,1	330				26,7
370				16,8	370				25,2	370				33,7

12. КРЕПЛЕНИЕ ШТАМПОВ
В БАБЕ И ПОДУШКЕ

Крепление осуществляют с помощью ласточкина хвоста, шпонки и

клина в соответствии с ГОСТ 6039–82. Схема крепления штампов показана на рис. 51. Размеры элементов, используемых при креплении штампов, приведены в табл. 36–40.

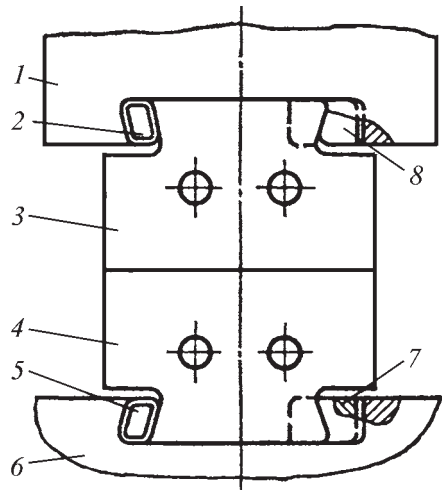
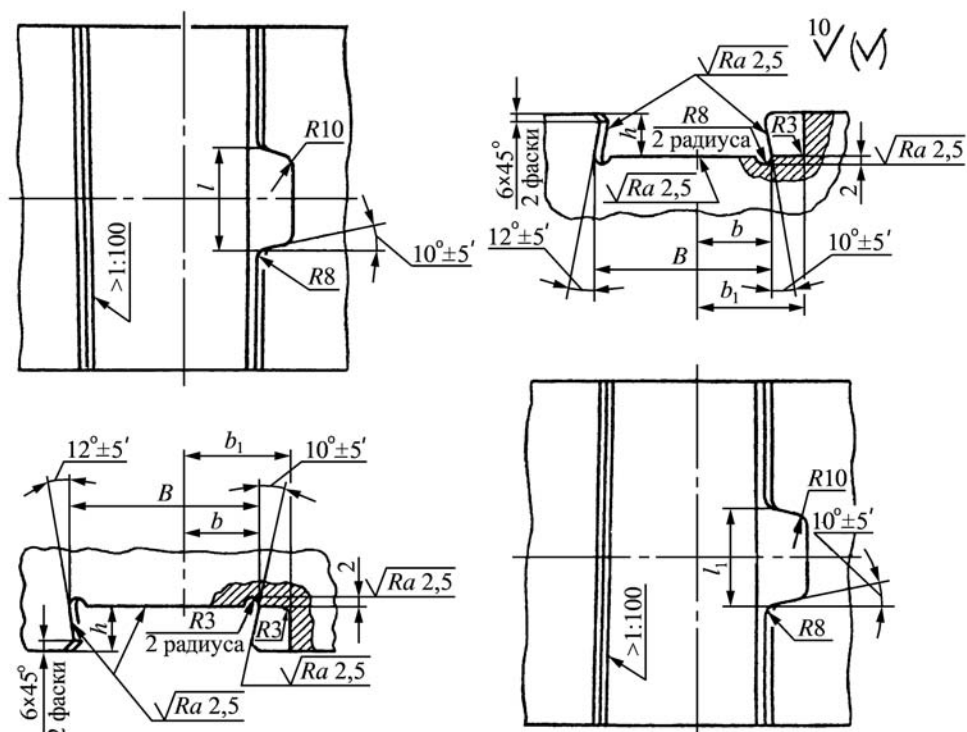


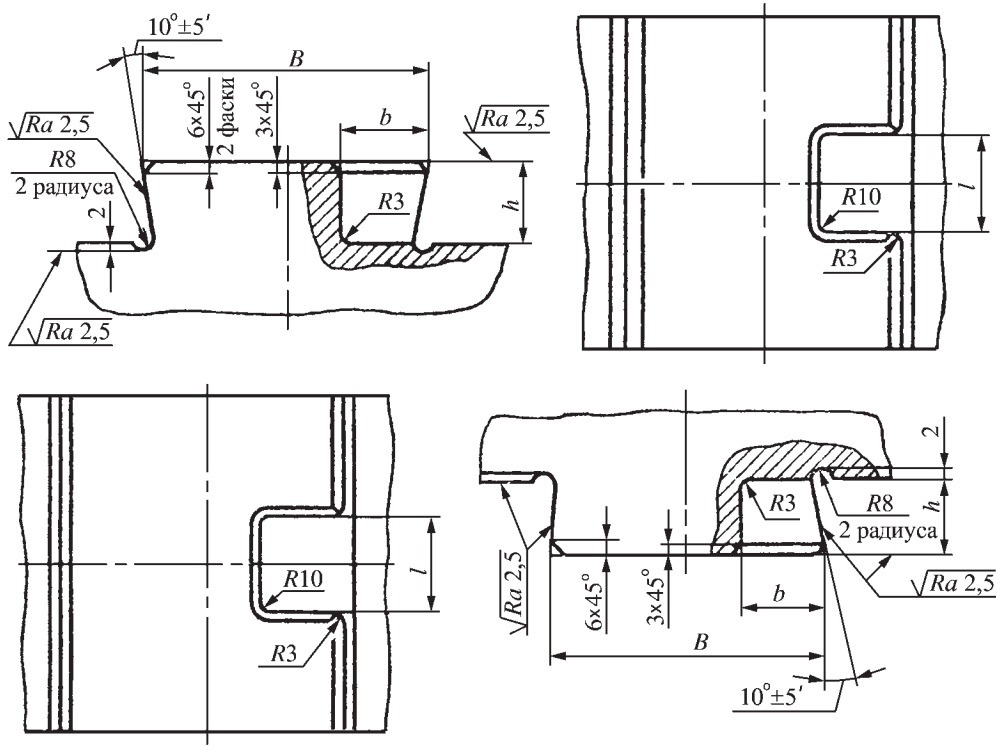
Рис. 51. Схема крепления штампов:
1 — баба молота; 2 — верхний клин; 3 — верх-
ний штамп; 4 — нижний штамп; 5 — нижний
клин; 6 — подушка (штамподержатель); 7 —
шпонка; 8 — прокладка для регулирования по-
ложения штампа спереди назад

36. Размеры, мм, пазов бабы и подушки (по ГОСТ 6039–82)



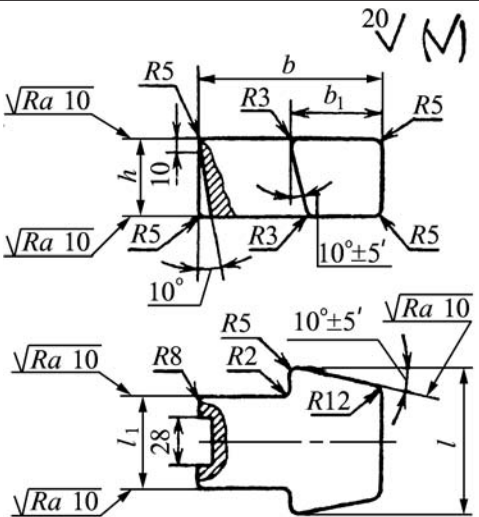
Номинальная масса падающих частей, кг	B (поле до- пуска Н11)	b (поле до- пуска Н11)	b_1	l (поле до- пуска Н12)	l_1 (пред. откл. $-0,1$)	h (пред. откл. $-0,5$)
630	195	80	121	76	72	45
1000; 2000	240	100	143	84	80	50
3150; 5000	350	150	204	116	110	65
8000; 10 000; 16 000	460	200	264	140	132	80
25 000	600	260	343	150	140	90

37. Размеры, мм, хвостовиков верхнего и нижнего штампов

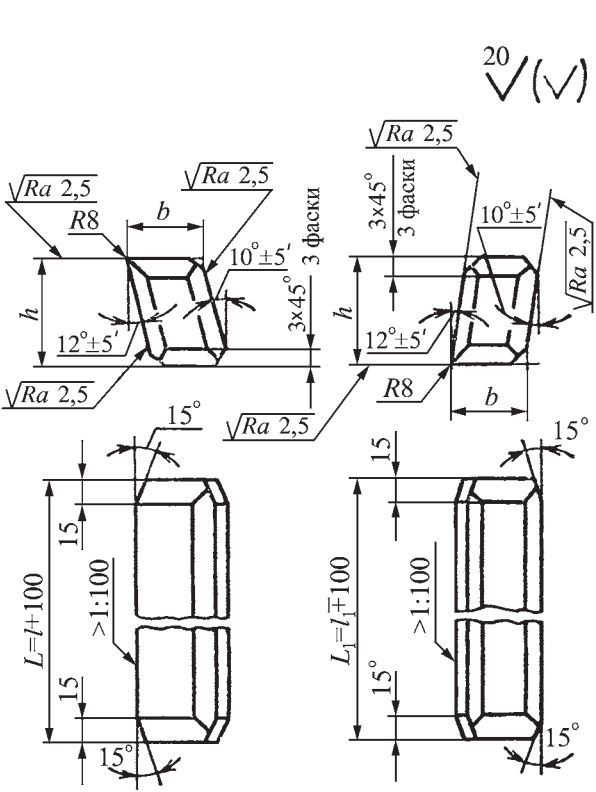


Номинальная масса падающих частей, кг	B (поле допуска Н11)	b	h (пред. откл. +0,5)	l (пред. откл. +0,1)
630	160	56	48	45
1000; 2000	200	60	53	50
3150; 5000	300	75	68	75
8000; 10 000; 16 000	400	90	84	100
25 000	520	100	95	110

38. Размер, мм, шпонок

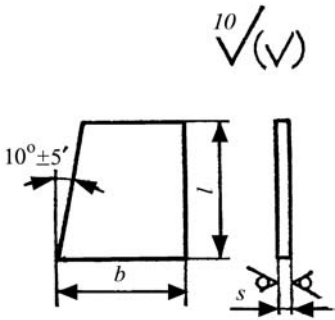
	Номинальная масса падаю- щих частей, кг	<i>h</i>	<i>l</i> (пред. откл. -0,1)	<i>l</i> ₁ (пред. откл. -0,1)	<i>b</i>	<i>b</i> ₁
	630	45	72	45	90	46,0
1000; 2000	3150; 5000	50	80	50	97	48,0
8000; 10 000; 16 000	25 000	65	110	75	123	62,5
		80	132	100	148	75,0
		90	140	110	165	83,0

39. Размеры, мм, верхнего и нижнего клиньев

	Номинальная масса падающих частей, кг	<i>h</i>	<i>b</i> (поле допуска <i>h</i> 12)
	630	45	36,25
1000; 2000	3150; 5000	50	41,25
8000; 10 000; 16 000	25 000	65	51,40
		80	61,50
		90	81,65

Примечание. Размер *b* дан с припуском на пригонку. По заказу потребителя молоты с массой падающих частей 16 000 и 25 000 кг должны изготавливаться с двухклиновым креплением штампов.

40. Размеры, мм, прокладок для регулировки штампов

	Номинальная масса падающих частей, кг	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>l</i>
	630	39		45
	1000; 2000	43		50
	3150; 5000	54		65
	8000; 10 000; 16 000	64	0,5; 0,75; 1; 2; 3; 5	80
	25 000	74		90

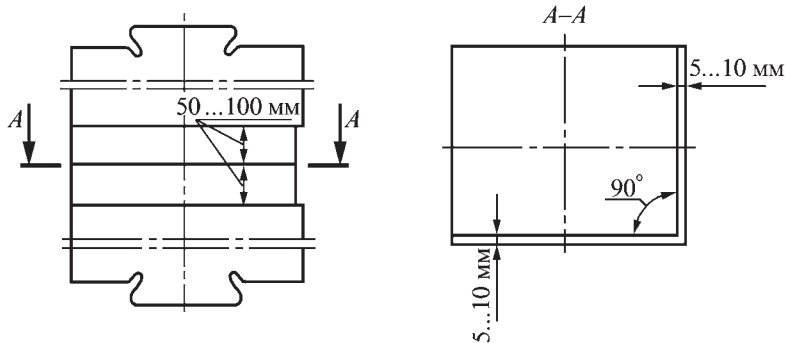


Рис. 52. Контрольный угол

13. КОНТРОЛЬНЫЙ УГОЛ

Контрольный угол используют при контроле взаимного расположения верхнего и нижнего штампов во время их установки на молоте и при эксплуатации. Кроме того, от контрольного угла выполняют разметку размеров штампа при его изготовлении. Контрольный угол строгают или фрезеруют на переднем или заднем углу штампа на боковых сопряженных поверхностях вблизи поверхности разреза. В плане контрольный угол составляет 90° (рис. 52).

14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ПАДАЮЩИХ ЧАСТЕЙ ШТАМПОВОЧНОГО МОЛОТА

При штамповке круглых в плане поковок в открытых штампах необ-

ходимую для штамповки массу (кг) падающих частей паровоздушного штамповочного молота определяют по формуле

$$G_0 = 5,6 \cdot 10^{-4} \sigma (1 - 0,0005 D_{\Pi}) \times \left\{ 3,75 \left(b + \frac{D_{\Pi}}{4} \right) (75 + 0,001 D_{\Pi}^2) + D_{\Pi} \left(\frac{b^2}{2} + \frac{b D_{\Pi}}{4} + \frac{D_{\Pi}^2}{50} \right) \times \ln \left[1 + \frac{2,5(75 + 0,001 D_{\Pi}^2)}{D_{\Pi} h_o} \right] \right\}, \quad (60)$$

где D_{Π} — диаметр поковки, мм; σ — предел текучести материала поковки при данной температуре, МПа; b — ширина мостика облойной канавки, мм;

h_o — толщина мостика облойной канавки, мм.

При штамповке некруглых в плане поковок необходимую массу (кг) падающих частей паровоздушного штамповочного молота находят из выражения

$$G_m = 5,6 \cdot 10^{-4} \sigma (1 - 0,0005 D_{\text{пр}}) \times \\ \times \left\{ 3,75 \left(b + \frac{D_{\text{пр}}}{4} \right) (75 + 0,001 D_{\text{пр}}^2) + \right. \\ \left. + D_{\text{пр}} \left(\frac{b^2}{2} + \frac{b D_{\text{пр}}}{4} + \frac{D_{\text{пр}}^2}{50} \right) \right\} \quad (61)$$

$$\times \ln \left[1 + \frac{2,5(75 + 0,001 D_{\text{пр}}^2)}{D_{\text{пр}} h_o} \right] \times \\ \times \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{l_{\text{п}}}{b_{\text{ср}}}} \right),$$

где $D_{\text{пр}}$ — приведенный диаметр поковки, мм; $D_{\text{пр}} = 1,13 \sqrt{F_{\text{п}}}$; $F_{\text{п}}$ — площадь проекции поковки в плане, мм²; $l_{\text{п}}$ — длина поковки в плане, мм; $b_{\text{ср}}$ — средняя ширина поковки в плане ($b_{\text{ср}} = F_{\text{п}} / l_{\text{п}}$), мм.

Значения G_0 и G_m можно определить по номограмме, приведенной на рис. 53. При построении номограммы были приняты следующие соотноше-

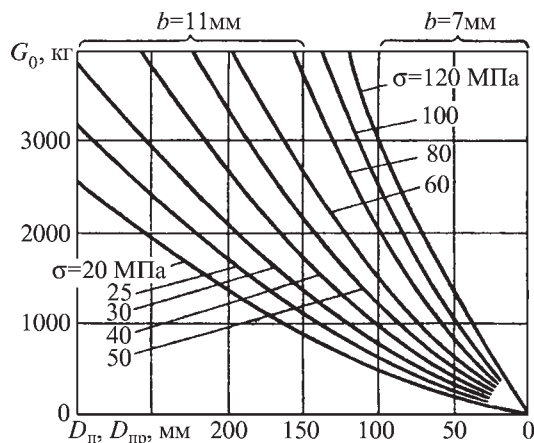
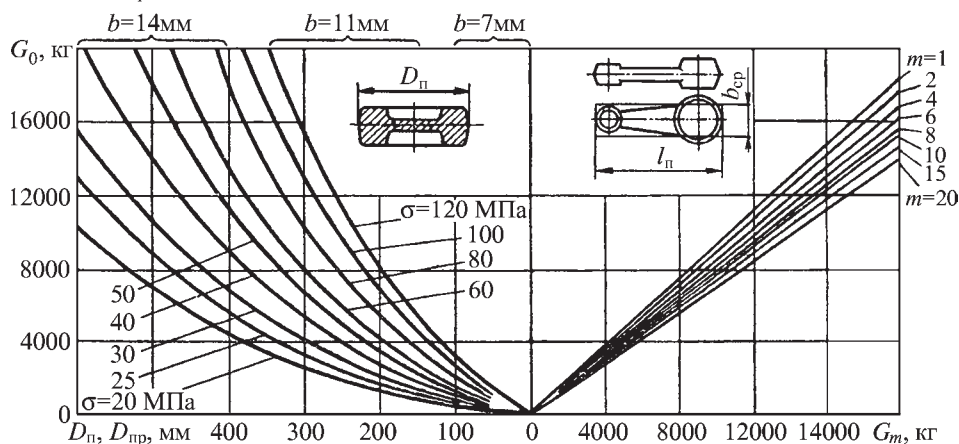


Рис. 53. Номограмма для определения массы падающих частей штамповочного молота



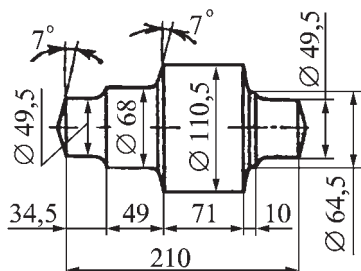


Рис. 54. Поковка с удлиненной осью

ния размеров (мм) поковки и заготовки: $h_0 = 0,015D_{\text{п}}$ (или $D_{\text{пр}}$); $b = 7$ при $D_{\text{п}} = 0 \dots 100$; $b = 11$ при $D_{\text{п}} = 150 \dots 350$ и $b = 14$ при $D_{\text{п}} = 400 \dots 600$.

Массу падающих частей молота простого действия $G_{\text{п.м}}$ можно определить по приведенным формулам или номограмме (рис. 53), умножив найденное значение на переводной коэффициент, т.е.

$$G_{\text{п.м}} = (1,5 \dots 1,8)G_0 \text{ (или } G_m \text{)}.$$

Формулы используют при расчете молотов для крупносерийного и массового производства поковок. В мелкосерийном производстве можно применять молоты с меньшей массой падающих частей, но с увеличенным числом ударов при штамповке. Формулы пригодны в тех случаях, когда минимальная толщина поковки превышает $(4 \dots 5)h_0$. В других случаях необходимо учитывать повышенную неравномерность распределения деформации и температуры, увеличивая полученное значение массы в 1,2–1,3 раза.

Для определения массы падающих частей молота при штамповке в закрытых штампах можно воспользоваться формулами (60) и (61) и номограммой (см. рис. 53). Полученное значение можно уменьшить на 20...25 %.

Для упрощенных расчетов используют формулу

$$G = (3,5 \dots 5)F_{\text{п}}, \quad (62)$$

где G — масса падающих частей молота, кг; $F_{\text{п}}$ — площадь проекции поковки в плане, см^2 .

Расчет массы падающих частей штамповочного молота. Исходные данные для расчета приведены на чертеже поковки (рис. 54); материал поковки сталь 35, $t = 1000^\circ\text{C}$, $\sigma = 42 \text{ МПа}$ ($\sigma_{\text{в}} = 500 \text{ МПа}$).

Основные параметры поковки: площадь проекции на плоскость разреза штампа $F_{\text{п}} = 16200 \text{ мм}^2$; приведенный диаметр

$$D_{\text{пр}} = 1,13\sqrt{16200} = 144 \text{ мм};$$

средняя ширина поковки

$$b_{\text{ср}} = F_{\text{п}} / l_{\text{п}} = 16200 / 201 \approx 80 \text{ мм};$$

отношение

$$m = l_{\text{п}} / b_{\text{ср}} = 201 / 80 \approx 2,5 \text{ мм};$$

по формуле (61):

$$\begin{aligned} G_m = & 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot 42(1 - 0,0005 \cdot 144)3,75 \times \\ & \times \left(7 + \frac{144}{4}\right)(75 + 0,001 \cdot 144^2) + \\ & + 144 \left(\frac{7^2}{2} + \frac{7 \cdot 144}{4} + \frac{144^2}{50} \right) \times \\ & \times \ln \left[1 + \frac{2,5(75 + 0,001 \cdot 144^2)}{144 \cdot 0,015 \cdot 144} \right] \times \\ & \times \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{201}{80}} \right) \approx 1800 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Массу падающих частей можно определить также по номограмме рис. 53.

15. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Пример типовой технологической карты на изготовление поковки прицепного шатуна приведен в табл. 41.

Номер		Наименование и содержание операции	Обозначение документа	Оборудование (код, наименование, инвентарный номер)	Бойки, штампы, приспособления (код, наименование)	Измерительный инструмент (код, наименование)
участок	операция					
	005	Технический контроль: проверить штанги по сертификату	Сертификат			Линейка 1000 ГОСТ 427–75
	010	Транспортирование: переместить штанги на разрезку		Кран грузоподъемностью 30/50 т		
	015	Разрезка: разрезать (с подогревом) штанги на заготовки; $l = (645 \pm 3)$ мм		Печь нагревательная; ножицы сортовые усилием 10 МН	Ножи диаметром 100 мм	Линейка 1000 ГОСТ 427–75
	020	Транспортирование: переместить заготовки к нагревательной установке		Кран грузоподъемностью 50/12,5 т		Фотопирометр
	025	Нагрев: нагреть заготовки		Печь нагревательная		
	030	Объемная штамповка: подкатать в закрытом ручье; штамповать в предварительном ручье; штамповать в окончательном ручье		Молот штамповочный; масса падающих частей 5 т	Штамп молотовой Кран-манипулятор подвесной	
	035	Транспортирование: переместить поковки на обрезку облоя		Кран-манипулятор подвесной грузоподъемностью 250 кг		
	040	Обрезка: обрезать облой; прошить отверстия		Пресс обрезной силой 6,3 МН	Штамп обрезной; штамп прошивной; кран-манипулятор подвесной грузоподъемностью 250 кг	

Продолжение табл. 41

Температура печи, °С	Величина садки	Температура обработки, °С (начало — конец)	Время нагрева, мин (макс. мин)	Коэффициент штучного времени	Число рабочих	Число одно- временно об- рабатываемых деталей	Код та- рифной ставки	Объем произ- водст- венной партии	$T_{п.з}$
				Код про- фессии	Разряд работы	Единица нор- мирования	Код вида нормы		
		600...550							
		1180±20							
		1150...950							
		900...850							

Номер		Наименование и содержание операции	Обозначение документа	Оборудование (код, наименование, инвентарный номер)	Бойки, штампы, приспособления (код, наименование)	Измерительный инструмент (код, наименование)
участок	операция					
	045	Транспортирование: переместить поковки на калибровку		Кран-манипулятор подвесной грузоподъемностью 250 кг	Штамп чекачный; кран-манипулятор подвесной грузоподъемностью 250 кг Молоток Комплект цифр	
	050	Калибровка: калибровать поковки		Молот штамповочный; масса падающих частей 5 т		
	055	Маркирование (100 %-ное): маркировать ударом номер чертежа и номер плавки				
	060	Технический контроль: проверить маркировку и размеры по чертежу поковки выборочно		Кран грузоподъемностью 16/3,2 т	Круг шлифовальный	Линейка 1000 ГОСТ 427–75; штангенциркуль Шц-II-250-01 ГОСТ 166–89
	065	Транспортирование: переместить поковки на термообработку				
	070	Термическая обработка		Камера очистная дробеметная		
	075	Дробеочистка: очистить поковки от окалины				
	080	Зачистка: зачистить кузнечные дефекты		Зачистной станок		
	085	Технический контроль ОТК (5 %-ный): проверить маркировку размеры и качество поверхности				

[illegible]

16. ПРИМЕРЫ ШТАМПОВКИ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ

Поковки I группы, штампуемые перпендикулярно оси заготовки (штамповка плашмя). 1-я подгруппа. *Пример 1.* Спроектировать штамп для штамповки поковки прицепного шатуна. Чертеж поковки приведен на рис. 55; чертеж горячей поковки для изготовления штампа — на рис. 35.

Основные параметры поковки: площадь проекции на плоскость разреза штампа $F_{\text{п}} = 58443,3 \text{ мм}^2$; периметр $P_{\text{п}} = 1380 \text{ мм}$; длина $l_{\text{п}} = 600 \text{ мм}$; средняя ширина $b_{\text{ср}} = 97,5 \text{ мм}$; $\frac{l_{\text{п}}}{b_{\text{ср}}} = 6,15 > 2,5$; объем с учетом перемычек $V_{\text{п}} = 3,88 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$; масса поковки и перемычек $G_{\text{п}} = 30,5 \text{ кг}$.

Определение размеров облоя выполняют по формуле (8): $h_0 = 0,015 \sqrt{58443,3} = 3,63 \text{ мм}$. По табл. 7 ближайшее значение $h_0 = 4 \text{ мм}$. В соответствии с рис. 17 и 18 для участка стержня и головки принимают облойную канавку номер 7, п. 3 с размерами $h_0 = 4 \text{ мм}$, $b = 16 \text{ мм}$, $b_1 = 42 \text{ мм}$, $S_{\text{об.к}} = 3,85 \text{ см}^2$, $R = 2,5 \text{ мм}$.

Объем облоя находят по формуле (11) с учетом соответствующих указаний к этой формуле: $V_0 = S_0 P_{\text{п}}$, где $S_0 = \xi S_{\text{об.к}}$. По табл. 8 $\xi = 0,8$. Тогда $S_0 = 0,8 \cdot 3,85 = 308 \text{ мм}^2$, а общий объем облоя на участках головки и стержня $V_0 = 308 \cdot 1380 = 425\,000 \text{ мм}^3$.

Ввиду большой массы поковки объем облоя необходимо увеличить на 20 %, т.е. $V_0 = 1,2 \cdot 425\,000 = 510\,000 \text{ мм}^3$.

Расчет эпилы диаметров d_2 (эпилы приведена на рис. 56). Построение расчетной заготовки выполняют, используя значения длин отдельных эле-

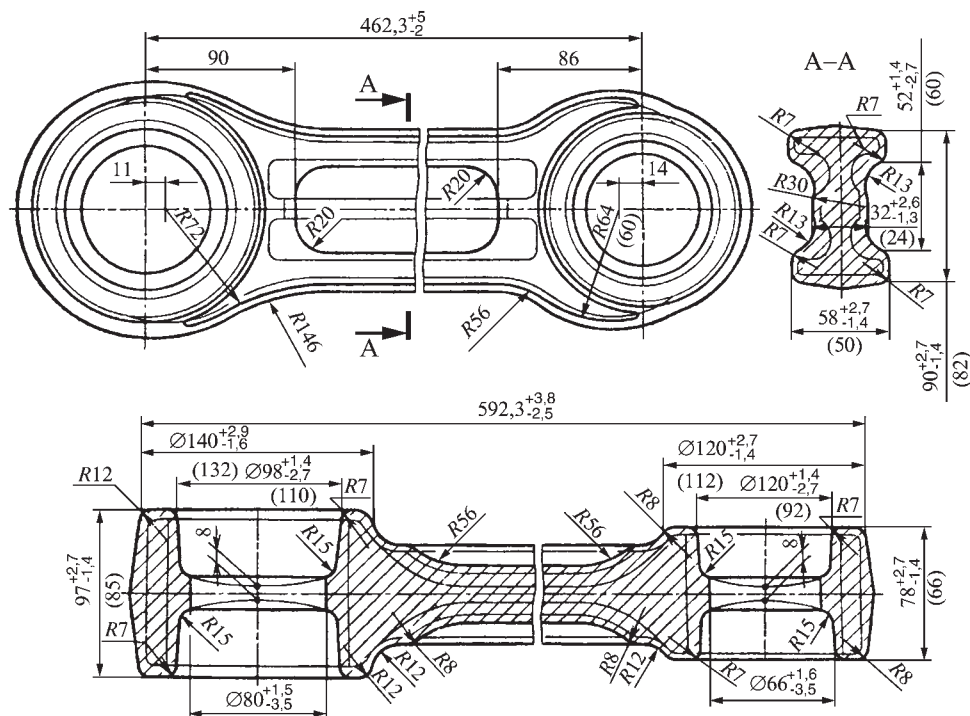


Рис. 55. Чертеж поковки прицепного шатуна

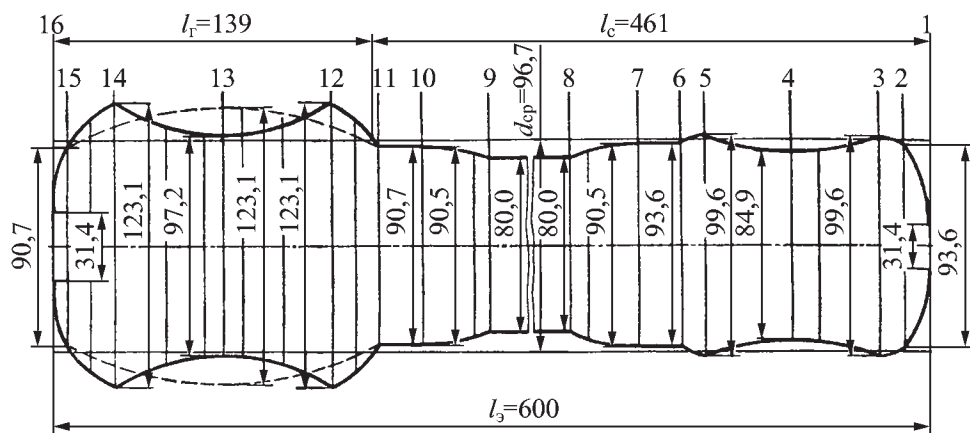


Рис. 56. Расчетная заготовка поковки прицепного шатуна (эпюра диаметров)

ментов поковки и найденных d_3 , которые сведены в табл. 42.

Расчет среднего сечения:

42. Расчет эпюры диаметров

Номер сечения	S_{Π}	$S_{об.к}$	ξ	S_3 , мм ²	d_3 , мм
	мм ²				
1	0	385	1,0*	770	31,4
2	6240		0,8	6856	93,6
3	7160		0,8	7776	99,6
4	5030		0,8	5646	84,9
5	7160		0,8	7776	99,6
6	6240		0,8	6856	93,6
7	5800		0,8	6416	90,5
8	4400		0,8	5016	80,0
9	4400		0,8	5016	80,0
10	5800		0,8	6416	90,5
11	5830		0,8	6446	90,7
12	11 250		0,8	11 866	123,1
13	6780		0,8	7396	97,2
14	11 250		0,8	11 866	123,1
15	5830		0,8	6446	90,7
16	0		1,0*	770	31,4

* Для конечных сечений $\xi = 1,0$.

Примечание. $S = S_{\Pi} + 2\xi S_{об.к}$; $d_3 = 1,13\sqrt{S_3}$.

$$V_{п.о} = V_{\Pi} + V_3 = 4390000 \text{ мм}^3;$$

$$S_{ср} = \frac{V_{п.о}}{l_3}, \text{ где } l_3 \text{ — длина эпюры;}$$

$$l_3 = l_{\Pi} = 600 \text{ мм;}$$

$$S_{ср} = \frac{4390000}{600} = 7316,7 \text{ мм}^2;$$

$$d_{ср} = 1,13\sqrt{S_{ср}} = 1,13\sqrt{7316,7} \text{ мм;}$$

$$d_{ср} = 97,7 \text{ мм.}$$

Выбор переходов штамповки. Расчетную заготовку можно считать элементарной, так как она состоит из головки и стержня. Контуру головки, имеющему резкий излом из-за отверстия в бобышке, необходимо придать плавные очертания, сохраняя объем неизменным (см. рис. 20).

$$\text{Коэффициент } K_{подк.общ} = \frac{S_{\max}}{S_{ср}} = \frac{11866}{7316,7} = 1,62 < 1,8.$$

При использовании подкатного закрытого (ПЗ), предварительного и окончательного ручьев

$K_{пр} = 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 1,85$ (значение K_{Π} взято из табл. 9).

В соответствии с диаграммой (см. рис. 27) при $G_{\text{п}} = 30,5$ кг поковку штампуют из отдельной заготовки. Итак, для штамповки данной поковки из отдельной заготовки необходимо применять следующие переходы: ПЗ — Предв — Оконч.

Определение размеров заготовки. По табл. 10 площадь поперечного сечения исходной заготовки

$$S'_{\text{зг}} = S_{\text{пл}} = 1,05 S_{\text{ср}}$$

или

$$S'_{\text{зг}} = 1,05 \cdot 7316,7 = 7682,5 \text{ мм}^2.$$

В формуле использован коэффициент 1,05, так как при одной подкатке заготовка не должна доходить до конца подкатного ручья.

Длина головки $l_{\text{г}} = 139$ мм (см. рис. 56); диаметр заготовки

$$D_{\text{зг}} = 1,13 \sqrt{7682,5} = 99,0 \text{ мм};$$

если заготовка квадратная, то

$$A_{\text{зг}} = \sqrt{7682,5} = 87,6 \text{ мм}.$$

Выбираем заготовку диаметром 100 мм, длиной 571 мм и площадью поперечного сечения 7840 мм^2 .

Последовательность расчета и построения подкатного ручья:

1. Выбирают длины элементов ручья по размерам расчетной заготовки.
2. Сводят в табл. 43 размеры профиля ручья по высоте.

Расчет выполняют по табл. 14 при значениях μ : 0,75 — для стержня; 1,0 — для головки.

3. Строят профиль ручья в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 14.

4. По формуле (52) табл. 14 ширина ручья

$$B = \frac{S_{\text{зг}}}{h_{\text{мин}}} + 10 = \frac{7840}{60} + 10 = 140,7 \text{ мм}.$$

43. Размеры ручья по высоте для различных сечений

Номер сечения	d_3 , мм	μ	h , мм
1	31,4	0,75	23,6
2	93,6	0,75	70,2
3	99,6	0,75	74,7
4	84,9	0,75	63,7
5	99,6	0,75	74,7
6	93,6	0,75	70,2
7	90,5	0,75	67,9
8	80,0	0,75	60,0
9	80,0	0,75	60,0
10	90,5	0,75	67,9
11	90,7	0,75	68,0
12	123,1	1,0	123,1
13	97,2	1,0	97,2
14	123,1	1,0	123,1
15	90,7	0,75	68,0
16	31,4	0,75	23,6

Примечание. $h = \mu d_3$.

Пределы изменения $B = (d_{\text{эmax}} + 10) \dots 1,5 D_{\text{зг}}$ или $B = 132 \dots 150$ мм. Итак, $B = 140,7$ мм.

Расположение ручьев и расстояния между ними, а также размеры штамповых кубиков определяют по общим правилам.

Чертеж штампа показан на рис. 57; технологическая карта — в табл. 41.

2-я подгруппа. *Пример.* На рис. 58 дан чертеж поковки звена гусеницы. Эпюра сечений сложная, с несколькими головками и короткими стержнями. При штамповке необходим пережимной ручей. Опробование различных вариантов штамповки показало, что применение полосовой заготовки (что равноценно применению расплющенной заготовки) и плавное округление переходов сечений фигуры позволяет провести штамповку в од-

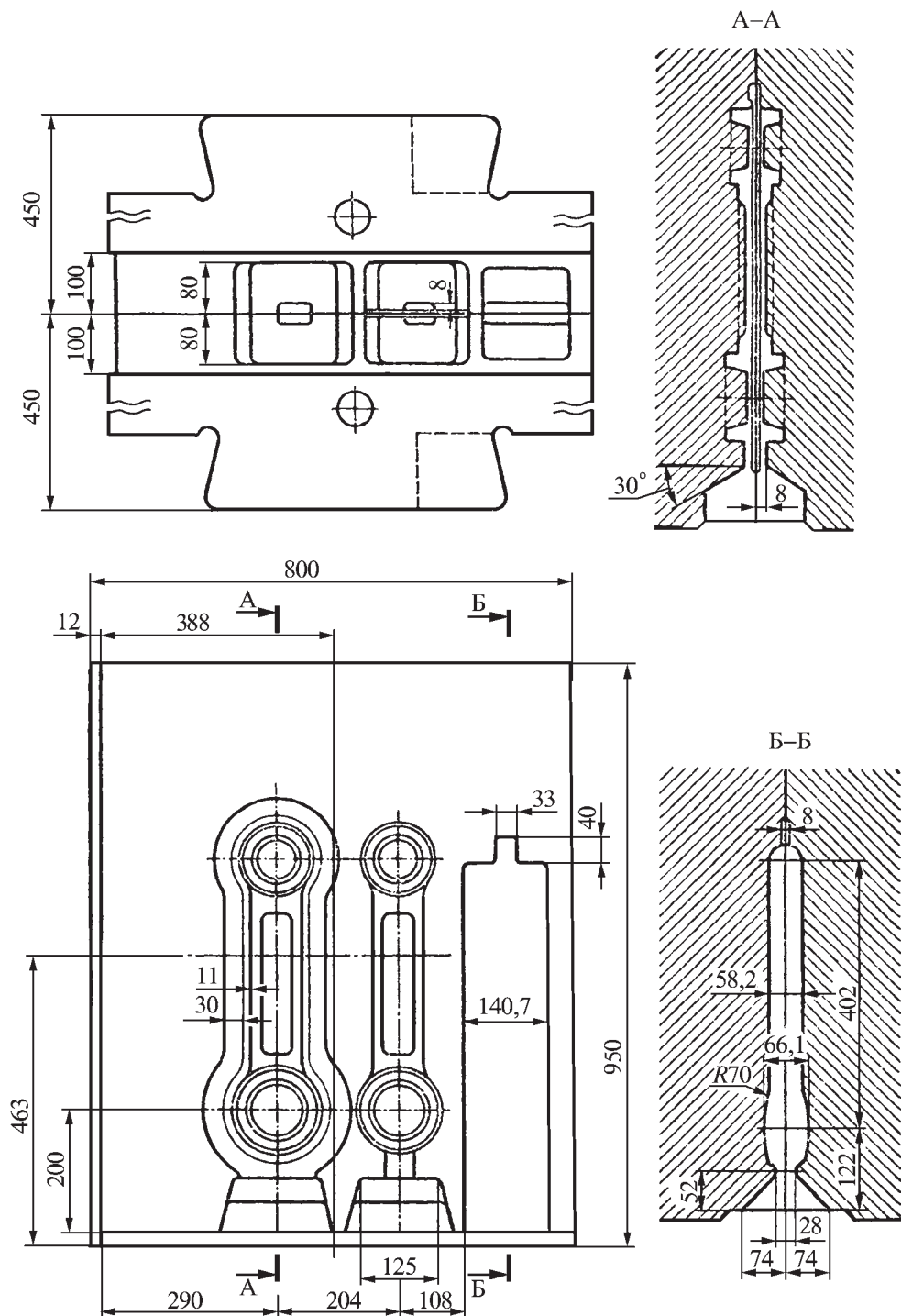


Рис. 57. Молотовый штамп для поковки прицепного шатуна

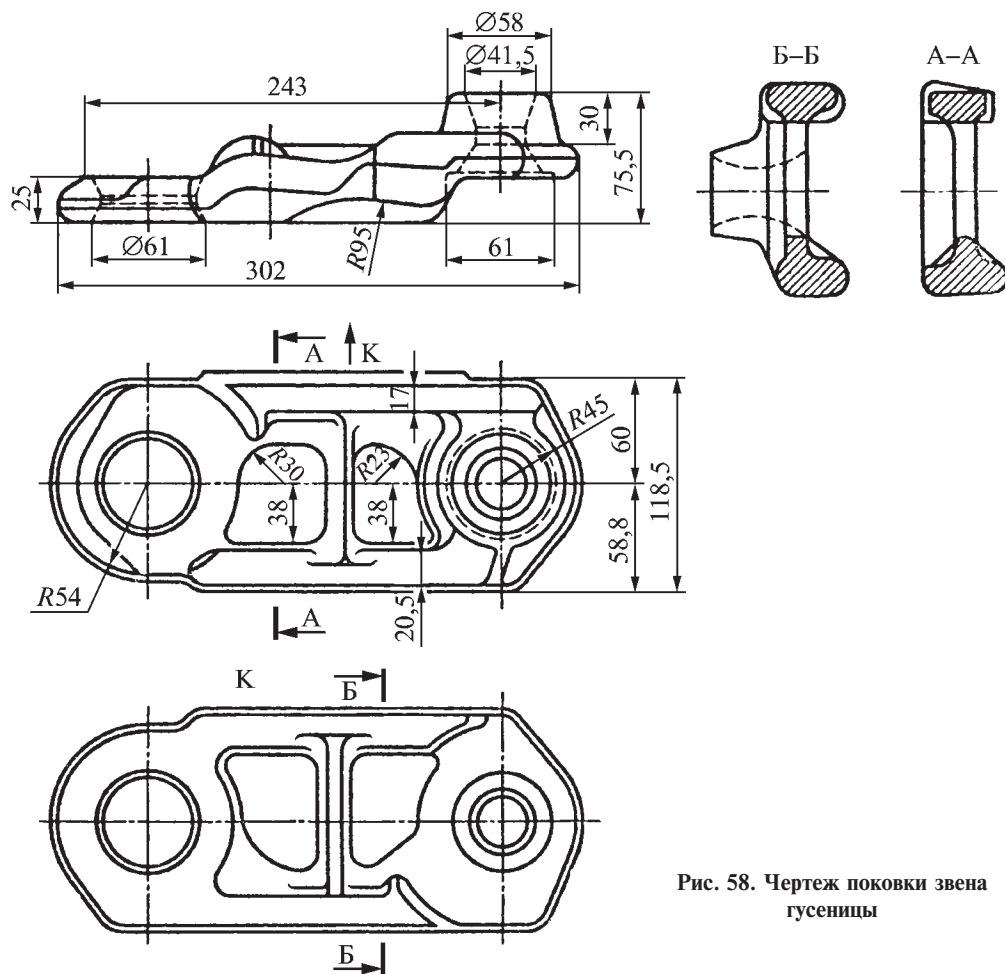


Рис. 58. Чертеж поковки звена гусеницы

ном окончательном ручье. Поковка звена гусеницы является массовой и штамповка с высокой производительностью в одном ручье очень выгодна.

В молотовом штампе (рис. 59) предусмотрен один окончательный ручей и контрзамок для предотвращения сдвига, возможного при использовании штампа с принятой линией разреза. Для компенсации износа контрзамок верхний штамп по отношению к нижнему штампу сдвигают (при изготовлении) на 0,75 мм в направлении, противоположном сдвигающим усилиям штамповки. Штамповку осуществляют на молоте с

массой падающих частей 1500 кг за 4–5 ударов. Заготовка-полоса с размерами $29 \times 100 \times 295$ мм. Производительность штамповки 2000...2500 шт/смена.

3-я подгруппа. *Пример.* На рис. 60 приведен чертеж поковки с фланцем.

Основные параметры поковки: площадь проекции на плоскость разреза $F_{\Pi} = 5085 \text{ мм}^2$, периметр $P_{\Pi} = 448 \text{ мм}$, объем $V_{\Pi} = 189\,550 \text{ мм}^3$, масса $G_{\Pi} = 1,49 \text{ кг}$.

Размеры облоя: по формуле (8)

$$h_o = 0,015\sqrt{5085} = 1,15 \text{ мм};$$

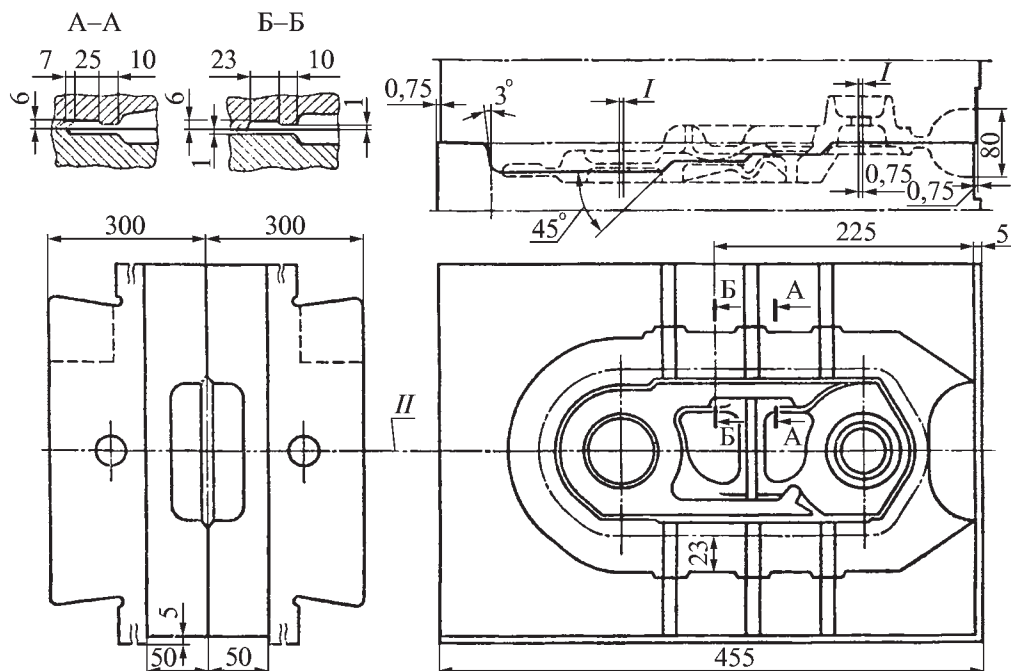


Рис. 59. Молотовый штамп для поковки звена гусеницы:

I — смещение центра ручья верхней половины штампа относительно центра ручья нижней половины штампа; *II* — ось хвостовика

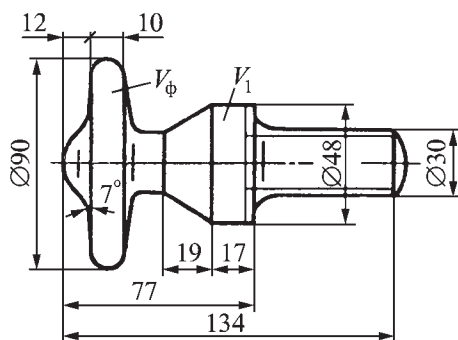


Рис. 60. Чертеж поковки с фланцем

в соответствии с табл. 7 ближайшее большее $h_0 = 1,6$ мм, форма облойной канавки — по рис. 17; номера канавки — 4 п. 2; ее размеры, мм; $h_0 = 1,6$, $b = 9$, $b_1 = 25$, $R = 1,5$; площадь канавки $S_{об.к} = 113$ мм².

По формуле (11) с учетом сделанных к ней замечаний определяют объем облоя:

на участке фланца (при $\xi = 0,6$ — см. табл. 8) $V_{об.ф} = 0,6 \cdot 113 \cdot 280 = 19\,000$ мм³;

на участке стержня $V_{об.1} = 0,6 \cdot 113 \times \times 340 = 23\,000$ мм³;

общий объем $V_0 = V_{об.ф} + V_{об.1} = 19\,000 + 23\,000 = 42\,000$ мм³.

Выбор переходов штамповки: объем фланца

$$\begin{aligned} V_{\phi} &= V_{\text{ц}} + 2V_{\text{к}} = \\ &= \frac{\pi 90^2}{4} 10 + 2 \frac{\pi 90^2}{4} \frac{1}{3} \frac{90}{20} \sin 7^\circ = \\ &= 63500 + 22800 = 86300 \text{ мм}^3, \end{aligned}$$

так как $V_{\phi} > 3 \frac{\pi d_{\text{мин}}^3}{4}$, т.е. $86\,300 \text{ мм}^3 >$

$> 635\,000 \text{ мм}^3$, то поковка согласно табл. 4 относится к типу Б, и для ее штамповки необходимы специальный протяжной и высадочный ручки.

Размеры заготовки зависят от объемов:

заготовки с учетом облоя $V_{п.о} = V_{п.} + V_{о} = 189\,550 + 42\,000 = 231\,550 \text{ мм}^3$;

заготовки с учетом потерь на угар ($\delta = 2\%$) по формуле (35)

$$V'_{зг} = 231\,550 \frac{100+2}{100} = 236\,000 \text{ мм}^3;$$

фланца с учетом облоя

$$\begin{aligned} V_{р.ф} &= V_{ф} + V_{об.ф} = \\ &= 86\,300 + 19\,000 = 105\,300 \text{ мм}^3; \end{aligned}$$

фланца с учетом потерь на угар ($\delta = 2\%$)

$$V'_{ф} = 105\,300 \frac{100+2}{100} = 107\,300 \text{ мм}^3.$$

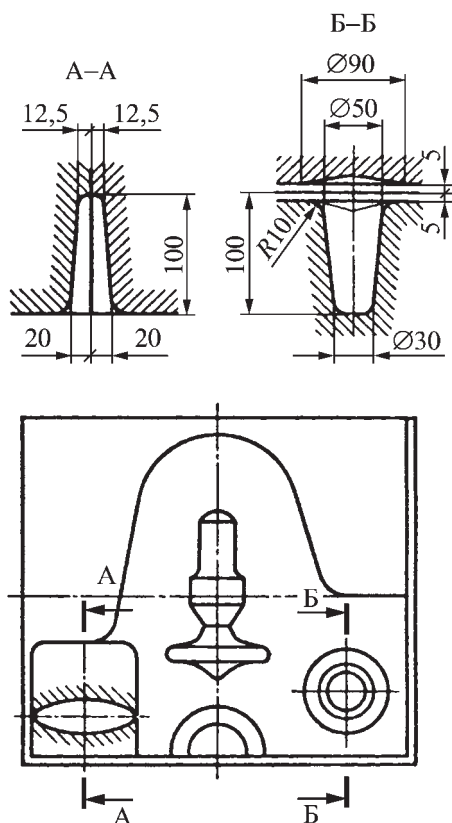


Рис. 61. Молотовый штамп для поковки с фланцем

Диаметр расчетной заготовки определяют по формуле (42):

$$D'_{зг} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 107\,300}{2,5\pi}} = 37,9 \text{ мм}.$$

Выбираем $D_{зг} = 40 \text{ мм}$, тогда $l_{зг} = 188 \text{ мм}$.

Расчет и построение высадного ручья (см. табл. 14, п. 15) начинают с определения его объемов:

$$V_{ф} = 107\,300 \text{ мм}^3 \text{ и } V'_1 = 128\,700 \text{ мм}^3.$$

Высоту фланца $h'_ф$ с учетом конусности 7° и выступа на торце принимают равной 10 мм (по размеру цилиндрического участка) и $h_{ф.ср} = 16 \text{ мм}$. Высота $h_1 = l_1 - (5 \dots 15) \text{ мм} = 107 - 12 = 95 \text{ мм}$.

Диаметры

$$d_{ср1} = \sqrt{\frac{4 \cdot 128\,700}{\pi \cdot 95}} \approx 41 \text{ мм}.$$

Принимают $d_{ср1} = 40 \text{ мм}$;

$$d_{ф} = \sqrt{\frac{4 \cdot 107\,300}{\pi \cdot 16}} = 92 \text{ мм}.$$

Принимают $d'_ф = 90 \text{ мм}$.

По полученным размерам выполняют графическое построение ручья, который показан в разрезе на чертеже штампа для данной поковки (рис. 61).

Расчет и построение специального протяжного ручья (см. табл. 14 п. 16) начинают с определения его размеров:

длины $l = 95 + 5 = 100 \text{ мм}$,

диаметра в среднем сечении $d_{ср} = 40 - (5 \dots 10) = 32,5 \text{ мм}$,

ширины $B = 1,5 \cdot 40 + 20 = 80 \text{ мм}$.

Ручей показан на чертеже штампа на рис. 61.

4-я подгруппа. *Пример 1.* На рис. 62 показаны: поковка коленчатой оси трактора, штамп для этой поковки и профиль гибочного ручья. Поковка

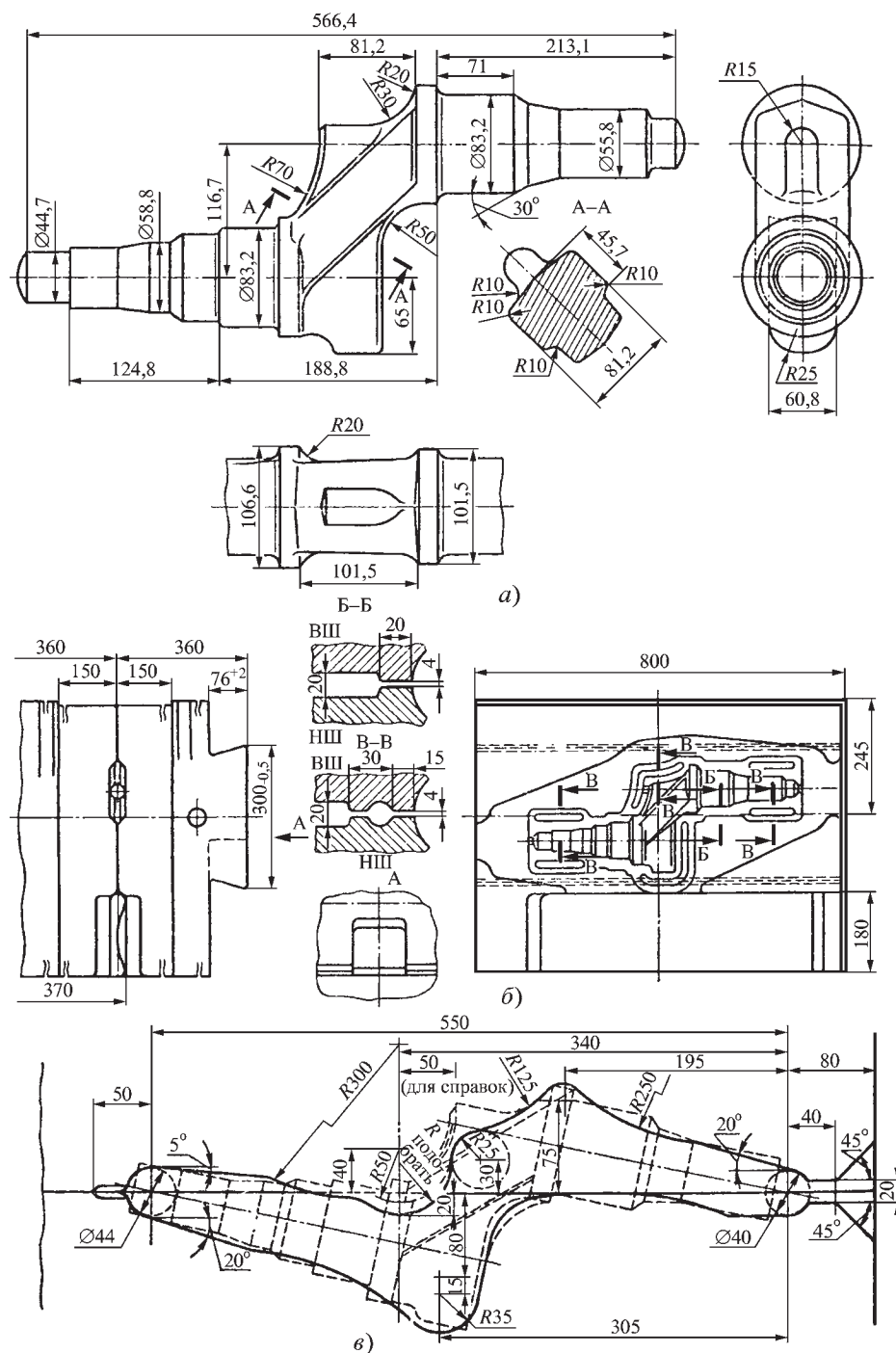


Рис. 62. Штамповка поковки коленчатой оси трактора:

a — поковка; *б* — молотовый штамп; *в* — профиль гибочного ручья; *ВШ* — верхняя половина штампа; *НШ* — нижняя половина штампа

относится к 4-й подгруппе, типу А (см. табл. 4). Построение профиля гибочного ручья выполняют методом вписывания в контур плана поковки (рис. 62, в). Кроме гибочного ручья

никаких заготовительных ручьев не применяют (рис. 62, б).

Пример 2. Поковка кронштейна и штамп, в котором ее изготовляют, приведены соответственно на рис. 63 и 64.

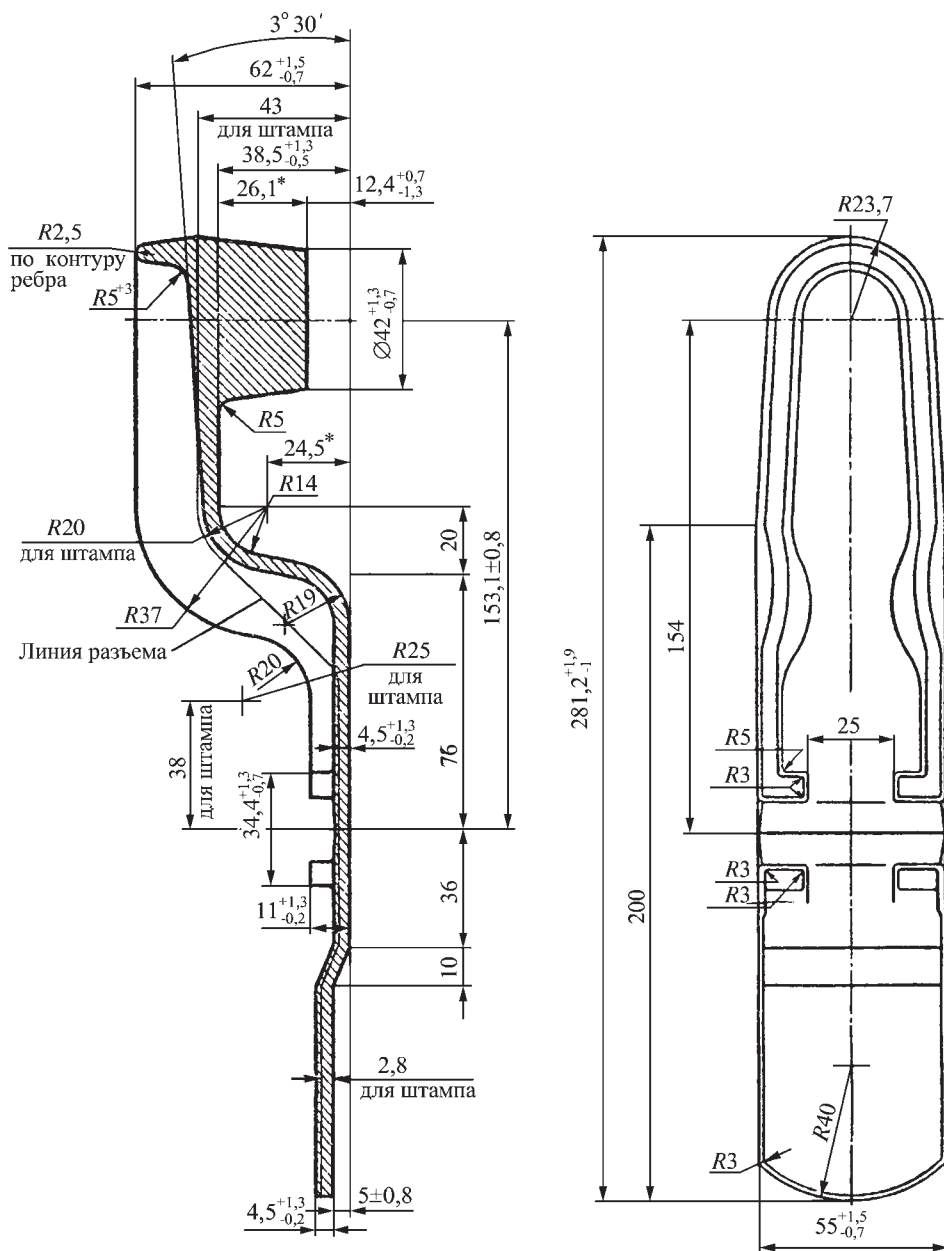


Рис. 63. Чертеж поковки кронштейна

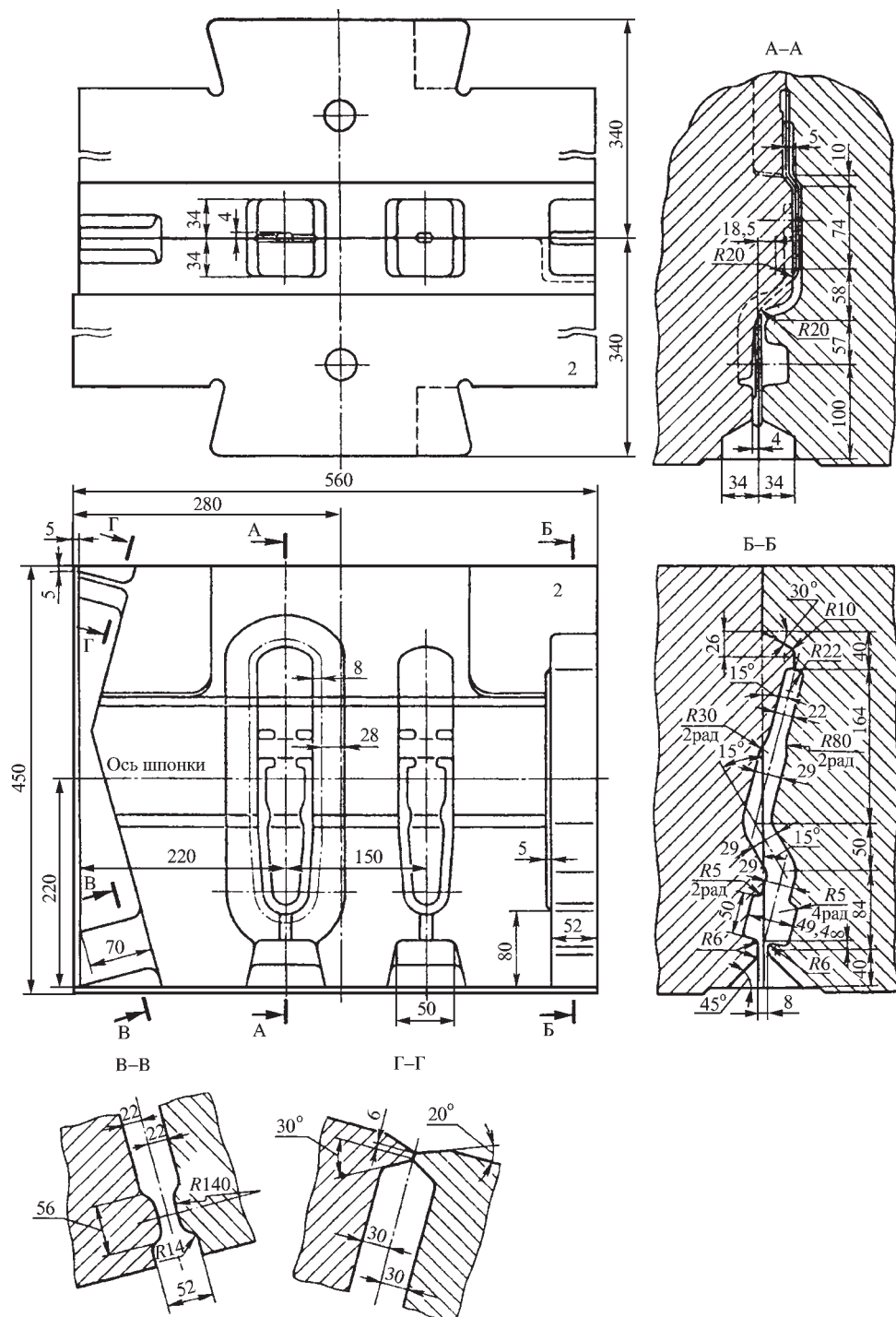


Рис. 64. Молотовый штамп для поковки кронштейна:
1 — верхний штамп; 2 — нижний штамп

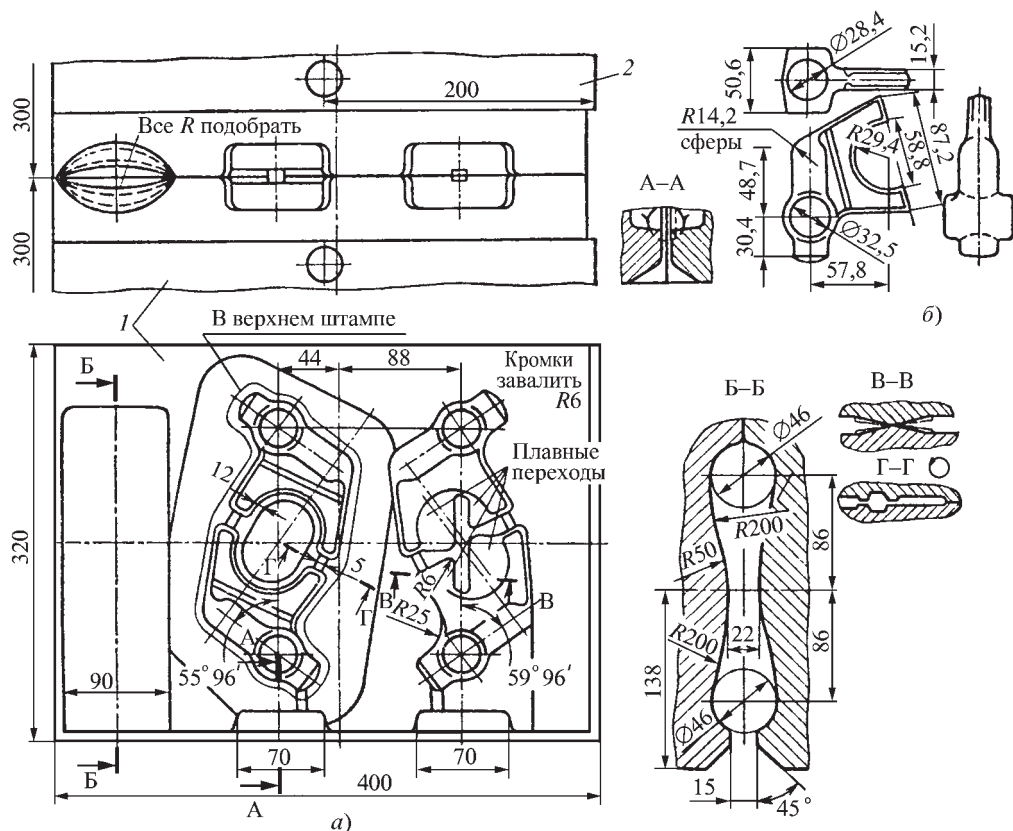


Рис. 67. Молотовый штамп (а) и горячая поковка (б) вилки включения блокировки дифференциала: 1 — нижний штамп; 2 — верхний штамп

Штамповку сложных коленчатых валов осуществляют, как правило, на агрегате, состоящем из нескольких штамповочных машин или линий. Для таких поковок (см. рис. 68) рекомендуется применять поэлементный метод расчета переходов штамповки и размеров исходной заготовки. В конфигурации поковок этого вида выделяют три элемента: передний участок с фланцем L_1 , средний коленчатый участок L_2 и хвостовую часть L_3 .

Первый участок с фланцем в зависимости от формы и размеров фланца может быть обработан только в молотовом штампе или высадкой элемента

молотовой поковки на ГKM. При определении необходимых переходов и размеров исходной заготовки участок с фланцем считают элементом с изогнутой осью.

Хвостовая часть L_3 содержит обычно утоненный элемент, требующий или применения какой-либо заготовительной операции (например, протяжки хвостовой части при подкатке), или устройства в молотовом штампе на этом участке увеличенной облойной канавки для размещения возможного избытка металла (см. рис. 68, б).

Определив переходы и размеры заготовки на отдельных участках, уста-

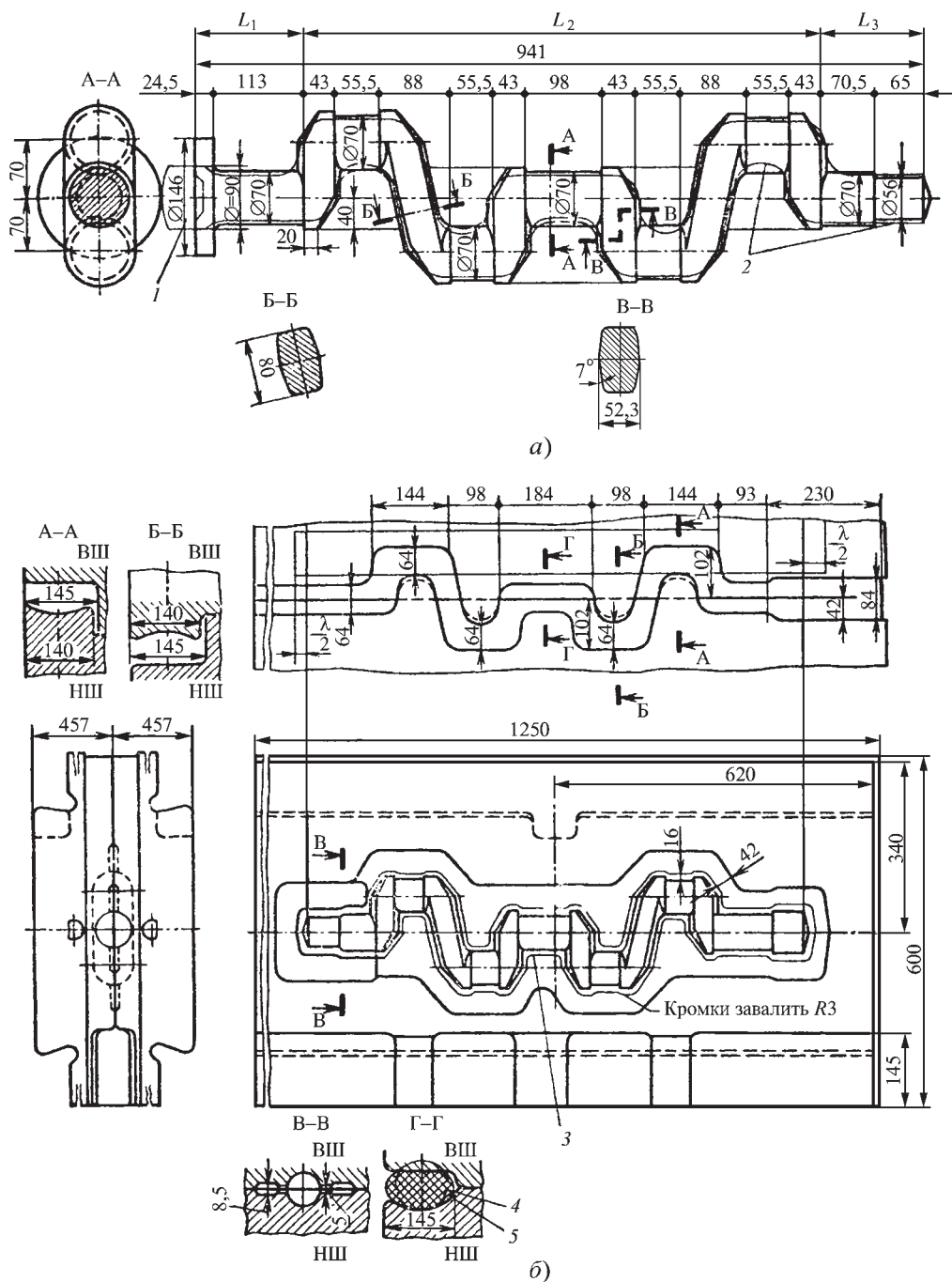


Рис. 68. Штамповка коленчатого вала:

а — поковка; б — молотовый штамп; 1 — бобышка под фланец; 2 — контур гибочного ручья; 3 — линия мостика обоя верхнего штампа (выполняют по контуру фигуры); 4 — сечение круглой заготовки; 5 — расплюснутый металл; ВШ — верхний штамп; НШ — нижний штамп

навливают необходимые переходы и размеры исходной заготовки для поковки в целом.

Молотовый штамп для штамповки коленчатого вала показан на рис. 68, б. Штамповку проводят из исходной заготовки диаметром 95 мм и длиной 1030 мм в двух ручьях (гибочном и окончательном), масса поковки 46 кг, заготовки — 57 кг. После штамповки на молоте и обрезки облоя выполняют высадку фланца на горизонтально-ковочной машине.

Поковки II группы, штампуемые вдоль оси заготовки (штамповка осадкой в торец).

1-я подгруппа. *Пример 1.* Чертежи поковки шестерни и поковки для

изготовления штампа приведены на рис. 69 и 70.

Основные параметры поковки:

$$D_{\Pi} = 216 + 2 \cdot 3 = 222 \text{ мм}; P_{\Pi} = 696 \text{ мм};$$

$$V_{\Pi} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ мм}^3; G_{\Pi} = 11 \text{ кг}.$$

Размеры облоя: $h_o = 0,015 \cdot 222 = 3,33 \text{ мм}$.

Выбираем облойную канавку I типа (см. рис. 16) и номеров 7 п. 2 (см. табл. 7) с параметрами: $h_o = 4 \text{ мм}$; $b = 14 \text{ мм}$; $b_1 = 38 \text{ мм}$; $S_{об.к} = 344 \text{ мм}^2$. Тогда по формуле (11) с учетом замечаний к этой формуле для поковок II группы с массой более 5 кг ($G_{\Pi} = 11 \text{ кг}$) и для канавки № 2 имеем

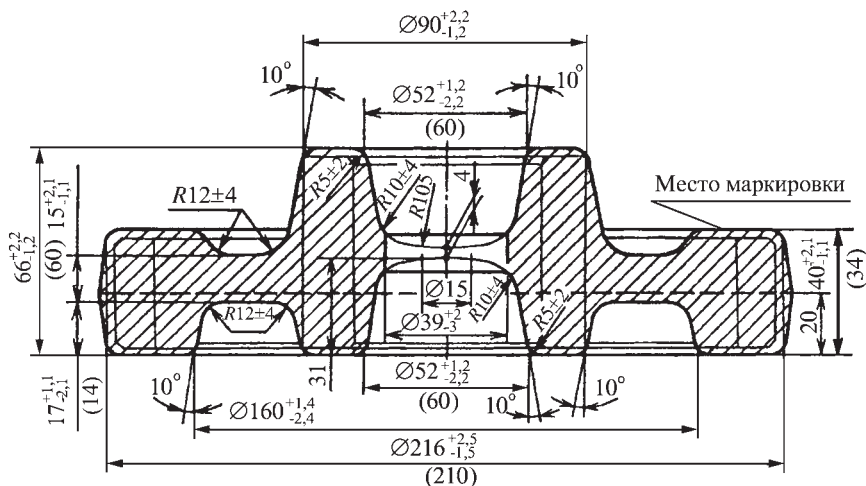


Рис. 69. Чертеж поковки шестерни

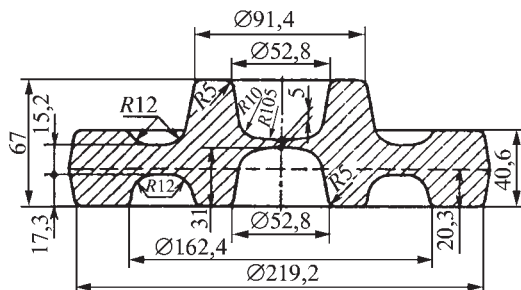


Рис. 70. Чертеж поковки шестерни для изготовления штампа

$\xi = 0,6$ (см. табл. 8) или $V_o = 0,6 \cdot 344 \cdot 696 \cdot 1,15 = 165\,000 \text{ мм}^3$.

Размеры заготовки: $V_{п.о} = V_{п} + V_o = 1\,400\,000 + 165\,000 = 1\,565\,000 \text{ мм}^3$ и с учетом угара $V'_{зг} = 1,02 \cdot 1\,565\,000 = 1\,595\,000 \text{ мм}^3$.

Для облегчения отрезки заготовки принимают большее значение коэффициента m при определении ее диаметра по формуле (44):

$$m = \frac{L_{зг}}{D_{зг}} = 2,5.$$

По формуле (45)

$$D'_{зг} = 1,083 \sqrt[3]{\frac{1\,595\,000}{2,5}} = 93 \text{ мм}.$$

Выбираем заготовку диаметром 100 мм ($D_{зг} = 100 \text{ мм}$).

Тогда длина заготовки

$$L_{зг} = \frac{1\,595\,000}{\frac{\pi \cdot 100^2}{4}} = 203 \text{ мм}.$$

Выбор переходов штамповки: для штамповки поковки следует применить площадку для осадки и окончательный ручей.

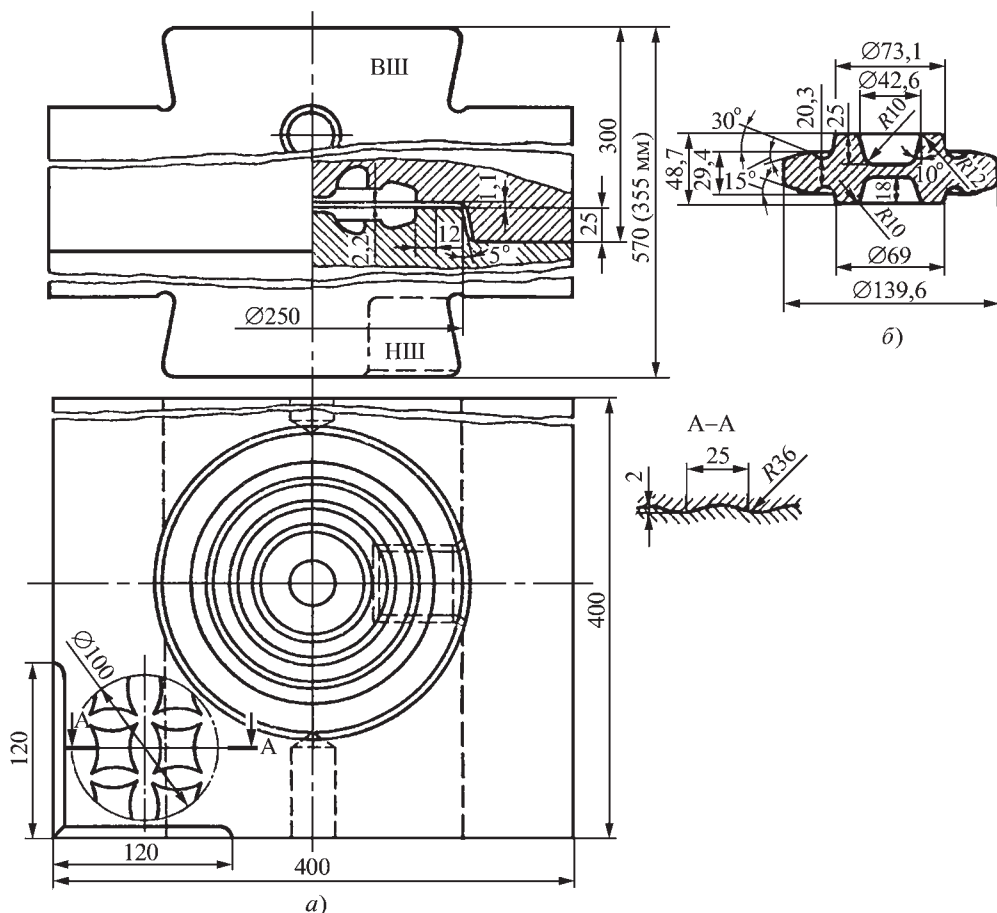


Рис. 72. Молотовый штамп (а) и горячая поковка (б) шестерни:
ВШ — верхний штамп; НШ — нижний штамп

Конструирование площадки для осадки и определение размеров штамповых кубиков: чтобы избежать образования зажимов, желательно заготовку осадить — получить лепешку диаметром 160 мм, которая перекрывала бы выступ. Поэтому задаемся размером $d = 160$ мм, определяем при построении $a = 560$ мм, $b' = 450$ мм (см. табл. 14, п. 22).

Чертеж штампа приведен на рис. 71.

Пример 2. В открытом штампе для поковки шестерни поковку (рис. 72, а, б) штампуют на площадке для осадки и в окончатель-

ном ручье. В штампе предусматривают кольцевой замок и облойную канавку IV типа (см. рис. 16), благодаря которой снижается расход металла на облой. Площадка для осадки выполнена с волнистыми рифлениями, позволяющими сбить окалину с торцов заготовки при осадке и получить осадку с меньшей бочкообразностью, чем на площадке без рифлений. Штамповку ведут на молоте с мас сой падающих частей 2000 кг.

2-я подгруппа. *Пример.* На рис. 73 приведен чертеж поковки крестовины и молотового штампа. Так

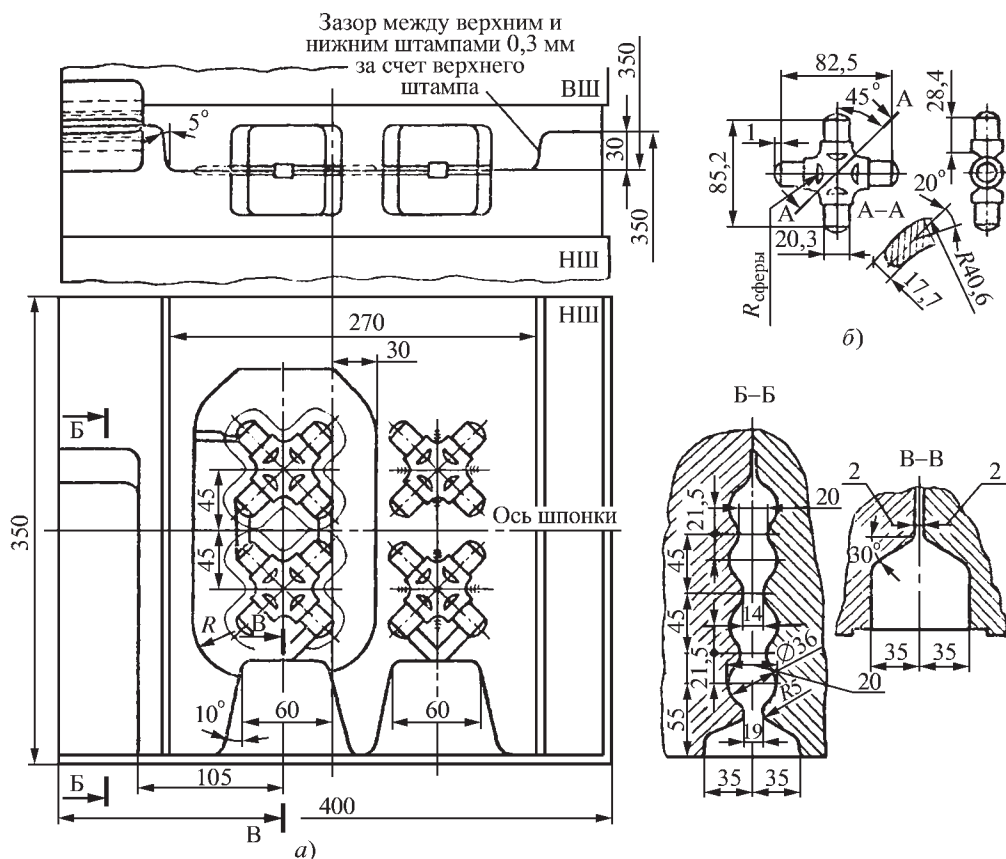


Рис. 73. Молотовой штамп (а) и горячая поковка (б) крестовины:

ВШ — верхний штамп; НШ — нижний штамп

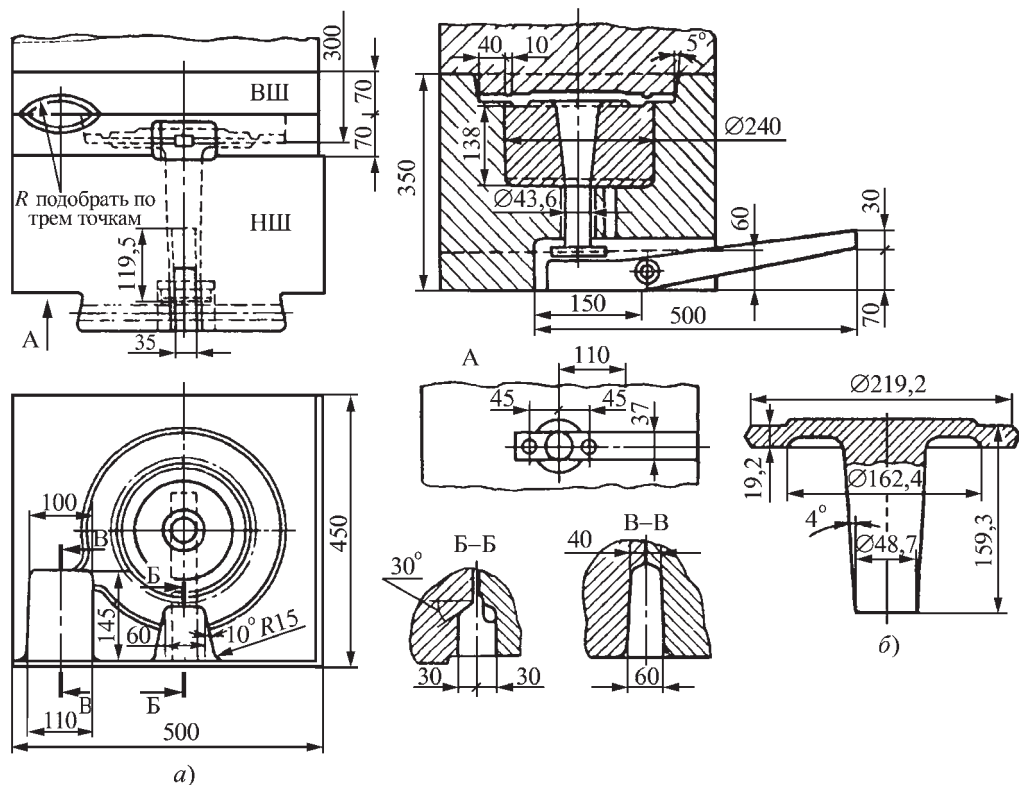


Рис. 74. Молотовый штамп (а) и горячая поковка (б) оси переднего колеса трактора

как поковка небольших размеров, то применяют многоштучную штамповку (на две поковки), что приводит к увеличению производительности и экономии металла из-за хорошего взаимного расположения деталей. Поковку приводят к поковкам I группы 1-й подгруппы.

По значению коэффициента подкатки выбирают закрытый подкатной ручей, а по наличию отrostков большой длины — предварительно-заготовительный ручей. Штамповку выполняют на молоте с массой падающих частей 2500 кг.

3-я подгруппа. *Пример 1.* При изготовлении поковки оси переднего колеса трактора (рис. 74, б) из-за большого объема фланца и простой его формы применяют в качестве

заготовительного ручья один специальный протяжной ручей (см. табл. 14, п. 25), расчет которого аналогичен расчету, приведенному в примере 1 для поковок I группы 3-й подгруппы (см. рис. 61). В штампе (рис. 74, а) предусмотрен кольцевой замок. Особенность штампа — наличие нижнего рычажного выталкивателя. Штамповку проводят на молоте с массой падающих частей 4000 кг.

Пример 2. Для поковки типа стержня с несимметричным фигурным фланцем (рис. 75, б) при протяжке части заготовки на меньший диаметр применяют специальный протяжной ручей, а для смещения объема металла фланца относительно стержня — гибочный ручей. В штампе

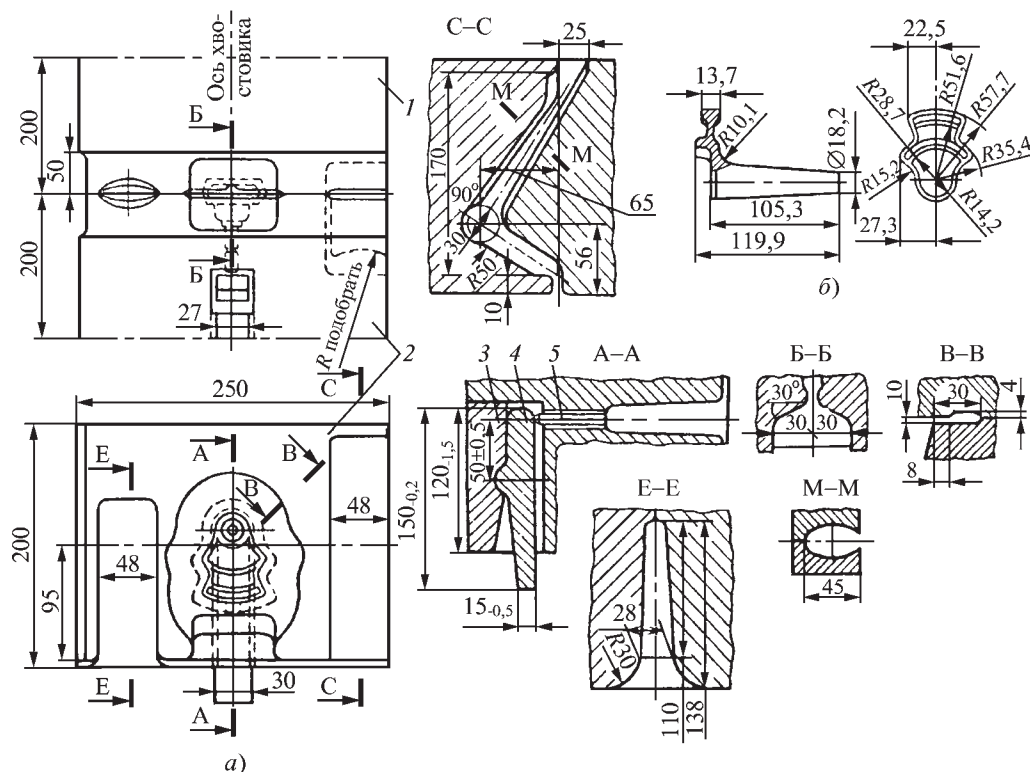


Рис. 75. Молотовый штамп (а) и горячая поковка (б) типа стержня с несимметричным фланцем: 1 — верхний штамп; 2 — нижний штамп; 3 — пластина; 4 — рычаг; 5 — выталкиватель

(рис. 75, а) имеется нижний рычажный выталкиватель. Штамповку выполняют на молоте с массой падающих частей 630 кг.

17. ПРИМЕРЫ ШТАМПОВКИ В ЗАКРЫТЫХ ШТАМПАХ

Поковки II группы, штампуемые вдоль оси заготовки (штамповка осадкой в торец).

1-я подгруппа (поковки круглые в плане). *Пример 1.* Спроектировать штамп и выбрать оборудование для штамповки поковки зубчатого венца (рис. 76, б). Материал поковки — сталь 18ХГТ.

Основные параметры поковки:
диаметр $D_{\text{п}} = 221$ мм;

площадь проекции $F_{\text{п}} = 55,4 \cdot 10^3$ мм²;
объем $V_{\text{п}} = 1,370 \cdot 10^6$ мм³;
масса $G_{\text{п}} = 10,75$ кг.

Основные размеры заготовки определяют по объему поковки с учетом 3 % угара (двукратный нагрев заготовки в мазутной печи):

$$V_{\text{зг}} = 1,03 \cdot 1,370 \cdot 10^6 = \\ = 1,410 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Выбирают значение коэффициента m при определении диаметра прутка по формуле (44):

$$m = \frac{L_{\text{зг}}}{D_{\text{зг}}} = 2,0.$$

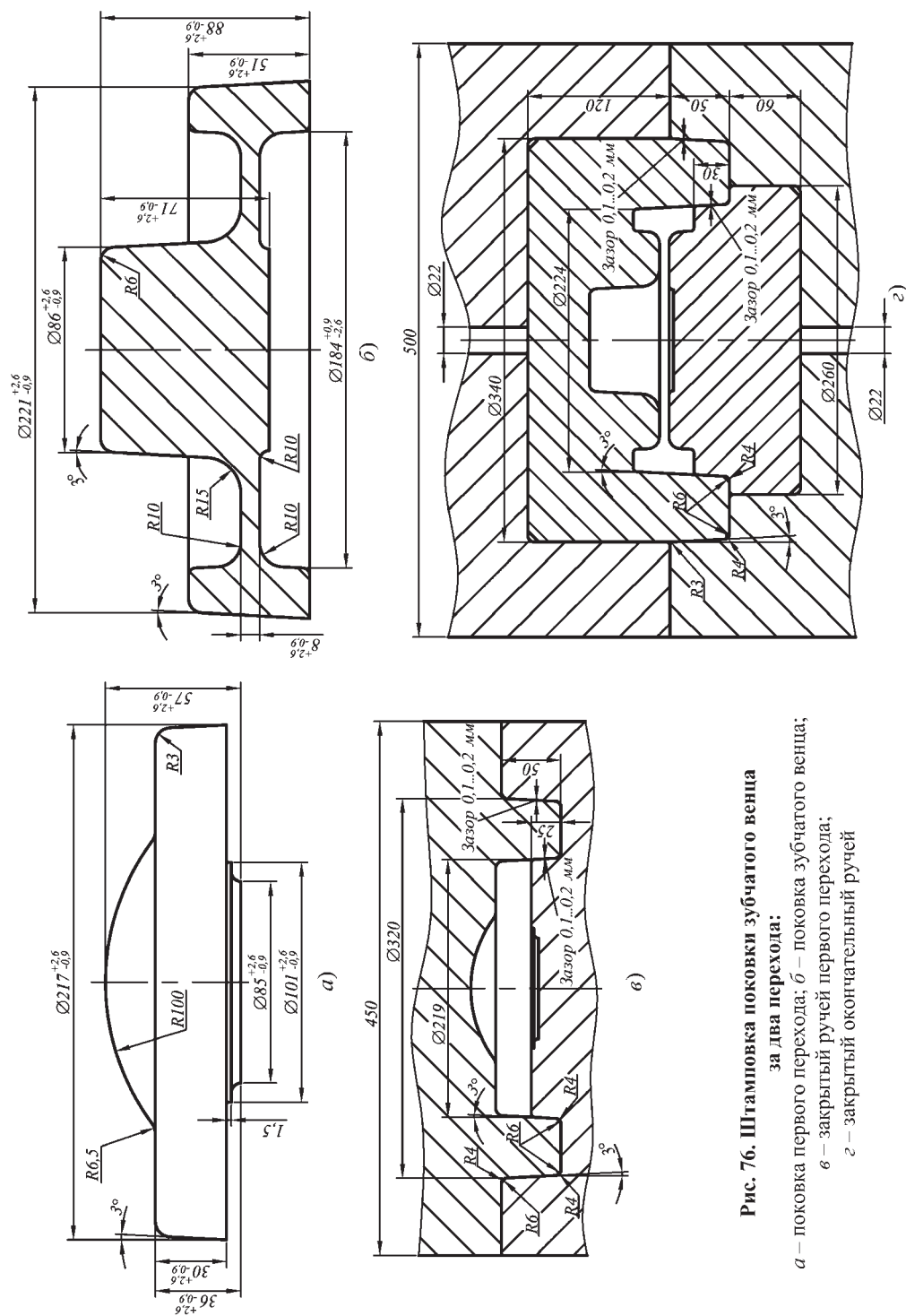


Рис. 76. Штамповка поковки зубчатого венца за два перехода:
 а – поковка первого перехода; б – поковка зубчатого венца;
 в – закрытый ручей первого перехода;
 г – закрытый окончательный ручей

По формуле (45):

$$D_{\text{зг}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\text{зг}}}{m}} =$$

$$= 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,410 \cdot 10^6}{2,0}} = 96,2 \text{ мм.}$$

Выбирают пруткок диаметром 100 мм, т.е. $D_{\text{зг}} = 100$ мм. Тогда окончательная длина заготовки $L_{\text{зг}} = 179$ мм.

Переходы штамповки. Для повышения стойкости штампа на первом переходе осуществляют осадку исходной заготовки в безоблойном ручье до расчетных размеров (рис. 76, а), с целью распределения материала по сечению, создания базы для фиксации ее в окончательном ручье (по диаметру 85 мм) и получения требуемой высоты. На первом переходе заготовка центрируется в выемке диаметром 101 мм. Окончательную штамповку проводят также в безоблойном ручье.

Конструирование ручьев и определение размеров штамповых кубиков. Для упрощения и удешевления процесса изготовления штампа рационально осадку и окончательную штамповку проводить на разном оборудовании.

Для одноручьевого осадочного штампа, на котором заготовку осаживают до диаметра 219 мм, выбирают кубик с размерами зеркала 450×450 мм. Конструкция осадочного ручья приведена на рис. 76, в. Для одноручьевого окончательного штампа выбирают кубик с размерами зеркала 500×500 мм. Конструкция окончательного ручья приведена на рис. 76, г. Масса падающих частей молота 2000 кг.

Пример 2. Изготовление поковки втулки (рис. 77, а), штампуемой в два перехода.

Для центрирования заготовки в окончательном ручье в левом углу

штампа (рис. 77, б) предусматривается предварительный ручей, в котором заготовка осаживается с образованием центральной впадины. По этой впадине заготовка фиксируется в штамповочном ручье. Применяют штамп с двойным (двухступенчатым) замком, что обеспечивает более высокую стойкость нижней части штампа.

Пример 3. Изготовление поковки шестерни бортового редуктора (рис. 78, а) массой 42,7 кг, штампуемой в два перехода из заготовки диаметром 140 мм. Материал поковки — сталь 18ХГТ.

На первом переходе заготовку осаживают на лицевой поверхности угла штампа до диаметра 150 мм. Фиксацию заготовки в окончательном ручье (рис. 78, б) производят по кольцевому выступу нижнего штампа, имеющему диаметр, равный диаметру средней полости верхнего штампа. Сменные вставки окончательного ручья упрощают его изготовление и удлиняют срок эксплуатации. Конструкция штампа с контрзамком облегчает укладку тяжеловесной заготовки в ручей штампа.

Пример 4. Изготовление грибовидной поковки (рис. 79, а) массой 1,9 кг, штампуемой в два перехода из заготовки $\varnothing 55 \times 105$ мм на молоте с массой падающих частей 1000 кг. Материал поковки — сталь 40.

Штамп имеет подкатной и окончательный ручьи (рис. 79, б). Окончательный ручей в нижней половине штампа выполнен в быстросъемной вставке, закрепленной в кубике с помощью двух упорных болтов. Нижняя половина штампа предназначена для работы в паре с разными вставками (для разных, но близких по размерам поковок) и соответственно с разными верхними половинами штампа.

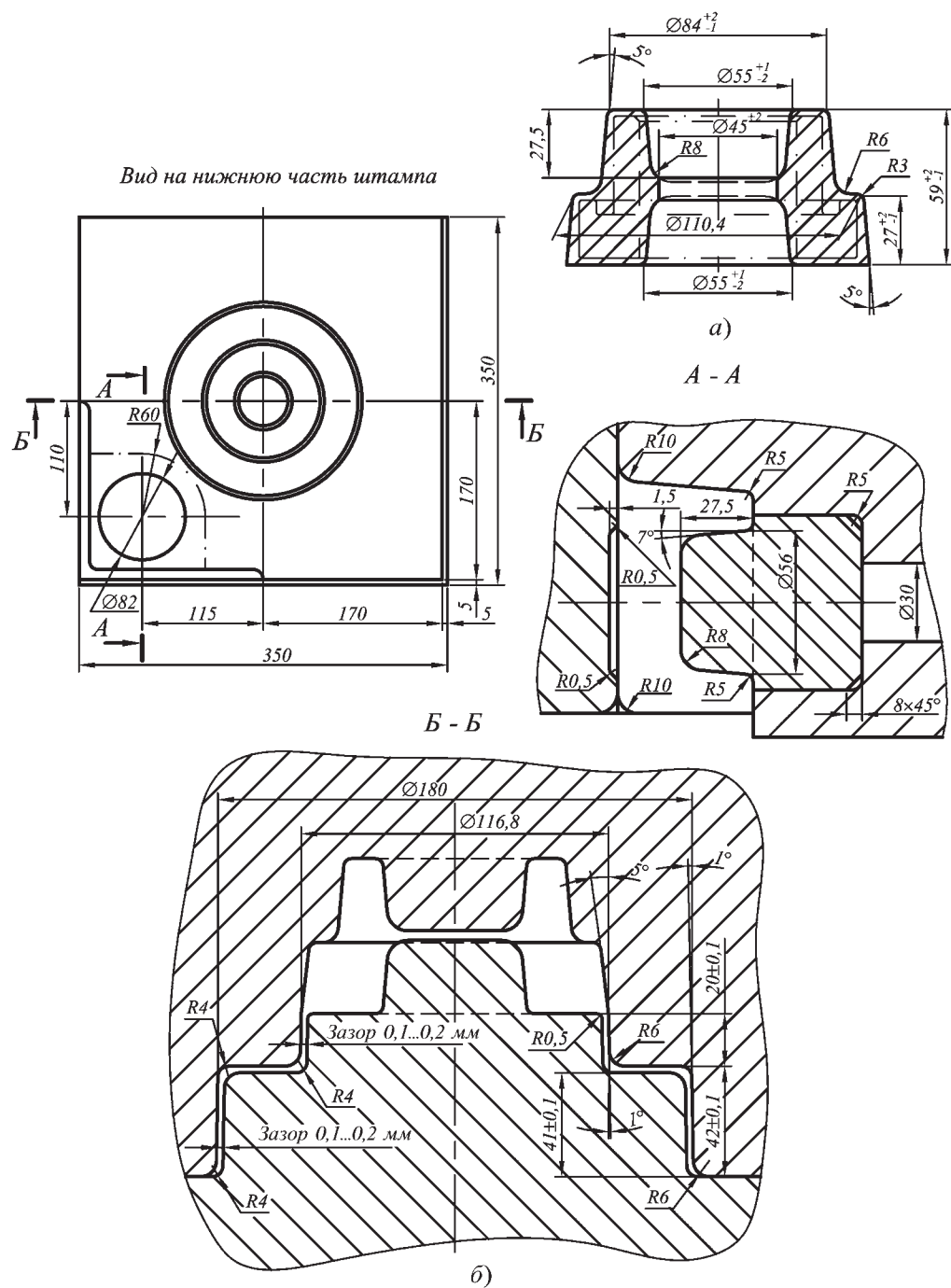


Рис. 77. Чертеж поковки втулки (а) и закрытого молотового штампа (б)

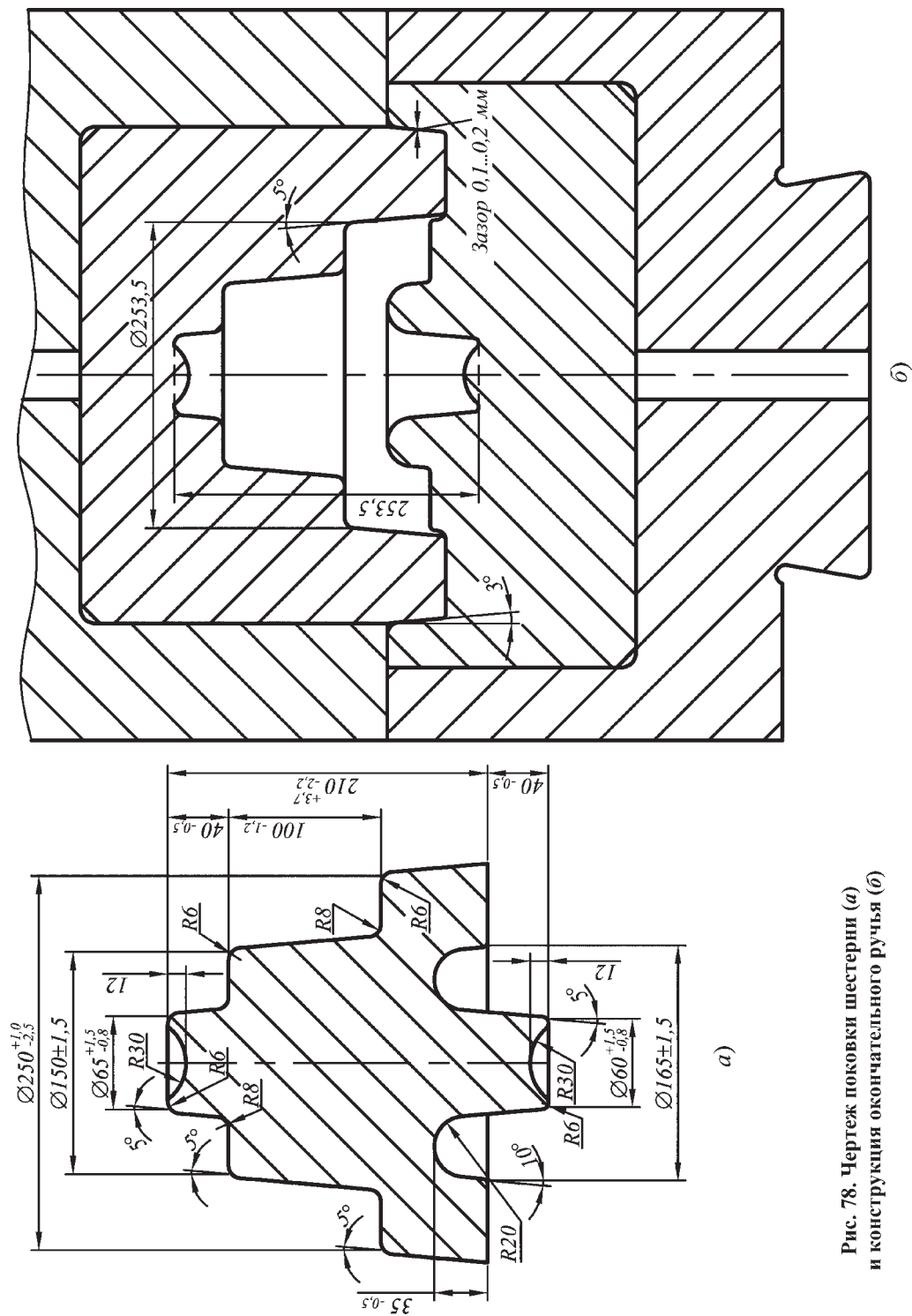
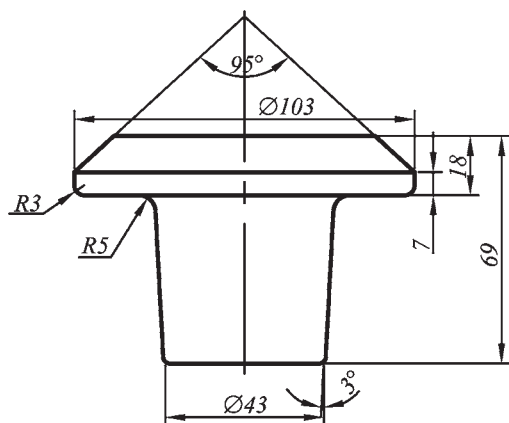


Рис. 78. Чертеж поковки шестерни (а) и конструкция окончательного ручья (б)



а)

Вид на нижнюю часть штампа

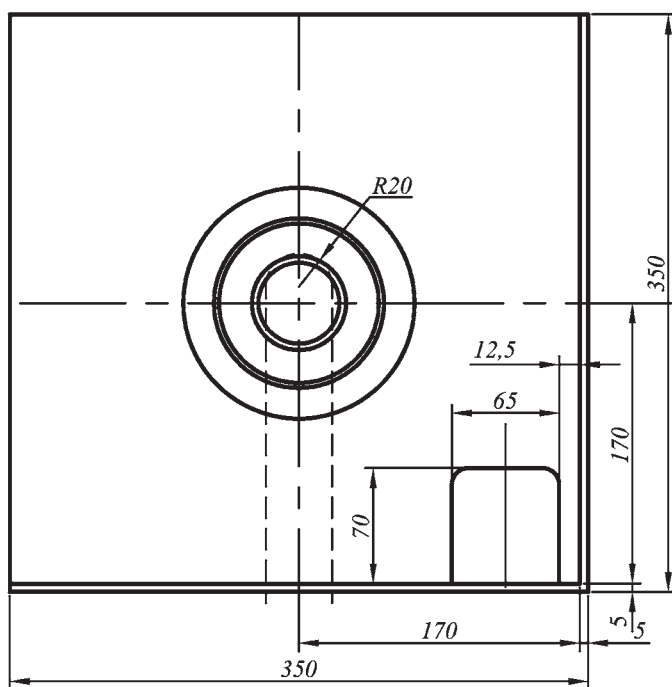


Рис. 79. Чертеж горячей грибовидной поковки (а) и закрытого молотового штампа (б)

Для удаления грибовидных, болтообразных и других поковок, имеющих удлиненный стержень, используют выталкиватель, приводимый в действие с помощью пневмоцилиндра и рычага. Для удаления окалины из ниж-

ней полости штампа на головке выталкивателя предусмотрены четыре продольных канавки.

3-я подгруппа (поковки типа стержня с фланцем). *Пример 1.* Поковку вала-муфты сцепления

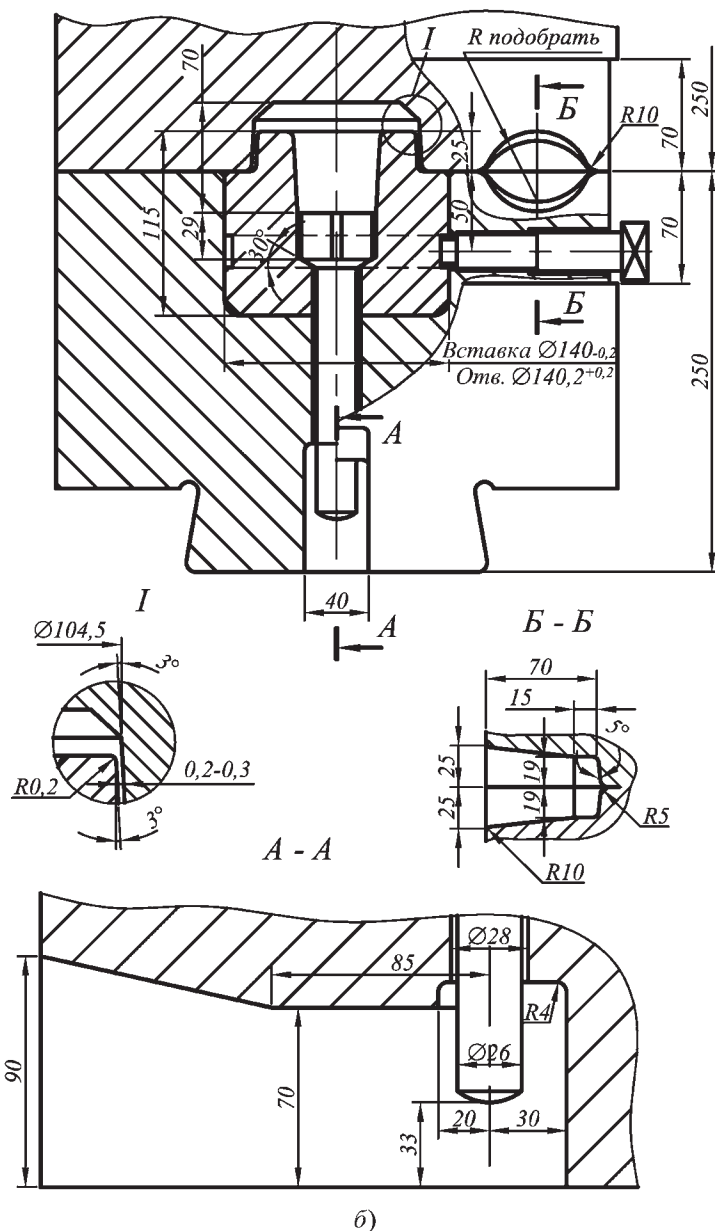


Рис. 79. Окончание

(рис. 80, а) штампуют за три перехода в протяжном закрытом, подкатном и окончательном безоблойном ручьях (рис. 80, б). Естественным компенсатором неточности объема заготовки служит полость ручья, в которой раз-

мешается стержень поковки. Вместо заготовительных ручьев для получения стержневой части поковки может быть применена вальцовка.

Поковку вала-муфты сцепления массой 24,5 кг штампуют из заготовки

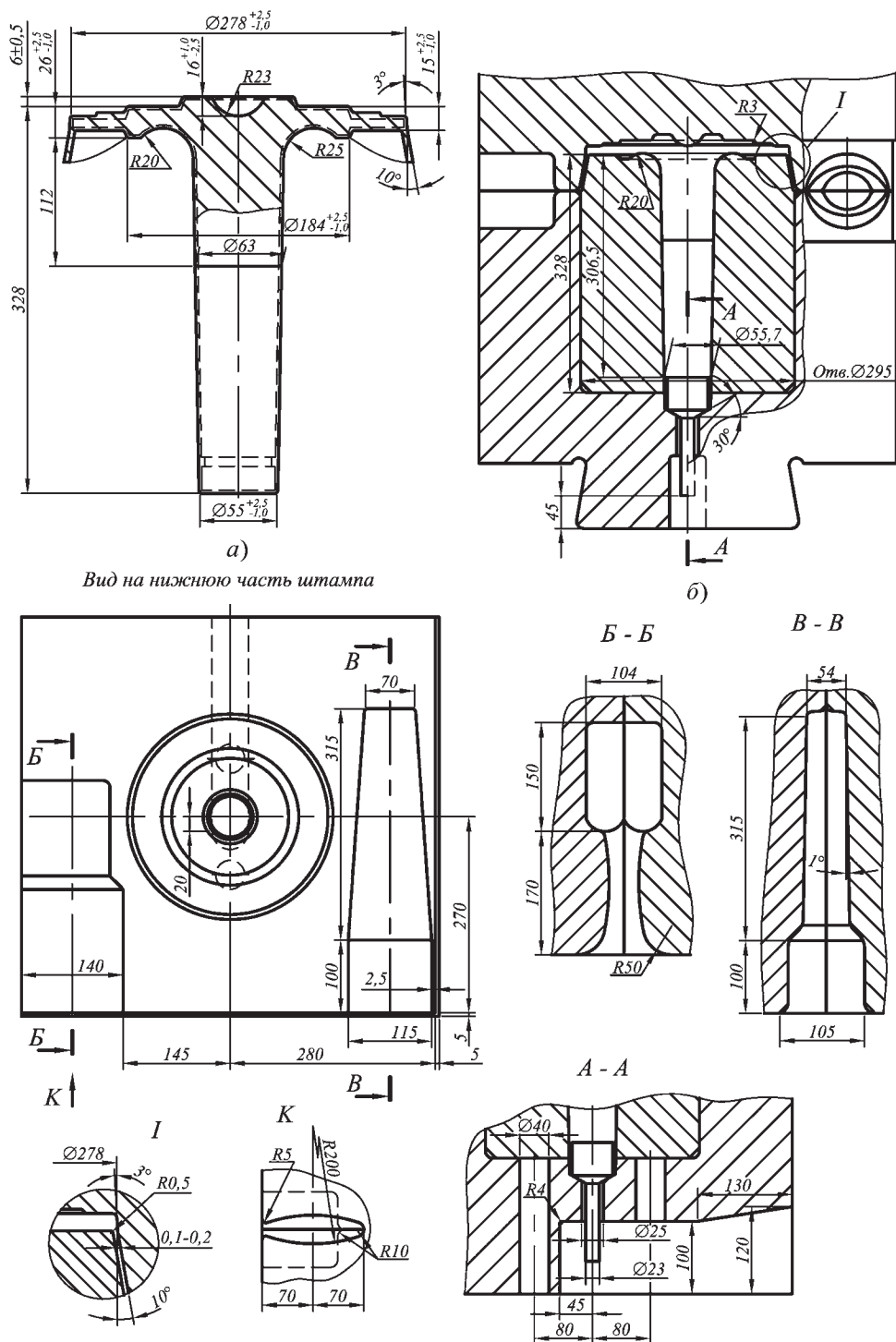
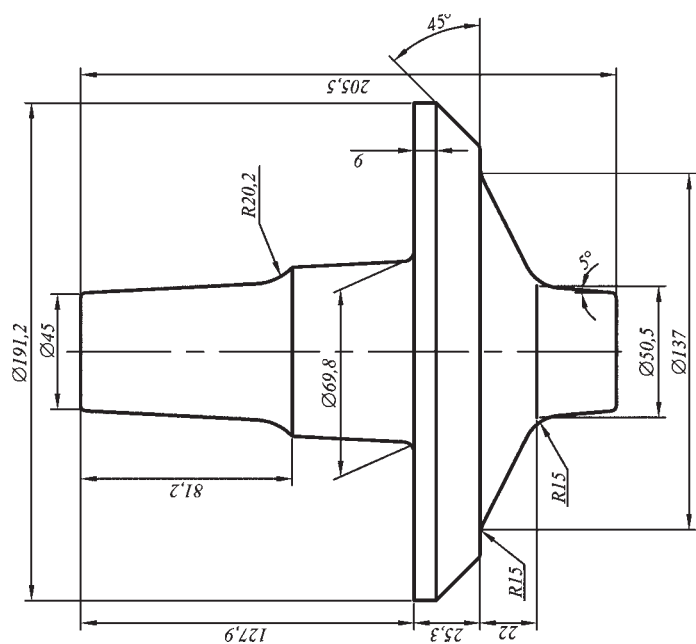
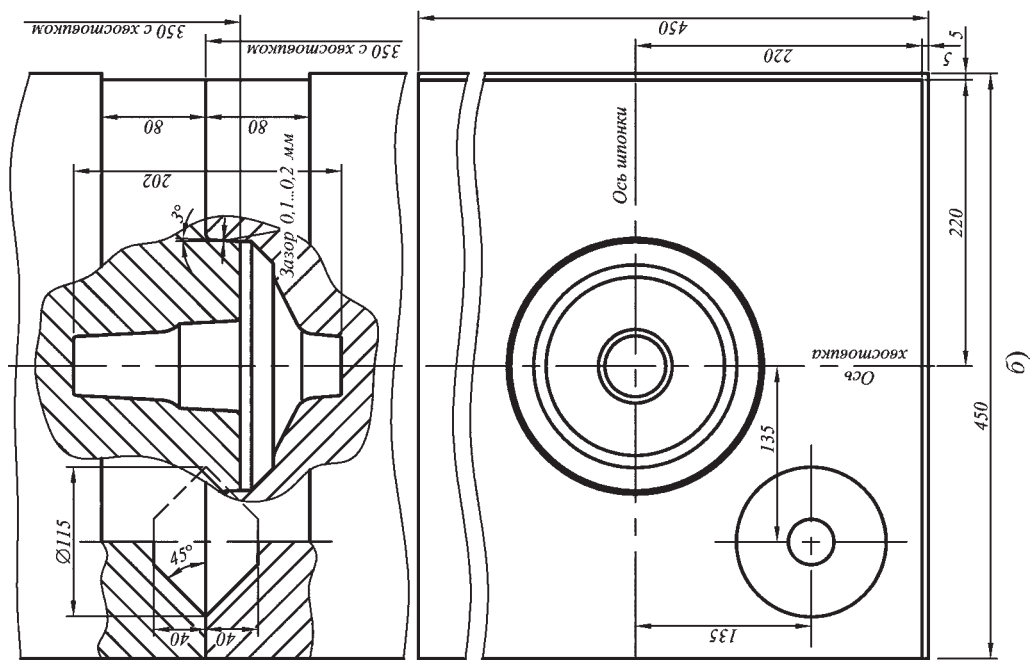


Рис. 80. Чертеж поковки вала-муфты сцепления (а) и трехручьевого молотового штампа (б)



1. Неуказанные штамповочные уклоны 3°
2. Неуказанные радиусы закругления 3 мм
3. Учтена усадка 1,2%

а)

Рис. 81. Чертеж горячей поковки клапана (а) и закрытого молотового штампа (б)

диаметром 105 мм на молоте с массой падающих частей 5000 кг.

Пример 2. Поковку клапана массой 8,3 кг штампуют в два перехода на молоте с массой падающих частей 3000 кг из заготовки $\varnothing 95 \times 150$ мм [1]. Материал поковки — сталь 50. Чертеж горячей поковки для изготовления штампа приведен на рис. 81, а. Штамп (рис. 81, б)

имеет специальный осадочный ручей и окончательный закрытый ручей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабенко В.А., Бойцов В.В., Воллик Ю.П.** Объемная штамповка: Атлас схем и типовых конструкций штампов. М.: Машиностроение, 1982. 104 с.

Глава 4

ШТАМПОВКА НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ

1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ШТАМПОВКИ НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ

Кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП) применяют для выполнения операций горячей штамповки, требующих необходимой жесткости конструкций в соответствии с требованиями к точности поковок. Применение КГШП эффективно в крупносерийном и массовом производстве поковок при использовании в сочетании с ковочными вальцами (периодическим прокатом), индукционными нагревателями, средствами автоматизации. Современное штамповочное производство автомобильных заводов (ВАЗ, КамАЗ) базируется на использовании КГШП, в том числе оснащенных средствами автоматизации. КГШП имеет ряд технологических и эксплуатационных преимуществ по сравнению со штамповкой на молотах:

1. Выше точность поковок по высоте из-за постоянства хода пресса, а сдвиг поковок в плоскости разреза штампов предотвращается путем надежного направления ползуна и точного совпадения верхней и нижней частей штампа за счет направляющих колонок и втулок.

2. Экономия металла и сокращение последующей обработки поковок резанием из-за уменьшения штамповочных уклонов и припусков, так как поковки удаляют из штампов верхними и нижними выталкивателями.

3. Более высокая производительность (в среднем в 1,4 раза, а при штамповке поковок шестерен — в 2

раза), так как деформация в каждом ручье штампа на КГШП происходит за один ход, а на молоте — за несколько ударов.

4. При штамповке на КГШП можно применять автоматические переключатели заготовок по ручьям штампов и полностью автоматизировать процесс штамповки.

5. Более спокойный, безударный характер работы, меньше шума, вибраций и сотрясений почвы, что способствует улучшению условий труда и позволяет устанавливать КГШП в зданиях облегченной конструкции.

6. КПД пресса в 2—4 раза выше, чем у молота.

7. Надежность КГШП выше, чем у молотов, штоки которых часто и непредвиденно ломаются.

8. Работа на прессах более простая, не требуется регулирование энергии удара.

Недостатками штамповки на КГШП по сравнению с молотами являются следующие:

1. Меньшая универсальность, из-за жесткого хода ползуна при штамповке на КГШП не применяют протяжку и подкатку заготовок.

2. Необходимость очистки заготовок от окалины перед штамповкой, так как деформация проходит за один ход пресса и окалина может быть заштампована в тело поковки.

3. Ввиду худшего заполнения полостей при штамповке на КГШП требуется большее количество ручьев, чем при штамповке на молотах.

4. Более сложные конструкции штампов и большая трудоемкость их регулировки.

5. Стоимость КГШП в 3–4 раза выше, чем стоимость эквивалентного по мощности молота.

6. Возможность заклинивания и поломки прессов при крайнем нижнем положении ползуна в случае перегрузки из-за недопустимых отклонений температуры или объема заготовок от их нормальных значений.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКОВОК

Поковки, штампуемые на КГШП, подразделяют:

— в зависимости от *характера течения металла* при штамповке на два класса: класс поковок, получаемых с преобладанием процесса осадки, и класс поковок, получаемых с преобладанием процесса выдавливания;

— в зависимости от *конфигурации и сложности изготовления* на пять основных групп, в каждой из которых выделяют по три подгруппы (рис. 1) с соответствующей технологией изготовления поковок.

I группа — поковки круглые или квадратные в плане и близкие к этой




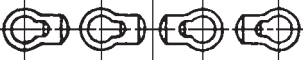
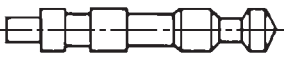
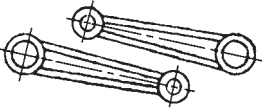
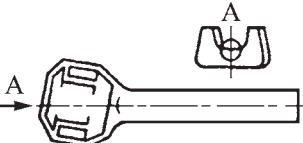
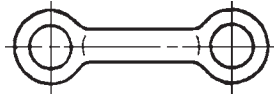



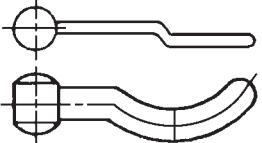
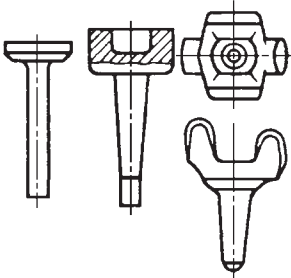
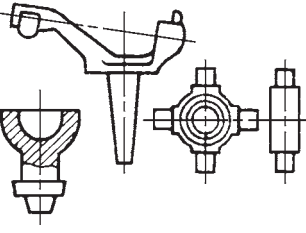
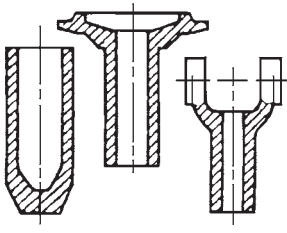
Группа	Подгруппа		
	1	2	3
I			
II			
III			
IV			
V			

Рис. 1. Классификация поковок, штампуемых на КГШП

форме, поковки типа шестерен, фланцев, втулок, ступиц, штампуемые осадкой в торец или осадкой с незначительным выдавливанием. Поковки 1-й подгруппы штампуют за один переход (окончателный ручей), 2-й и 3-й подгрупп — соответственно за два и три перехода с применением площадки для осадки и (или) заготовительно-подготовительного ручья.

Штамповку осуществляют в открытых и закрытых штампах. Заготовки, как правило, укладывают в ручей вертикально (на торец), но если разница между высотой и диаметром заготовки незначительна (до 1,5 : 1), заготовки можно укладывать горизонтально.

II группа — поковки удлиненной формы типа тяг, проушин, валиков с небольшой разницей в площадях поперечных сечений вдоль оси. Штамповку осуществляют, как правило, без предварительной подготовки заготовок. Поковки 1-й подгруппы штампуют за один переход, 2-й подгруппы — за два. В поковках 3-й подгруппы разницу поперечных сечений уменьшают за счет спаривания поковок и штамповку осуществляют за три перехода. При этом для подготовки заготовок достаточно лишь пережимного ручья.

III группа — поковки удлиненной формы типа рычагов, шатунов, коленчатых валов со значительной разницей в площадях поперечных сечений вдоль оси. Для изготовления этих поковок необходимы заготовки, предварительно подготовленные высадкой на ГКМ или выдавливанием (1-я подгруппа), вальцовкой на ковочных вальцах, станках поперечно-клиновой прокатки или на другом аналогичном оборудовании (2-я подгруппа) и комбинированными процессами (3-я подгруппа). Металл для отростков поковки может быть набран при местном выдавливании в предварительно-заготовительном ручье. При штамповке поковок с

развилинами в предварительном ручье применяют рассекатели.

IV группа — поковки с изогнутой осью. При изготовлении поковок 1-й подгруппы применяют штампы с замком; 2-й подгруппы — гибочные ручьи; 3-й подгруппы — штампы с замком и гибочными ручьями. При штамповке особо сложных поковок с изогнутой осью заготовки часто получают на отдельном оборудовании, а в штампах помимо гибочных применяют все виды других ручьев, в том числе и рассекатели.

V группа — поковки, изготавливаемые выдавливанием в цельных и разъемных матрицах как в направлении, параллельном оси поковки, так и перпендикулярном. У поковок типа стержня с утолщением (1-я подгруппа) стержневые элементы получают выдавливанием металла в направлении оси поковки (прямым выдавливанием), а отдельные выступы — обратным выдавливанием (закрытой прошивкой). У поковок с утолщениями или отростками (2-я подгруппа) выдавливание металла происходит в направлениях, перпендикулярных к оси поковки, причем выдавливание может быть и комбинированным, т.е. наряду с поперечным выдавливанием выполняют прямое. У поковок с глухой или сквозной полостью (3-я подгруппа) полые элементы образуются выдавливанием металла в замкнутую кольцевую полость (заготовки могут быть сплошными, с отверстиями и из труб); при изготовлении поковок с полостями или выступами с двух сторон применяют разъемные матрицы и двустороннее движение пуансонов.

Некоторые поковки в зависимости от варианта штамповки можно отнести к различным группам, например, поковки сателлита, штампуемые по одной штуке, относят к I группе, 1-й подгруппе (рис. 2, а), а поковки, штампуемые из длинной заготовки по 3...6 штук —

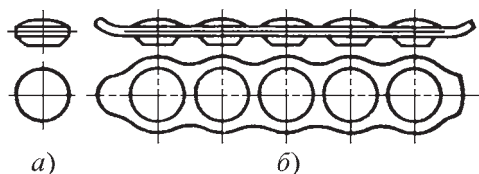


Рис. 2. Способы штамповки поковки сателлита:
а — по одной поковке; б — поковки соединены в цепочку

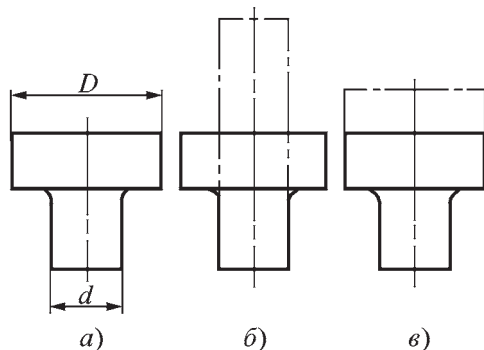


Рис. 3. Способы штамповки фланцевой втулки (а):
б — высадкой; в — выдавливанием

ко II группе, 1-й подгруппе (рис. 2, б); поковку типа фланцевой втулки (рис. 3, а) можно получить высадкой (рис. 3, б) соответствующего участка заготовки диаметром d (I группа поковок) или же выдавливанием (рис. 3, в) стержня из заготовки диаметром D (V группа). При многоступенчатой штамповке мелкие поковки могут также располагаться по несколько штук в одной заготовке.

3. ИСХОДНЫЕ ЗАГОТОВКИ

При штамповке на КГШП применяют: сортовой прокат — для поковок всех групп (см. рис. 1); профилированные заготовки — для поковок III и иногда IV группы; калиброванные заготовки — для точной штамповки в закрытых штампах; трубы — для поковок V группы 3-й подгруппы.

В соответствии с ГОСТ 2590—88 кривизна поставляемых на заводы

прутков не должна превышать 5 мм на 1 м длины.

Заготовки, нарезаемые из сортового проката для штамповки осадкой в торец, должны иметь качественные торцы. Торцовые заусенцы на такой заготовке не допускаются, смятие на торцах не более 3,5 мм. Если при отрезке получаются вырывы или большие заусенцы, то поверхность торцов должна быть зачищена.

Профилированные заготовки (см. гл. 9) получают:

- на станах периодической прокатки металлургических заводов при заказе, обеспечивающем монтажную норму непрерывной работы прокатного стана, и если экономия металла при штамповке превышает расходы на прокатку заготовок;

- на станах поперечной, поперечно-клиновой и поперечно-винтовой прокатки, устанавливаемых в кузнечных или заготовительных цехах завода, или на металлургических заводах;

- подготовкой на ковочных вальцах (см. гл. 9);

- высадкой на ГКМ;

- подготовкой заготовок на ковочных и штамповочных молотах и на радиально-ковочных машинах.

Вместо проката применяют прутки, полученные непрерывной разливкой стали, но использование таких прутков требует проведения предварительных исследований качества штампующих из них поковок.

Профилирование заготовок на ковочных вальцах или на станах, устанавливаемых в линию с прессом, позволяет осуществлять штамповку с одного нагрева. Температура нагрева в этом случае должна быть максимально допустимой. Для заготовок диаметром до 60 мм падение температуры в вальцах составляет около 50 °С. Перед вальцовкой с заготовки удаляют окалину, чтобы избежать ее вдавливания в металл и пре-

дотвратить быстрый износ штампов. Окалина хорошо удаляется с заготовки в процессе деформирования при всех видах поперечной прокатки. Правильно профилированная заготовка позволяет снизить число переходов штамповки и уменьшить отход металла.

Методы поперечной прокатки, особенно поперечно-винтовой прокатки, находят широкое применение для получения точных по массе заготовок, используемых при штамповке на прессах в закрытых штампах.

4. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ

Чертеж поковки составляют по чертежу детали. От правильной разработки чертежа поковки зависит возможность ее рационального изготовления.

Для поковок, штампуемых в открытых штампах с преобладанием процесса осадки, выбор плоскости разреза, построение расчетной заготовки и эпюры сечений, определение размеров заготовки, наметки отверстий и перемычек под пробивку, радиусов закруглений, конструирование замков и составление чертежа поковки производят по тем же правилам, что и при штамповке на молотах (см. гл. 3). Припуски на обработку резанием и допуски на размеры поковок, штамповочные уклоны, профиль канавки для облоя и основные размеры ручьев отличаются от принятых при штамповке на молотах.

При штамповке поковок на КГШП припуски и допуски назначают в соответствии с ГОСТ 7505–89 (см. гл. 1) по первой или второй группе точности в зависимости от предъявляемых к поковке требований с учетом серийности производства и последующей обработки резанием.

При штамповке выдавливанием припуски обычно устанавливают только для шлифования. Наличие выталкива-

телей поковок из ручьев штампов позволяет уменьшить штамповочные уклоны по сравнению с поковками, штампуемыми на молотах. Это целесообразно в первую очередь делать для поковок с высокими ребрами, стенками, толстыми фланцами, так как в результате значительно снижается масса поковки. Однако для низких поковок уменьшение штамповочных уклонов существенно не влияет на экономию металла, и штамповочные уклоны принимают равными 5...7°. Допустимые значения уклонов при штамповке выдавливанием приведены в табл. 1.

1. Штамповочные уклоны при выдавливании

$\frac{h}{b}$	Уклоны, ...°	
	наружные	внутренние
До 1	1	1,5
Св. 1 до 3	2	3
» 3 » 5	3	5

Примечание. h — глубина полости ручья в штампе; b — соответствующая ширина.

При штамповке на КГШП получают поковки, более близкие по форме к готовой детали, более точные по размерам, чем при штамповке на молотах (рис. 4). Наличие выталкивателей по-

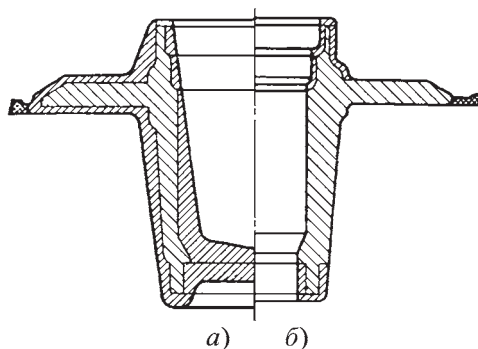


Рис. 4. Пример поковок одной и той же детали, отштампованных на молоте (а) и на КГШП (б)

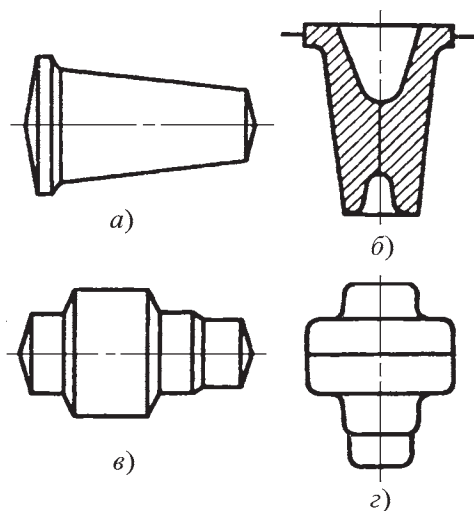


Рис. 5. Линия разъема поковок при штамповке на молотах (а и в) и на КГШП (б и г)

звояет штамповать на КГШП поковки удлиненной формы осадкой в торец (рис. 5). При этом линия разъема может быть принята более простой и может устанавливаться по верхней наружной поверхности поковки. В результате упрощается конструкция поковки, снижается ее масса и уменьшается облой, а также упрощаются конструкции основного и обрезного штампов.

5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Штамповка осаживанием в открытых штампах. Выбор линии разъема, составление эпюры диаметров и сечений, определение размеров расчетной и исходной заготовки, составление чертежа поковки, определение напусков, проектирование ручьев, выбор радиусов закруглений, соотношения размеров предварительного и окончательного ручьев, конструирование замков, литниковых канавок и выемок под клещевину (при необходимости), составление карты технологического

процесса производят так же, как и при штамповке на молотах (см. гл. 3).

Объем заготовки подсчитывают по формуле

$$V_{зг} = V_{п} + V_{уг} + V_{о}, \quad (1)$$

где $V_{п}$ — объем поковки; $V_{уг}$ — потери на угар, при окислительном нагреве в пламенных печах они составляют 2 % от объема поковки, для безокислительного нагрева при образовании окалины на пути заготовки от нагревателя к прессу потери на угар могут быть приняты равными 0,7...0,8 %; $V_{о}$ — объем облоя.

Объем облоя при штамповке на КГШП из-за отсутствия в штампе прессы магазина нормированной ширины определяют иначе, чем при штамповке на молотах, используя формулу

$$V_{о} = V_{мост} + V_{маг} = p(bh_o + hB); \quad (2)$$

где $V_{мост}$ — объем мостика облоя; $V_{маг}$ — объем металла в магазине облоя; p — периметр поковки, мм; b — ширина мостика, мм; h_o — толщина мостика, мм; h_o — средняя толщина облоя по магазину, мм, берется равной $2h_o$; B — ширина облоя в магазине, мм.

Значения h_o и b определяют по табл. 2. Для поволоков массой до 0,5 кг принимают $B = 10$ мм, массой до 2 кг — $B = 15$ мм, при массе более 2 кг — $B = 20$ мм. Если поковки имеют сложную форму, а облой образуется в предварительном штамповочном ручье — значение B удваивают.

В табл. 2 приведены размеры облойных канавок в зависимости от силы прессы (рис. 6), а также значения радиусов закругления кромок фигуры ручья в зависимости от глубины H полости фигуры.

Если глубины H полости фигуры в различных ее частях отличаются мало, то радиус закругления кромки выбирают по средней глубине; если же есть участки со значительной

2. Размеры, мм, облойных канавок штампов КГШП (см. рис. 6)

Сила прессы, МН		h_0	a	b	h_1	R_1	
6,3		1...1,5	0,6...1,0	4...5	5	15	
10		1,5...2,0	1,0...1,5	4...6	6	15	
16		2,0...2,5	1,2...1,6	5...6	6	20	
20		2,5...3,0	1,4...1,8	6	6...8	20	
25		2,5...3,0	1,6...2,0	6	6...8	20	
31,5...40		3,5...4,0	2,0...2,5	6...8	8	25	
50...63		4,5...5,0	3,0...3,5	8...12	9...12	30	
Н	1...3	3...8	8...20	20...30	30...60	60...80	Св. 80
r	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5...4,0	5...6

разницей глубин, то радиусы закругления кромок фигуры могут быть различными, и эти участки оговариваются на чертеже штампа особо.

Из приведенных на рис. 6 четырех типов канавок наиболее распространен тип I. Магазин такой канавки полностью открыт с одной стороны, а мостик канавки для увеличения стойкости располагают в верхней части штампа, где он меньше прогревается. В этом случае облой в магазине изгибается вверх и при последующей обрезке поковка с облоем хорошо укладывается в обрезную матрицу. При обрезке облоя с предварительным разворотом поковки мостик делают в нижнем штампе.

Тип II — магазин канавки полузакрыт. Такие канавки применяют для уменьшения обработки резанием, если кромка ручья отделена от края вставки.

Тип III — с двусторонним открытым магазином. Используют на участках ручья с избыточным выдавливанием металла в облой.

Тип IV — канавка представляет собой гладкий зазор. Приме-

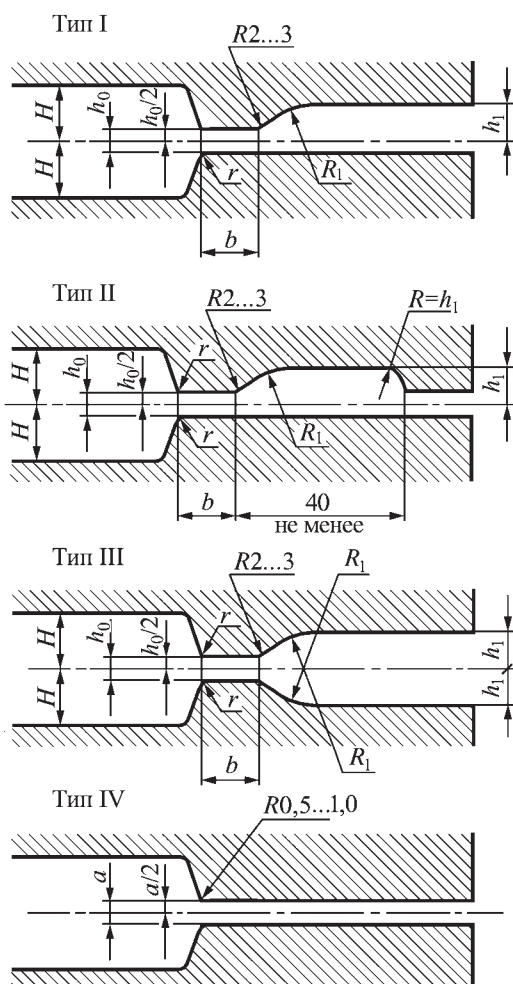


Рис. 6. Типы облойных канавок

няют во вставках, предназначенных для горячей калибровки в тех случаях, когда объем облоя небольшой.

Вычерчивание эпюры диаметров и сечений позволяет определить, к какой подгруппе отнести поковку и выявить условия подготовки заготовки к штамповке. Для спаренных и многоступенчатых поковок вычерчивают общую эпюру для определения профиля заготовки, подготавливаемой на других агрегатах.

В заготовке должно быть такое же распределение металла по длине, как и в готовой поковке (с учетом облоя), хотя при штамповке металл и перетекает в направлении длины. Это объясняется тем, что абсолютный обжим по длине будет различным в разных сечениях (из-за различных высот) и деформирование прежде всего начнется на участках с большим абсолютным обжимом. Металл из этих участков будет перетекать в соседние по длине участки, где обжим меньше или еще не начался. При обжиге тонких участков поковки из-за меньшей конечной высоты (толщины) этих участков относительный обжим (при одном и том же абсолютном обжиге) будет большим, и металл потечет в направлении длины из зоны тонких участков в зону толстых участков, т.е. в обратном направлении. Это приводит к увеличению износа вставок.

Возможность перетекания металла по длине нужно учитывать при проектировании штамповочных переходов. Так, площадь сечения в определенном месте поковки можно получить большей, чем она была в исходной заготовке, если создать условия для вытеснения металла в эту зону из соседних по длине зон, например, с двух сторон за счет усиленного их обжима.

В штампах КГШП применяют ручьи (и соответственно переходы): осадочные, пережимные, гибочные, штамповочные заготовительно-предварительные, предварительные и окончатель-

ные, калибровочные, правочные; в отдельных случаях — обрезные и прошивные, иногда — подкатные.

При выборе ручьев и определении расположения поковки в ручье необходимо учитывать, что:

- заполнение верхнего и нижнего ручьев практически не зависит от их расположения и не меняется при перемене мест ручьев; однако, учитывая потери тепла при контакте заготовки с поверхностью ручья нижней части штампа, в ряде случаев целесообразнее при проектировании предусмотреть получение выступающих элементов поковки в верхней вставке, что облегчает также и удаление отштампованной поковки с пресса (поковка поднимается с ползуном пресса и затем выталкивается верхним выталкивателем на подставляемый снизу лоток);

- в процессе деформирования металла, заполняя полости ручьев штампа, интенсивно течет в направлении разъема открытого штампа, где течению нет сопротивления, хотя зазор в разъеме и уменьшается постепенно; при этом наблюдается изменение направлений течения одних объемов заготовки относительно других, что может вести к образованию складок, зажимов, прострелов; для предотвращения образования складок необходимо в зоне перехода от стенки ручья к перемычке увеличить радиус перехода, а также следить за тем, чтобы на поверхности металла не было окалины и заготовки были равномерно прогреты до требуемой температуры;

- основное перемещение металла при деформировании происходит по вертикали, поэтому для хорошего заполнения высоких выступов поковки рекомендуется в предварительном ручье осуществлять набор металла одновременно с противоположной стороны требуемых выступов, для чего в предва-

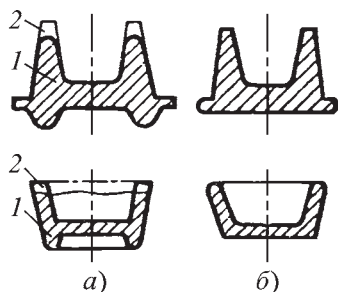


Рис. 7. Предварительный набор металла для выступов:

1 — контур заготовки в предварительном ручье; 2 — труднозаполняемые участки

рительном ручье преду сматривают ложные выступы (рис. 7, а), из которых в окончательном ручье металл перемещается в требуемые выступы для их хорошего заполнения (рис. 7, б);

— при наличии в поковке плавных переходов металл достаточно хорошо заполняет полости ручья и фигуру поковки можно получить при первой штамповке, окончательный ручей в этом случае используют только для отработки формы; необходимо учитывать, что проектирование поковки с плавными переходами, т.е. при значительных напусках, приводит к перерасходу металла и увеличению обработки резанием; наиболее целесообразны плавные переходы в подготовительных ручьях;

— перемещение металла во внутренних полостях проходит без особых затруднений при наличии свободной полости для размещения избыточного металла (магазина); если магазин не предусмотрен, то избыточный металл будет вытесняться в облой при окончательной штамповке, его течение будет крайне затрудненным и может послужить причиной образования зажимов или прострелов, поэтому для свободного выхода металла во внутренних полостях ручья штампа необходимы магазины (рис. 8).

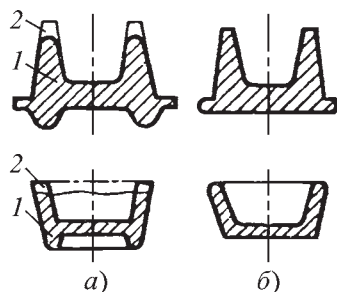


Рис. 8. Наметка с магазином

Технологические процессы штамповки разрабатывают для различных групп поковок в соответствии с их классификацией.

Поковки I группы. Диаметр заготовки выбирают с учетом ее удобной укладки в штамповочном ручье, обеспечения наилучших условий течения металла и отрезки заготовок от прутка. Чем меньше диаметр заготовки, тем легче выполнить отрезку заготовки от прутка, но наилучшее заполнение ручья штампа будет при диаметре заготовки, близком к наружному диаметру поковки.

Заготовки осаживают на плоских ручьях или в специальных формовочных ручьях для обеспечения последующей фиксации заготовки в штамповочном ручье. Если диаметр заготовки меньше или равен диаметру полости для формовки, выполняют осаживание, если диаметр заготовки больше диаметра полости — осаживание с выдавливанием.

Для поволоков с хвостовиком диаметр заготовки выбирают равным диаметру полости хвостовика (рис. 9) и формообразование поковки осуществ-

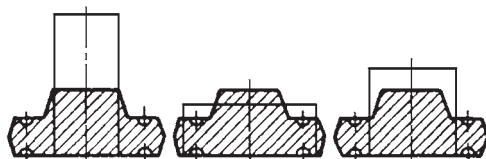


Рис. 9. Выбор диаметра заготовки для поволоков с хвостовиком

ляют высадкой, либо диаметр заготовки принимают значительно большим диаметра полости, чтобы получить хвостовик выдавливанием металла в полость. Если диаметр заготовки немного (на 5...8 мм) больше диаметра основания хвостовика, то при штамповке возможно незаполнение полости.

Рекомендуются следующие штамповочные переходы при штамповке поковок I группы:

- штамповка в одном окончательном ручье для поковок простой формы с плавными переходами от сечения к сечению, небольшой разницей в диаметрах заготовки и поковки, без выступающих ребер и бобышек (1-я подгруппа) и нагреве заготовок с минимальной окалиной;

- осадка и окончательная штамповка — поковки несложной формы при диаметре заготовки значительно меньшем, чем диаметр поковки (2-я подгруппа);

- предварительная и окончательная штамповка — поковки сложной формы при незначительной разнице в диаметрах заготовки и поковки;

- осадка, предварительная и окончательная штамповка (рис. 10) — поковки сложной формы при значитель-

ной разнице в диаметрах заготовки и поковки (3-я подгруппа);

- осадка, фасонирование, предварительная и окончательная штамповка — сложные поковки, с глубокими полостями или высокими выступами.

При штамповке в торец круглых в плане поковок необходимо вместе с осадкой на плоских вставках выполнить некоторую формовку торцов в открытых (рис. 11, а) и полузакрытых осадочных ручьях (рис. 11, б). Это позволяет приблизить форму заготовки к форме штамповочного ручья, обеспечить центрирование заготовки в предварительном ручье, а также улучшить его заполнение при уменьшении отходов металла в облой.

Поковки II–IV групп. При разработке процесса штамповки необходимо учитывать, что деформация вызывает значительно меньшее относительное увеличение размеров по длине заготовки, чем по ее ширине, так как металл в длину течет значительно меньше, чем в ширину.

Для удобной укладки заготовки в ручей ее длина должна быть несколько меньшей или равной длине поковки. Если поковка на концах имеет утолщения (бобышки, головки), то для обеспечения заполнения головок целесообразно использовать заготовку, длина которой несколько больше длины поковки. В этом случае излишек металла по длине перейдет в облой, штамп начнет деформировать металл на концах заготовки, что препятствует дальнейшему вытеканию металла из полости штампа по длине поковки. В результате головка заполняется не за счет увеличения диаметра заготовки, а за счет увеличения ее исходной длины.

При осадке между плоскими бойками продолговатая заготовка принимает бочкообразную форму, так как у ее торцов обжатый металл течет в основном в направлении длины и только часть металла — в направлении шири-

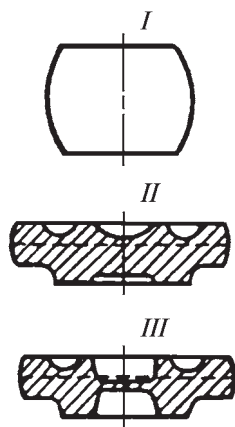
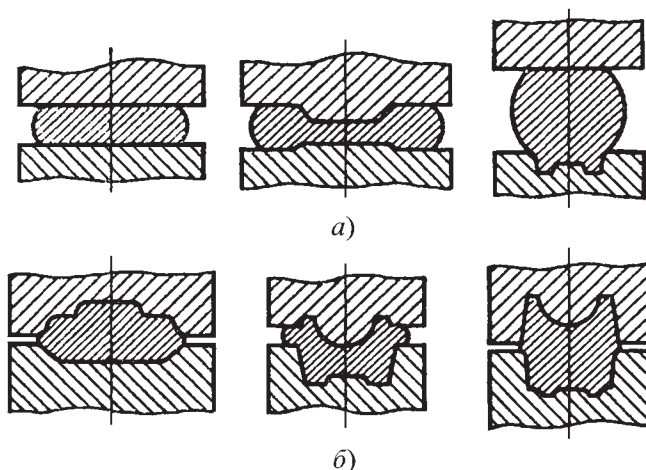


Рис. 10. Переходы штамповки шестерни:
I — осадка на плоской вставке; II — предварительная штамповка; III — окончательная штамповка

Рис. 11. Открытые (а) и полузакрытые (б) осадочные ручки



ны. В средней же части заготовки весь или почти весь обжатый металл течет в ширину.

Исходя из особенностей течения металла, предложены следующие рекомендации:

- для получения бобышки, расположенной в центральной части поковки, требуется заготовка меньшего диаметра, чем для штамповки поковок с такими же бобышками, расположенными у торцов заготовки;

- при штамповке двух поковок с бобышками у торцов (II группа, 3-я подгруппа) их располагают в ручьях таким образом, чтобы большие бобышки находились в центре;

- если форма поковки такова, что не удастся отштамповать ее с малыми отходами металла, необходимо проверить, нельзя ли получить хорошее использование металла при одновременной штамповке двух или нескольких поковок;

- при штамповке цепочкой мелких поковок их следует располагать так, чтобы заготовки на концах суммарной поковки были направлены стороной с меньшей площадью поперечного сечения к концам суммарной поковки;

- штамповку поковок с небольшой разницей в сечениях при несложном профиле, отсутствии резко выступаю-

щих элементов — ребер, бобышек (II группа, 1-я подгруппа), можно проводить в одном окончательном ручье, а при наличии выступов, ребер и ушков — в предварительном и окончательном штамповочных ручьях; для снятия окалины и обеспечения удобной укладки заготовки используют осадочный ручей.

Поковки II группы штампуют с использованием следующих вариантов ручьев:

- окончательного;
- предварительного и окончательного штамповочного;
- пережимного или осадочного, предварительного и окончательного штамповочного.

Если при спаривании поковок (3-я подгруппа) эпюра диаметров показывает неравномерность распределения сечений в поковке, целесообразнее отказаться от спаривания.

Для поковок III группы применяют подготовку заготовки на другом оборудовании и затем штамповку в предварительном и окончательном ручьях.

При изготовлении поковок с разнелинами возможны варианты штамповки в ручьях:

- 1) предварительно-заготовительном или предварительном с рассекателем и окончательном штамповочном;

2) подготовка на другом оборудовании, затем штамповка в ручьях предварительного-заготовительного или предварительного с рассекателем и окончательного штамповочного.

При штамповке поковок IV группы в соответствии с эapurой диаметров возможны варианты использования ручьев:

- а) штамповочного с замком;
- б) гибочного и окончательного штамповочного;
- в) гибочного, предварительного и окончательного штамповочного;
- г) предварительная подготовка на другом оборудовании, затем штамповка в ручьях: гибочном, предварительном и окончательном штамповочном.

Если необходимо уменьшить сечение заготовки в местах изгиба, то гибочный ручей выполняют с пережимом.

При штамповке поковок сложной формы, особенно при наличии значительных по сечению выступов, ребер, ушков, бобышек, резких переходов сечений, уже в предварительном ручье вводят облойную канавку. Канавка может быть выполнена с мостиком различной толщины и ширины в различных сечениях. Общая толщина этого мостика превышает толщину мостика окончательного ручья на 0,5 мм, а ширину — на 1...2 мм.

Штамповка осаживанием в закрытых штампах. Штамповку в закрытых штампах применяют для получения поковок I группы и в редких случаях — поковок II–IV групп несложной формы с небольшой разницей в размерах сечений или при хорошо подготовленной на другом оборудовании заготовке.

Основным условием успешного осуществления штамповки в закрытых штампах является точное соответствие объема заготовки объему поковки. Обычно длину и диаметр заготовки назначают такими, чтобы обеспечить заполнение ручья при минимальном объеме заготовки. Избыток металла в

пределах допусков на диаметр и длину заготовки идет на увеличение габаритных размеров поковки или вытесняется в торцовый заусенец. При большем избытке металла возможна поломка штампов и деталей пресса.

Излишек металла в заготовках при штамповке в закрытых штампах может быть поглощен за счет увеличения:

— в поковках со стержнем — длины стержня, выдавливаемого через очко матрицы, и частично высоты головки за счет упругой деформации пресса;

— в поковках типа шестерен и фланцев — высоты поковки и создания зазора по высоте выступов;

— в поковках типа ободов, втулок и венцов шестерен — частично высоты поковки и, главным образом, толщины перемычки (в средней ее части) во внутренней полости поковки, созданием внутреннего магазина или компенсационной полости, образуемой подпружиненным выталкивателем.

Если размеры поковок по высоте превышают допустимые, то вводят дополнительную обработку резанием. Увеличение толщины перемычки не влияет на процесс изготовления поковки, так как прошивку перемычки предусматривают в технологическом процессе. Необходимо только соответствующая полость в прошивном пуансоне для размещения выступающей части перемычки.

Применение заготовок с заниженным объемом приводит к изготовлению бракованных поковок, размеры которых меньше допустимых.

Для штамповки в закрытых штампах применяют заготовки:

— нарезанные из сортового проката на пилах, пресс-ножницах или прессах, с допусками на прокат и на разрезку, соответствующими поковкам обычной точности, которые штампуют в штампах без компенсаторов;

— нарезанные из сортового проката с допусками на длину, соответствующими

щами обычной точности для штампов с компенсаторами;

- точные по массе, подготовленные на другом оборудовании;

- полученные из прутков, рассортированных по диаметру на несколько групп, или калиброванного проката;

- нарезанные из сортового проката на пресс-ножницах в специальном штампе, обеспечивающем отрезку точных по массе заготовок с чистым срезом.

Штамповка заготовок обычной точности в штампах без компенсаторов возможна только в том случае, если их диаметр не превышает 30 мм. Колебания объемов таких заготовок составляют не более 3 %, а колебания высоты поковки не превышают допусков на высоту поковки, установленных ГОСТ 7505–89. Поскольку высота поковки увеличивается за счет упругой деформации прессы, то при штамповке этим способом необходимо:

- подсчитать размеры недоштампованной поковки, полученной из заготовки с максимальными допусками по диаметру и длине;

- проверить, соответствует ли максимальная высота поковки максимальным допускам, установленным ГОСТ 7505–89;

- вычислить увеличение высоты при переходе с расчетной заготовки на заготовку с максимальными допусками;

- построить график упругой деформации системы пресс–штамп в зависимости от силы деформирования;

- проверить по графику, какой получится упругая деформация прессы при штамповке поковки, во избежание аварии увеличение высоты поковки должно составлять не более половины величины максимальной упругой деформации;

- проверить прочность штампа при силе, необходимой для штамповки заготовки с максимальными допусками по длине и диаметру;

- организовать контроль заготовок в цехе, чтобы не допустить подачи к прессу немерных заготовок, максимальные допуски на размеры которых превышают допуски, установленные и принятые при расчете.

Из заготовок, нарезанных из сортового проката с обычными допусками на резку, получают качественные поковки в штампах с компенсаторами, обеспечивающими размещение избытка металла и безопасное течение процесса штамповки при спокойной работе прессы и достаточной стойкости штампов. Компенсаторы бывают пружинные, пневматические и гидравлические. На рис. 12 показаны закрытые штампы с пружинными компенсаторами. Сила предварительного сжатия пакета тарельчатых пружин 1 передается на верхние выталкиватели 2. При нормальном объеме заготовки заполнение полости штампа происходит при неподвижных выталкивателях. Если в заготовке есть избыток металла, давление в полости после ее полного заполнения возрастает и выталкиватели сдвигаются, освобождая место для избытка металла. Обычно делают подпружиненным один выталкиватель, верхний или нижний. На рис. 12, *а* показан штамп с верхним кольцевым выталкивателем-компенсатором, а на рис. 12, *б* — с нижним цилиндрическим выталкивателем-компенсатором.

Однако наличие компенсаторов усложняет конструкцию штампов и требует точной наладки и регулирования силы пружин компенсаторов.

Точные по объему заготовки получают:

- при использовании калиброванного проката, получаемого с металлургических заводов;

- калибровкой прутков на волочильных станах или протяжных станках;

- обточкой на токарных станках;

- фрезеровкой торцов заготовки на длину, скорректированную в зависи-

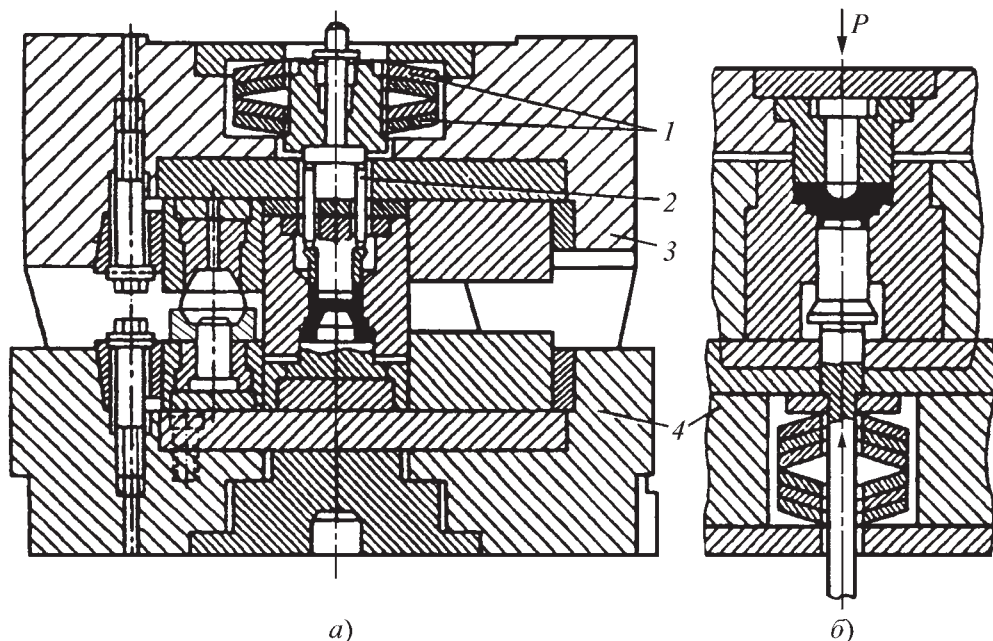


Рис. 12. Закрытый штамп КГШП с подпружиненными выталкивателями-компенсаторами:

1 — пакет тарельчатых пружин; 2 — верхние выталкиватели; 3 — верхняя плита; 4 — нижняя плита

мости от фактического диаметра заготовки;

- калибровкой заготовок в штампах с обрезкой излишнего металла, образующего облой;

- прокаткой шаровой или роликовой заготовки на станах поперечно-винтовой прокатки;

- получением литой заготовки;

- редуцированием на радиально-ковочных машинах;

- вырубкой заготовок из листа.

Проведение этих операций удорожает производство поковок, а использование для штамповки литой заготовки не всегда обеспечивает требуемое качество поковок.

Наиболее рационально при штамповке в закрытых штампах применять дозированные заготовки, полученные на станах поперечной прокатки, либо точной отрезкой в специальных штампах с жесткими допусками по массе заготовок. Если штамповку выполня-

ют из точной по массе заготовки, то допуск на размер по высоте поковки можно снизить на 25...30 % по сравнению с установленным ГОСТ 7505—89.

Штамповочные уклоны назначают: по наружному диаметру 0,5...3°; по внутреннему диаметру в зависимости от глубины полости 2...7°.

Радиусы переходов выбирают так же, как и для ручьев открытых штампов.

Торцовый заусенец, образующийся в заготовке при наличии избыточного металла, может при попадании в зазор между пуансоном и матрицей привести к заклиниванию штампа. Для предотвращения этого рекомендуется на пуансоне протачивать поясok толщиной 1 мм и высотой 3...4 мм. Облой, заполняющий частично узкую полость пояска, тормозит дальнейшее вытекание металла в полость между пуансоном и матрицей, а тем более в зазор между ними и предохраняет от заклинивания.

Диаметр заготовки, помещаемой в штамповочный ручей, принимают на 0,5...2 мм меньше диаметра матрицы.

Объем заготовки подсчитывают по формуле

$$V_{зг} = V_{п} + V_{пм} + V_{з} + V_{уг}, \quad (3)$$

где $V_{п}$ — объем поковки; $V_{пм}$ — объем перемычки, потери металла на перемычку зависят от ее размеров, при наметке с внутренним магазином принимают 0,6...0,7; $V_{з}$ — объем торцового заусенца, его определяют из расчета, что толщина заусенца равна 1...3 мм, высота 3...5 мм; $V_{уг}$ — потери на угар, при обычно применяемом безокислительном нагреве $V_{уг} = 0$, если же при нагреве и по пути от нагревателя к прессу на заготовке образуется окалина, то ее необходимо очистить, например, в гидроочистной установке или же ввести первый переход — осадку заготовки. В этом случае объем металла, компенсирующий потери на угар $V_{уг}$, равен 0,7...0,8 % от объема поковки, а при нагреве в пламенных печах — 2 % от объема поковки.

При штамповке в закрытых штампах большое значение имеет точная укладка заготовки по центру нижнего ручья, чему способствует небольшая разница в диаметрах ручья и заготовки. У заготовок, нарезанных из прутков меньшего диаметра, необходимый диаметр получают осадкой с таким расчетом, чтобы диаметр заготовки после осадки был на 0,5...2 мм меньше диаметра матрицы. Если полость штамповочного ручья позволяет обеспечить точную укладку заготовки по центру, осадку проводят с одновременной наметкой центрирующего выступа в поковке.

Переходы штамповки поковок I группы в закрытых штампах осуществляют по вариантам: осадка и окончательная штамповка — для поковок не-

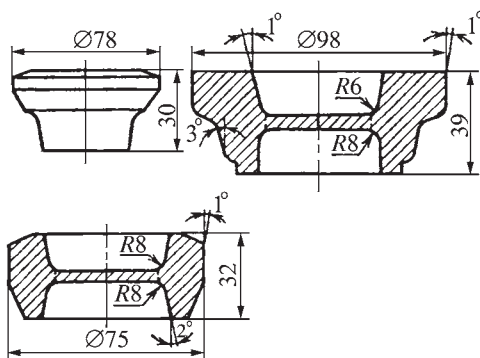


Рис. 13. Примеры поковок несложной формы, штампуемых в закрытых штампах

сложной формы (рис. 13); осадка простая или фасонная, предварительная и окончательная штамповка — для поковок сложной формы (рис. 14); в окончательном ручье для излишков металла предусматривают магазин, который при штамповке не должен заполняться полностью.

Высоту направляющего участка матрицы выбирают с таким расчетом, чтобы к моменту соприкосновения с заготовкой пуансон входил в матрицу на глубину 3...5 мм. Зазор между пуансоном и матрицей принимают 0,08...0,1 мм на сторону.

Тонкий торцовый заусенец удаляют смятием верхним пружинным съемником в прошивном штампе, а толстый — жестким нижним съемником. В первом случае смятие происходит при воздействии пружины, во втором — силой пресса. Заусенец может быть также удален в механических цехах на металлорежущих станках.

Применение штамповки в закрытых штампах позволяет повысить точность штамповки, значительно приблизить форму поковки к форме готовой детали, благодаря чему возможна значительная экономия металла (50 % и более), снижение трудоемкости обработки резанием. За счет более благоприятного расположения волокон при штамповке в за-

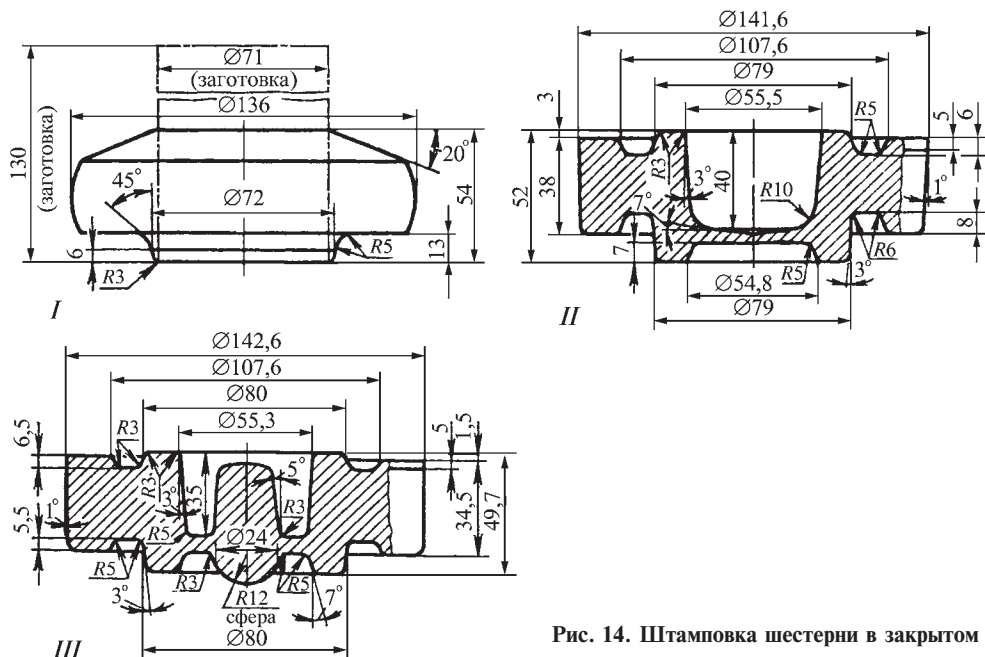


Рис. 14. Штамповка шестерни в закрытом штампе в три перехода

крытых штампах повышается качество поковок. Примером штамповки в закрытых штампах может служить штамповка шестерен с зубьями. В настоящее время штампуют шестерни: конические с модулем до 7 мм (рис. 15), цилиндрические и со спиральным зубом.

Для штамповки шестерен с зубом применяют заготовки из сортового проката с точностью по массе $\pm 1...1,5\%$.

При составлении чертежа поковки устанавливают следующие припуски на обработку: на общие размеры поковки (высоту, диаметр ступицы и др.) — по общим правилам штамповки поковки на КГШП; на обработку зуба — по профилю 0,7...0,9 мм, по высоте 0,4...0,8 мм, по дну впадины 1...1,2 мм; припуск по торцу зуба назначают в пределах общих требований к поковке, штампуемой на КГШП и проходящей калибровку; припуск на отверстие 1...1,5 мм, на эксцентриситет 0,05...0,1 мм. В случае необходимости для обеспечения более простого изготовления мастер-штампа припуск по

профилю зуба берут неравномерным, с колебанием 0,1...0,15 мм. Длину зубьев увеличивают на 1 мм, чтобы избежать дефектов штамповки.

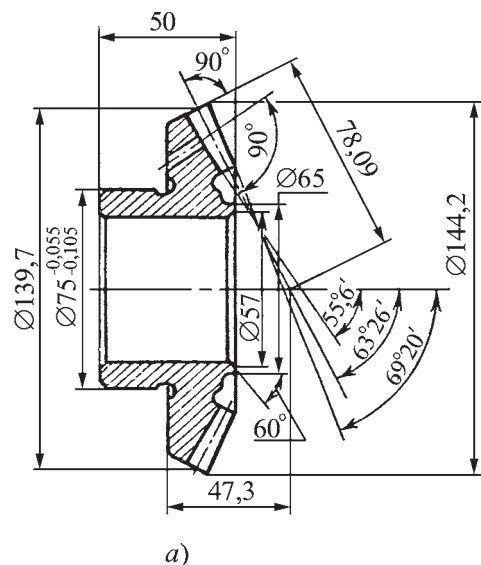
На внешней части торцов зубьев поковки (рис. 15, б) устанавливают напуск толщиной 1,5 мм для обеспечения при штамповке заполнения углов и поверхностей зубьев и отсутствия дефектов на торцах зуба, выявляемых после обработки резанием.

Наметку в отверстии выполняют с повышенной толщиной перемычки (5...13 мм) и располагают ее ближе к широкому основанию зубьев, что обеспечивает лучшее их заполнение.

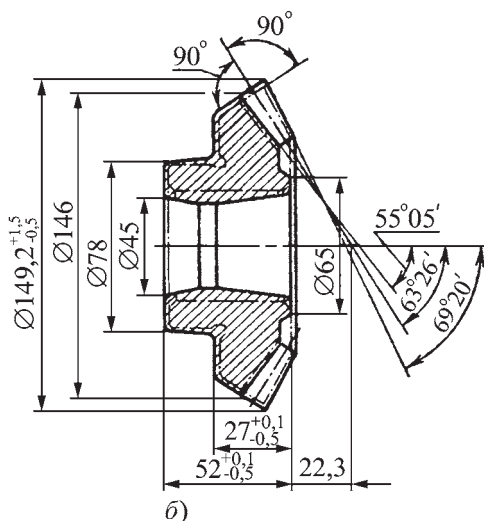
Штамповку шестерен с зубьями проводят по следующим вариантам:

1) осадка, предварительная штамповка без оформления зубьев, окончательная штамповка с оформлением зубьев (рис. 16); при этом варианте зубья оформляются в верхней половине штампа (пуансоном);

2) осадка, предварительная штамповка с оформлением зубьев, оконча-



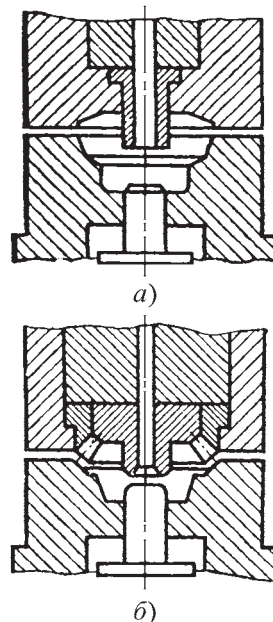
а)



б)

Рис. 15. Чертежи детали (а) и поковки шестерни (б)

тельная штамповка шестерни с зубьями (рис. 17); при этом варианте предварительное оформление зубьев осуществляют пуансоном, а в третьем переходе поковку переворачивают зубьями вниз и укладывают в матрицу, в которой нарезаны зубья; профиль зубьев во втором и третьем переходах отличается лишь наличием в предваритель-



б)

Рис. 16. Схема штамповки шестерен с оформлением зубьев в окончательном переходе:
а — второй переход; б — третий переход

ном переходе более плавных сопряжений поверхностей зубьев. Поэтому матрицу окончательной штамповки после износа используют, как правило, для предварительной штамповки.

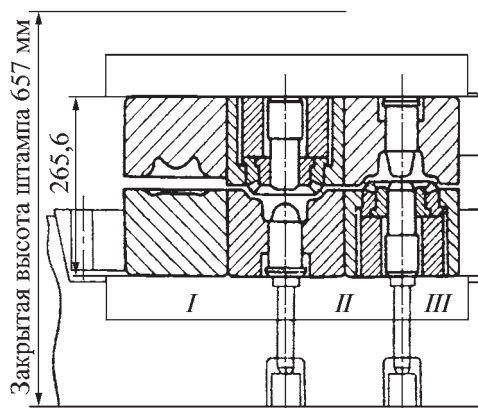


Рис. 17. Схема штамповки шестерни с оформлением зубьев в предварительном и окончательном переходах:
I — III — переходы штамповки

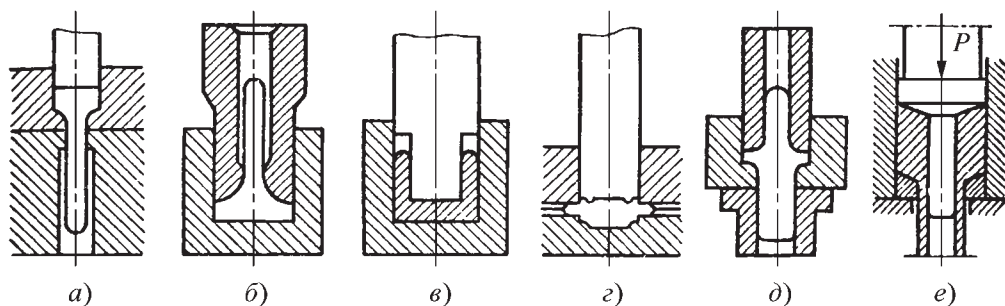


Рис. 18. Схемы выдавливания

При штамповке по первому варианту упрощается изготовление штамповочного инструмента второго перехода и повышается его стойкость, однако при этом увеличивается нагрузка на пуансон окончательной штамповки.

Для получения поковок повышенной точности проводят калибровку шестерен при температуре окончания штамповки или после нормализации и очистки поверхности от окалины при 650...680 °С. Процесс калибровки состоит из предварительной калибровки, обрезки заусенца и окончательной калибровки.

В закрытых штампах используют разъемные и неразъемные матрицы.

Штамповка выдавливанием в закрытых штампах получила распространение при производстве поковок из малопластичных сталей и сплавов, пластическая деформация которых облегчается в условиях всестороннего неравномерного сжатия.

Различают выдавливание: прямое (рис. 18, а и е), обратное (рис. 18, б и в), поперечное (рис. 18, г) и комбинированное (рис. 18, д).

Как правило, при штамповке поковок V группы стержень поковки получают в выдавливании, а головку — осадкой в закрытых или открытых штампах.

При выдавливании стержня и осадке головки в закрытом штампе излишек металла расходуется на увеличение длины стержня, а головка штампуется

без заусенца или же с небольшим торцовым заусенцем. В отдельных случаях при более сложной форме головки штамповку проводят в открытом штампе и излишек металла вытекает в щелевой поперечный заусенец или же в облой, характерный для штамповки в открытых штампах. Щелевой заусенец толщиной примерно 1 мм и высотой 4...6 мм предусматривают в поковках небольших размеров и несложных по форме. Запас энергии маховика должен быть достаточным, чтобы обеспечить необходимую работу деформирования, которую можно определить по площади диаграммы «Путь—сила».

Для поковок, получаемых выдавливанием, припуски на сторону и допуски на размеры поковки определяют в зависимости от формы элементов поковки и их размеров (табл. 3).

Радиусы закруглений элементов, получаемых осадкой, назначают так же, как и при штамповке поковок I групп пы; радиусы закруглений элементов, получаемых выдавливанием, зависят от конструкции матрицы.

Разработка технологии штамповки выдавливанием. Дно матриц, используемых при выдавливании, выполняют коническим с заходным углом $\alpha = 150^\circ$. Для большей гарантии отсутствия мертвых зон лучше выбирать его равным или менее 120° . При выдавливании наиболее эффективно применение пуансона с коническим торцом с

3. Припуски и допуски, мм, на поковки, получаемые выдавливанием

Элемент поковки	Параметр элемента поковки	Размер детали	Припуск на сторону	Допуск на размер поковки
Стержень	Диаметр d	5...25	0,2...0,3	+0,3 ^{*1} -0,1
		25...50	0,3...0,5	+0,5 ^{*1} -0,2
	Длина l	20...100	3...5	+5,0 ^{*2} -0,0
		100...250	5...8	+10,0 ^{*2} -0,0
Утолщение	Диаметр D_1 и высота H_1 утолщения, получаемого выдавливанием	25...50	0,3...0,5	+0,5 -0,2
		50...150	0,5...0,8	+0,7 -0,3
	Диаметр D и высота H утолщения, получаемого осаживанием и раздачей металла	10...50	1...1,5	+1 -0,3
		50...250	1,5...2,5	+1,5 -0,5
Полость	Диаметр	10...50	0,8...1,0	+0,3 -1,0
		50...100	1,0...2,5	+0,5 -1,5
	Глубина	10...50	1,0...2,0	+0,5 -1,5
		50...150	2,0...5,0	+0,5 -2,0

^{*1} Минимальные значения припусков и допусков на последующую обработку шлифованием.

^{*2} Минимальные значения допусков. При возможных значительных колебаниях объема исходной заготовки длину стержневых элементов поковки на чертеже сопровождают надписью «не менее» (см. рис. 22).

углом 150°; при штамповке сложных головок, если доштамповку головки проводят в следующем ручье, целесообразнее применять плоский пуансон.

Относительное обжатие

$$\delta = \frac{F - f}{F} 100\%, \quad (4)$$

где F — площадь поперечного сечения матрицы (головки); f — площадь попе-

речного сечения очка (стержня), изменяющаяся в пределах 15...95 %.

Скорость, м/с, истечения металла

$$\omega = \frac{F}{f} v, \quad (5)$$

где v — скорость движения пуансона (м/с), определяемая по графику движения ползуна; при выдавливании изме-

няется от максимального значения в начале рабочего хода до нуля в крайнем нижнем положении. Следовательно, при штамповке выдавливанием на кривошипном прессе скорость истечения металла будет также переменной с максимальным значением в начале процесса выдавливания, что необходимо учитывать при определении допустимой скорости истечения металла. Эта скорость зависит от скорости рекристаллизации и широты температурного интервала зоны пластичности. Высоколегированную сталь штампуют при меньших скоростях истечения, чем низколегированную и углеродистую.

При неблагоприятном соотношении скоростей деформации и рекристаллизации, а также при значительном трении между металлом и стенками матрицы может произойти разрушение металла поковки, выражающееся часто в появлении на стержне поперечных трещин. Для уменьшения силы выдавливания заготовку нагревают до верхнего предела температурного интервала штамповки. Термомеханический режим штамповки выдавливанием сплошных и полых поволоков устанавливают в соответствии с данными табл. 4.

4. Термомеханические режимы прессования стальных профилей и труб

Сталь	Изделие	Температура начала прессования, °С	Скорость истечения, м/с
35	Трубы	1250...1200	5,5
30ХГС	Профили и трубы	1200...1050	4,5
40ХН	То же	1200...1050	4,5
1Х18Н9	Трубы	1150...1050	1,8

В зависимости от формы поковки, выбранного варианта технологического процесса и колебаний объема заготовки штамповкой выдавливанием могут быть получены поковки без об-

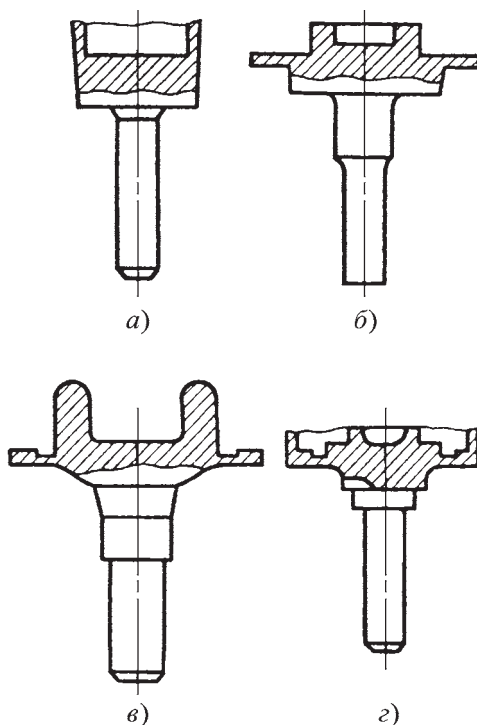


Рис. 19. Облой при штамповке выдавливанием: а — торцовый; б — развернутый плоский; в — поперечный с канавкой; г — поперечный с торцовым заусенцем

лоя, с торцовым заусенцем, с поперечным облоем и с поперечным облоем и торцовым заусенцем (рис. 19). Образование торцового заусенца и его величина зависят от средней удельной силы, определяемой при прочих равных условиях коэффициентом вытяжки:

$$\lambda = \frac{F}{f} \quad (6)$$

При малых значениях λ металл легко выдавливается в стержень и головка может получиться незаполненной; при $\lambda < 7,8$ выдавливание осуществляют без торцового заусенца; при $7,8 < \lambda < 15$ выдавливание проходит с образованием на поковке торцового заусенца; при $\lambda > 15$ сила выдавлива-

ния стержня значительно возрастает и торцовый заусенец будет настолько велик, что пуансон заклинивает. В этом случае выдавливание не рекомендуется. Если при сложной форме поковки более целесообразен поперечный облой, то предусматривают специальную облойную канавку. При небольшой головке несложной формы глубина канавки равна 1...2 мм, а ширина 15...30 мм. При штамповке в два или несколько переходов поковок с головками, имеющими выступающие бобышки, необходимо предусмотреть, чтобы торцовый заусенец, образующийся при штамповке в закрытом предварительном ручье, был выведен в поперечный облой при окончательной штамповке в открытом ручье.

Зазор между пуансоном и матрицей назначают в зависимости от выбранного технологического процесса и диаметра головки поковки. Для поковок без торцового заусенца принимают следующие значения зазора.

Диаметр головки поковки, мм	до 60	60...100
Зазор, мм	0,05...0,15	0,3...0,4

Если предусматривают торцовый заусенец, то зазор устанавливают 1,2...1,4 мм на сторону.

Осадку заготовок перед штамповкой выдавливанием проводят также для снятия окалины. Иногда при осадке проводят формоизменение заготовок для более удобной укладки заготовки в штамповочный ручей.

КГШП для штамповки выдавливанием выбирают с учетом того, что при выдавливании необходимы большая штамповая высота (по сравнению с осадкой) и выталкиватель должен иметь увеличенный ход.

Необходимо проверить соответствие силы штамповки допустимой силе пресса на участке хода ползуна в начале выдавливания.

Размеры заготовки. Основные потери металла при штамповке выдавливанием — потери на торцовый или поперечный заусенец, удлинение стержня, заусенец на головке штампуемой в открытом штампе поковки и на окалину.

Для определения объема торцового заусенца принимают его высоту равной 3...5 мм, а толщину в зависимости от диаметра головки, мм:

до 40	0
40...70	1,0
70...100	1,5
100	св. 1,5

Объем поперечного заусенца

$$V_3 = \frac{\pi}{4}(D_3^2 - D_n^2)h, \quad (7)$$

где D_3 — наружный диаметр заусенца; D_n — диаметр поковки; h — толщина (высота) заусенца.

Потери металла, идущего на удлинение стержня, рассчитывают из условия, что длина стержня после штамповки на 15...25 мм больше номинальной длины.

Размеры заусенца у головки поковки определяют так же, как размеры облоя, образующегося при штамповке в открытых штампах.

При выборе диаметра заготовки учитывают, что:

— чем меньше диаметр, тем меньше скорость истечения металла и сила штамповки, лучше условия для отрезки заготовок;

— отношение высоты к диаметру заготовки не должно превышать 2,0...2,5; наиболее целесообразно отношение 1,5...1,8;

— заготовка должна удобно, без перекосов укладываться в матрицу; с этой целью выбирают диаметр заготовки не более чем на 2...10 мм меньше диаметра матрицы; если по состоянию поверхности нагретой заготовки и ус-

ловиям фиксации в штамповочном ручье необходима осадка, то выбирают заготовку того же объема, но меньшего диаметра и большей высоты.

Переходы штамповки. Процесс выдавливания отдельных элементов поковки и доштамповку головки поковки V группы 1-й подгруппы осуществляют в один-три штамповочных перехода, кроме того, по мере необходимости, проводят осадку. На рис. 20 показаны переходы штамповки поковки поворотного кулака автомобиля КамАЗ на КГШП с номинальной силой 63 МН. На первом переходе во вставках 1 и 2 выполняют фасонную осадку исходной заготовки диаметром 120 мм и длиной 229 мм. Полученный полуфабрикат

кроме того, по мере необходимости, проводят осадку. На рис. 20 показаны переходы штамповки поковки поворотного кулака автомобиля КамАЗ на КГШП с номинальной силой 63 МН. На первом переходе во вставках 1 и 2 выполняют фасонную осадку исходной заготовки диаметром 120 мм и длиной 229 мм. Полученный полуфабрикат

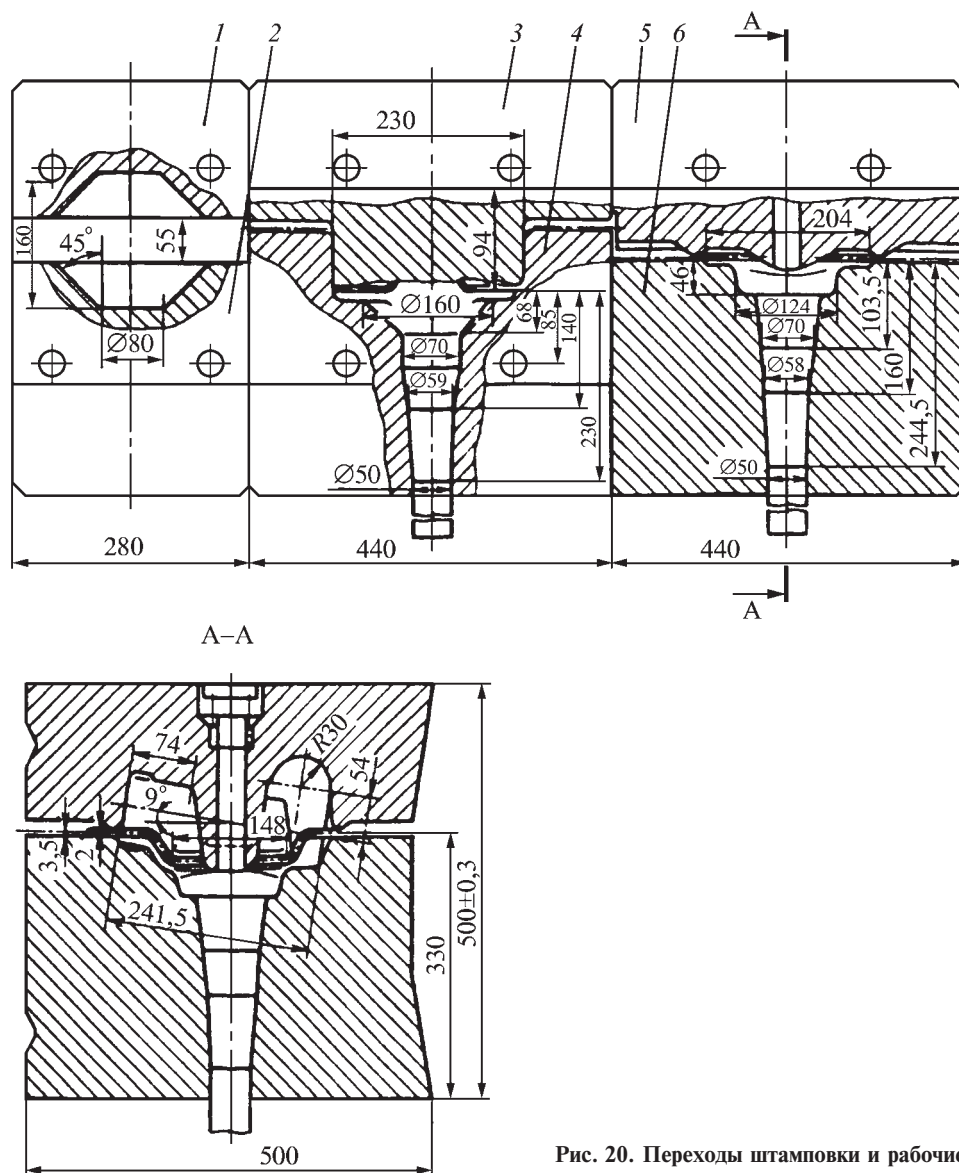


Рис. 20. Переходы штамповки и рабочие вставки для поковки поворотного кулачка

бочкообразной формы при укладке «на бок» самоцентрируется в ручье нижней вставки 4 второго перехода штамповки. Сложный характер комбинированного выдавливания на втором переходе приводит к образованию торцового заусенца по разьему вставок 3 и 4. На третьем переходе чистовой штамповки во встав-

ках 5 и 6 торцовый заусенец располагается на мостике облойной канавки и выдавливается в облой, составляющий 14 % массы поковки.

В один переход можно получать поковки:

— со стержнем и головкой несложной формы (рис. 21, а и б), с коэф-

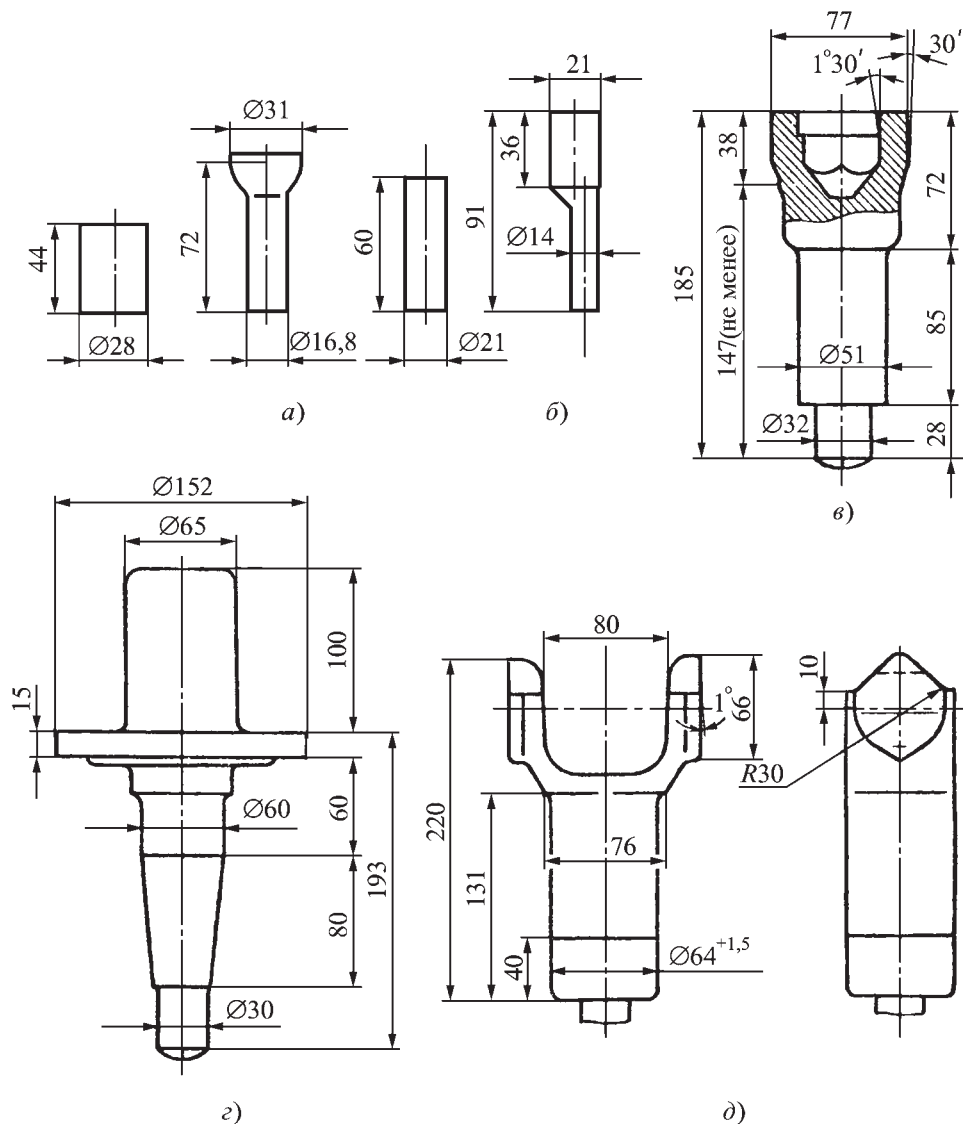


Рис. 21. Однопереходная штамповка поковок:

а — шарового пальца; б — шпильки опоры поперечины; в — со ступенчатым стержнем и полый головкой; г — со ступенчатым хвостовиком и большим фланцем; д — типа развилин (вилка кардана)

фициентом вытяжки $\lambda \leq 7,5 \dots 7,8$; заготовка должна быть очищена от окалины;

- со ступенчатым хвостовиком (рис. 21, в), у которого общий коэффициент вытяжки $\lambda = 8 \dots 10$, но отношение площади поперечного сечения головки к площади большей ступени стержня меньше 8 и длина меньшей ступени стержня небольшая;

- со ступенчатым хвостовиком и большим фланцем (рис. 21, з); коэффициент вытяжки $\lambda > 8$, заусенец может быть торцовый и поперечный;

- типа развилин (рис. 21, д) с небольшой разницей в размерах сечений в стержне и в щеках вилки; для штамповки таких поковок в один переход необходимо проверить возможность получения развилины из заготовки, диаметр которой равен или несколько меньше диаметра стержня, а затем проверить длину выдавливаемой части заготовки; форма вилки должна быть такова, чтобы в пуансоне не было тонких стенок; для этого на щеках вилки предусматривают плоские заплечики; щеки вилки получают обратным выдавливанием; при менее благоприятных формах поковки выдавливание выполняют в два и более переходов.

Штамповку в два перехода осуществляют при большом значении коэффициента вытяжки λ или сложной форме головки поковки. В первом переходе выполняют оформление стержня на 65...95 % и предварительное осаживание головки. Во втором ручье проводят доштамповку головки, одновременно окончательно оформляется стержень при его удлинении. Чем сложнее головка и больше сила доштамповки, тем больше (до 35 %) дополнительное удлинение стержня во втором переходе.

При отладке штампа длина выдавливаемого стержня поковки в первом и втором ручьях может быть отрегулирована с помощью клинового регулировочного устройства или прокладок и фасонных шайб.

Поковки со стержнем ступенчатой формы штампуют выдавливанием так же, как и с цилиндрическим или коническим стержнем. Число ступеней на стержне не должно превышать трех. В местах переходов необходимо вводить плавные закругления. Диаметр наименьшей ступени стержня должен быть не менее 0,2...0,3 диаметра поковки. В отдельных случаях диаметр заготовки выбирают по диаметру большей ступени стержня, тогда меньшую его ступень можно получить выдавливанием, а головку — осаживанием. Если поверхность головки несложная и имеет круглый контур, доштамповку проводят в закрытом ручье. Конические и шарообразные головки доштамповывают в открытом ручье с плоским заусенцем (рис. 22, а). Если же штамповку таких головок осуществляют в закрытом ручье, то для обеспечения прочности пуансона необходимо вводить на поковке специальный напуск (рис. 22, б), после чего выдавливание можно выполнить в одном ручье. Прочность пуансона повышается, если расположить коническую часть поковки в матрице (рис. 23).

Если размеры выступов таковы, что при любом расположении поковки в штампе получается тонкостенный пуансон, то рекомендуются следующие варианты штамповки: доштамповка в открытом штампе; увеличение диаметра утолщенной части поковки; введение бурта, обрезаемого на прессе как заусенец или же снимаемого при обработке поковки резанием.

В три перехода штампуют поковки с головками некруглой и сложной формы. Иногда при этом в качестве

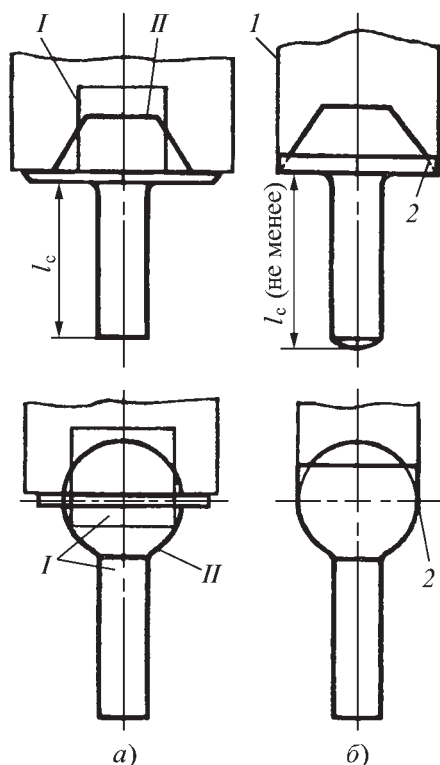


Рис. 22. Поковки с конической и шаровидной головками, получаемые в штампах:

a — открытым; *б* — закрытым; *I* — контур пуансона; *2* — напуск; *I, II* — переходы; l_c — длина стержня

промежуточного перехода выполняют штамповку в открытом штампе аналогично штамповке поковок II группы.

При штамповке поковок с отрезками и поперечным утолщением (V группы 2-й подгруппы) чаще всего проводят поперечное выдавливание в штампах с разъемными матрицами. Разъем матриц выполняют как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях (рис. 24). При штамповке поковки в штампе с горизонтальным разъемом центральную часть поковки подвергают осадке, а отрезки — поперечному выдавливанию. Поковку удаляют из штампа нижним выталкивателем. При этом способе

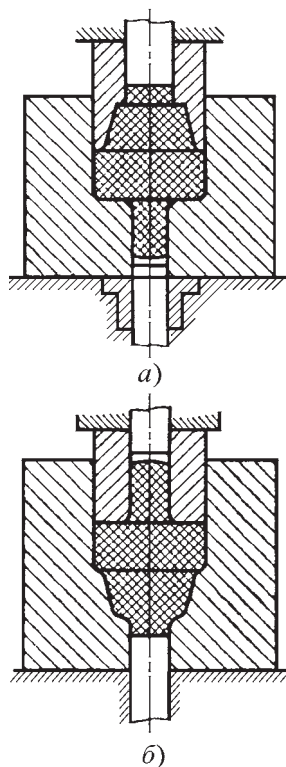


Рис. 23. Схемы штамповки поковки со ступенчатой конической головкой:

a — неправильная; *б* — правильная

штамповки в штампе получают обычную линию разреза.

Для того чтобы облегчить затекание металла в труднодоступные части поковки, ее следует конструировать с

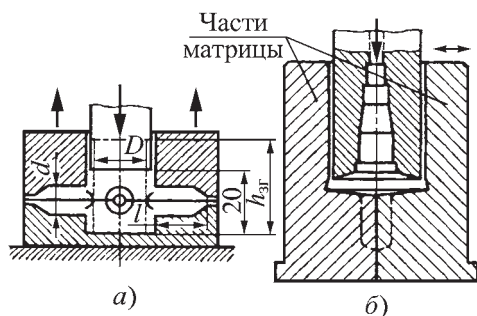


Рис. 24. Схемы штампов с разъемными матрицами:

a — горизонтальный разъем; *б* — вертикальный разъем

плавными переходами к отрезкам, без боковых выступов, тормозящих движение металла. Бурты на отрезках заполняются легче в нижней матрице. Чаще всего штамповку в разъемных матрицах осуществляют в один переход. Однако поковки с глубокой наметкой в центральной части штампуют в два перехода. В первом переходе оформляют поковку и отрезки, во втором ручье делают наметку полости.

Если конструкция поковки такова, что не удастся обеспечить плавные сопряжения поверхностей или сгладить углы, то и в этом случае штамповку проводят в два перехода. В первом ручье оформляют поковку с плавными переходами, во втором ручье осуществляют доштамповку поковки.

Для поглощения излишка металла заготовки применяют компенсационные полости, диаметр которых меньше диаметра отрезков в 1,5–2 раза. Торцовые компенсаторы целесообразны, если отрезки поковки в дальнейшем подвергают обработке резанием, например, подрезке торцов. Предусматривают также облойные канавки.

При двухпереходном процессе на первом переходе намечают компенсаторы в отрезках, на втором переходе благодаря более точной дозировке металла вместо облойной канавки общего типа применяют щель толщиной 0,8...1,2 мм.

Для штамповки поволоков с поперечными утолщениями используют штампы с вертикальной линией разреза.

В штампах с разъемными матрицами необходимо обеспечить плотное их смыкание перед началом выдавливания и достаточное сжатие в процессе деформирования.

При штамповке поволоков с полостями (V группа, 3-я подгруппа) при-

меняют прямое и обратное выдавливание, а также прошивку. В штампах предусматривают ручки: осадочные, формовочно-прошивные, штамповочно-прошивные, штамповочные и прошивные. Формовочно-прошивные ручки используют для предварительной формовки заготовки и ее полости; штамповочно-прошивные — для окончательного оформления поковки и прошивки отверстий; прошивные — для прошивки сквозных отверстий.

В зависимости от формы поковки выдавливание с прошивкой полостей осуществляют в один–три перехода, не считая осадки. При выдавливании с несквозной прошивкой в первом переходе выполняют осадку заготовки с образованием нижней полости, используемой для фиксации поковки. Иногда в этом же переходе оформляют стержневую часть и наметку углубления под выдавливание

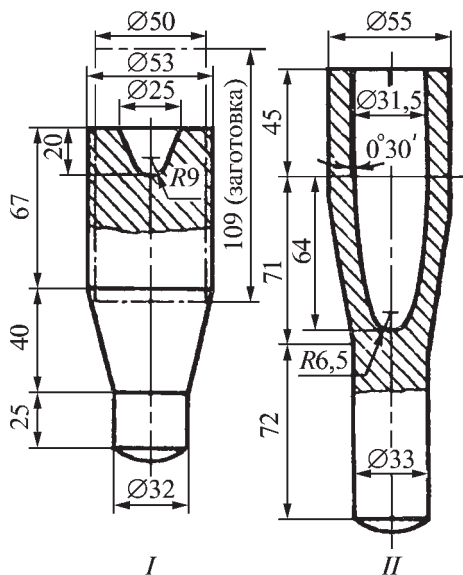


Рис. 25. Двухпереходная штамповка поковки с глухой полостью:
I, II — переходы штамповки

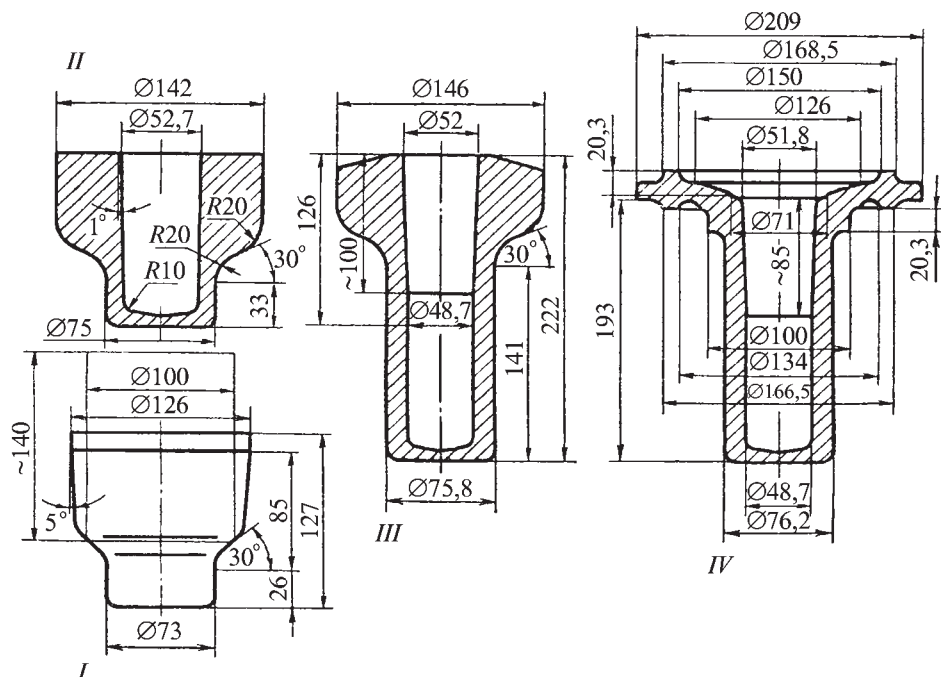


Рис. 26. Четырехпереходная штамповка поковки с глухой полостью:

I — IV — переходы штамповки

полости с отверстием. При втором переходе осуществляют окончательное оформление стержня прямым выдавливанием и глухого отверстия — обратным выдавливанием. Если головка имеет сложную форму, то ее окончательную штамповку выполняют в третьем переходе. Второй и третий переходы в зависимости от формы поковки могут выполняться в открытых или закрытых штампах. Примеры двухпереходной штамповки показаны на рис. 25, а четырехпереходной штамповки поковки с глухой полостью — на рис. 26.

Штамповку поковок со сквозной полостью производят из заготовок: цельных, с прошитой полостью и трубных. Такие поковки можно также изготавливать с глухой полостью и более длинным стержнем, конец которого отрезают в механическом цехе.

Штамповку из целой заготовки с прошивкой сквозного отверстия выполняют с помощью прошивки с острым углом и матрицы с углом входа очка $30...60^\circ$ (рис. 27). При прошивке

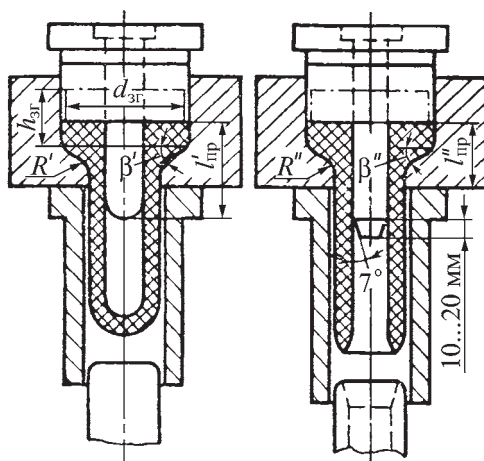


Рис. 27. Схема двухпереходной штамповки поковки со сквозным отверстием

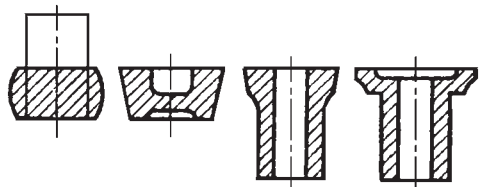


Рис. 28. Схема четырехпереходной (считая осадку) штамповки поковки с наметкой и прошивкой сквозной полости

получают полость с неровными, заостренными краями в хвостовой части. В выталкивателе должен быть предусмотрен канал для удаления высечки. Длина прошивня на 20 мм больше длины инструмента при глубокой прошивке.

Если при выдавливании выполнить двустороннюю глухую прошивку, причем в нижней стороне на расстоянии не менее 30...40 мм от дна, то при просечке получают чистую поверхность поковки в хвостовой части (рис. 28).

Штамповку из прошивной заготовки или из трубы обычно выполняют в два перехода: выдавливание стержня и штамповку головки. При несложной форме поковки эти переходы совмещают.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ШТАМПОВКИ

Особенностью кинематической схемы КГШП является жесткая связь между приводом и ползуном. При значительной перегрузке, например вследствие резкого охлаждения тонкого облоя, ползун, не доходя до нижнего положения, останавливается и пресс может заклинить. Расчет силы штамповки на КГШП необходимо выполнять с максимальной возможной точностью, так как при использовании пресса с недостаточ-

ной силой может произойти авария, а при выборе пресса по завышенной силе он будет использоваться нерационально.

Силу при штамповке осаживанием в открытых штампах определяют по формулам:

— для круглых и квадратных в плане, а также близких к ним по форме поковок

$$P = \sigma_{bt} \left\{ \left(1,5 + \mu_0 \frac{D_n}{h_o} \right) F_o + \left(\frac{2\mu_0 b}{h_o} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{D_n}{h_o} \right) F_n \right\}; \quad (8)$$

— для удлиненных в плане поковок, а также поковок, имеющих в плане форму прямоугольника или близкую к нему,

$$P = 1,155 \sigma_{bt} \left\{ \left(1 + \mu_0 \frac{b}{h_o} \right) F_o + \left(\frac{2\mu_0 b}{h_o} - 0,25 + 1,25 \ln \frac{B_{cp}}{h_o} \right) F_n \right\}. \quad (9)$$

В формулах σ_{bt} — временное сопротивление при соответствующих температуре и скорости деформации, МПа; μ_0 — коэффициент внешнего трения (на мостике облоя), обычно принимают его максимальное значение, равное 0,5; b и h_o — соответственно ширина и толщина мостика облоя, мм; F_o — площадь проекции мостика облоя, мм²; D_n , B_{cp} — соответственно диаметр и ширина поковки, мм; F_n — площадь проекции поковки на плоскость разреза, мм².

Формулы (8) и (9) действительны при $\frac{B_{cp}}{h_o} = 15...65$ или $\frac{D_n}{h_o} = 15...65$.

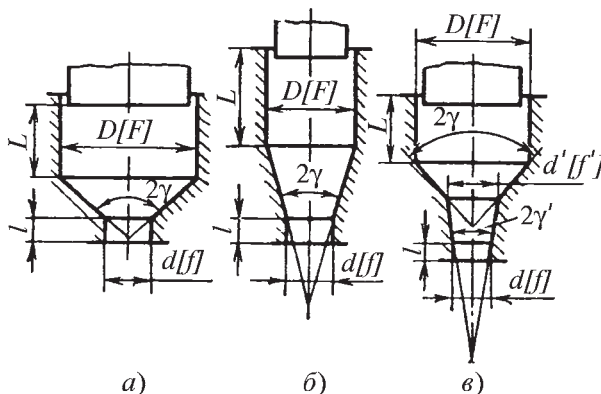


Рис. 29. Схемы инструмента для штамповки выдавливанием

Для поковок, близких по форме к круглым и квадратным в плане, принимают

$$D_{\Pi} = 1,13\sqrt{F_{\Pi}}, \quad (10)$$

среднюю ширину удлиненных поковок

$$B_{\text{ср}} = \frac{F_{\Pi}}{L_{\Pi}}, \quad (11)$$

где L_{Π} — максимальный габаритный размер поковки в плане (в направлении длины), мм.

При штамповке в закрытых штампах

$$P = \sigma_{bt} 2,07 \left\{ \left(1 - \frac{2r_2}{D_{\Pi}} \right)^2 + 1,5 \ln \frac{1,5H_{\Pi}}{2r_2} + 12 \frac{r_2}{D_{\Pi}} \left(1 - \frac{r_2}{D_{\Pi}} \right) - 4,5 \frac{H_{\Pi}}{D_{\Pi}} + 1,92 \frac{H_{\Pi}^2}{D_{\Pi}^2} + \frac{D_{\Pi}}{6H_{\Pi}} + \frac{2}{D_{\Pi}} (H_{\Pi} - r_1 - r_2) - 1,5 \right\} F_{\Pi}, \quad (12)$$

где r_1 — радиус закругления поковки около пуансона, мм; r_2 — есте-

ственный радиус закругления угла дна матрицы, мм; H_{Π} — высота поковки, мм; D_{Π} — диаметр поковки, мм.

Силу, необходимую для штамповки выдавливанием поковок V группы (при $\mu = 0,5$), определяют в зависимости от их формы. Для поковок, близких по форме к изображенным на рис. 29, а,

$$P = \sigma_{bt} \left[\left(\frac{1}{2 \sin \gamma} + \frac{2}{1 + \cos \gamma} \right) \ln \frac{F}{f} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right] F; \quad (13)$$

на рис. 29, б,

$$P = \sigma_{bt} \left[\left(1 + \frac{1}{2 \sin \gamma} \right) \ln \frac{F}{f} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right] F; \quad (14)$$

на рис. 29, в,

$$P = \sigma_{bt} \left\{ \left(1 + \frac{1}{2 \sin \gamma} \right) \ln \frac{F}{f'} + \left(1 + \frac{1}{2 \sin \gamma'} \right) \ln \frac{f'}{f} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right\} F. \quad (15)$$

Если форма поперечного сечения поковки отличается от круга, то используют равенство (10).

При выборе пресса следует учитывать, что рассчитываемая по формулам (13)–(15) сила должна развиваться прессом в начальный момент выдавливания, т.е. на участке пути ползуна при его повышенной скорости.

7. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Заполнение полостей штампов зависит от состава смазочных материалов, их дозирования и равномерности распределения по поверхностям гравюр. Смазка облегчает условия деформирования заготовок за счет снижения трения и силы деформирования, способствует улучшению качества поверхности изделий, уменьшению облоя и износа инструмента. Также она должна обеспечивать охлаждение инструмента для предотвращения его разупрочнения. Одно из основных требований к смазочному материалу — хорошая экранирующая способность, т.е. способность надежно разделять поверхности деформируемой заготовки и инструмента.

При горячей штамповке поковок осаживанием как в открытых, так и в закрытых штампах применяют водную суспензию графита, соляной раствор с машинным маслом или без масла. В кузнечном производстве ВАЗа применяют бездымную суспензию коллоидного графита в воде типа «Аквадаг». Бездымные смазочные материалы ОГВ-75, «Графитол В2», «Градис ОФ» используют на кузнечном заводе КамАЗа. Их основным компонентом является графит со средним размером частиц 2...4 мкм.

При штамповке выдавливанием применяют графитомасляные смеси,

растворы сульфито-щелочной барды, при штамповке поковок клапанов — смазки типа «Укринол-7».

Эффективность смазок зависит от их количества и способа нанесения на гравюры штампов. В отечественной и зарубежной практике применяют установки различного типа для механизированного и автоматического нанесения смазочного материала. Такие установки состоят из следующих узлов:

- баков и устройств для размещения, обеспечения требуемой кондиции и подачи исходных смазок;
- устройств для предварительной подготовки и дозирования аэрозолей;
- форсунок и распылителей смазочных смесей для получения требуемой дисперсности аэрозолей;
- стационарного крепления или систем подачи форсунок и распылителей в рабочее пространство прессов.

При неподвижном креплении форсунок и распылителей к прессам на относительно большом расстоянии от штампов для нанесения на них необходимого количества смазочной смеси требуется факел больших размеров. При этом периферийная часть факела распределяется вне гравюр штампов, что приводит к повышенному расходу смазочного материала, загрязнению рабочих мест и ухудшению условий труда штамповщиков.

Из существующих устройств для подачи форсунок и распылителей в рабочее пространство прессов наибольшей простотой отличаются ручные пистолеты, распылители которых штамповщик вводит в пространство над гравюрами штампов. Но такой способ не обеспечивает стабильное и равномерное нанесение смазочной смеси.

Для оптимального распределения смазки по гравюрам штампов без значительных потерь смазочного материала и загрязнения окружающей среды применяют механическое введение

распылителей смазок в штамповое пространство. Это осуществляют посредством рычажных систем от ползуна прессы, либо электромеханических или пневматических устройств, связанных с системой управления прессом.

Современные установки для автоматического смазывания штампов подразделяют на несколько типов:

- специализированные для графитомасляных смесей или смазочных материалов типа «Укринол» при штамповке поковок прямым выдавливанием, например установки фирмы «Националь» (США);

- специализированные с жестким дозированием объема для нанесения на инструмент машинного масла при штамповке поковок типа зубчатых колес конструкции НИИТавтопрома;

- специализированные для нанесения эмульсии на штампы автоматизированных прессов конструкции фирм «Вагнер» (ФРГ) и «Джако» (Великобритания);

- специализированные для нанесения смазочных материалов типа ОВГ-75 на штампы автоматизированных КГШП конструкции фирм «Сумитомо» и «Камацу» (Япония);

- универсальные для нанесения смазочных материалов типа ОВГ-75 на штампы КГШП — конструкции фирм «Ачесон» (США), «ФИАТ» (Италия) и др. Все универсальные и автоматизированные КГШП на кузнечном заводе КамАЗа оснащены установками фирмы «Ачесон» (США). Эти установки обеспечивают подачу смазочных аэрозолей высокой степени дисперсности.

8. ШТАМПЫ

Штампы кривошипных горячештамповочных прессов состоят из штамповых вставок, в которых выпол-

нены ручки, и блоков (пакетов) или державок, в которых закрепляют вставки. Благодаря сборной конструкции штампов упрощается изготовление сменного инструмента и обеспечивается экономия дорогих инструментальных сталей.

Блоки. Существуют два основных типа конструкций блоков: для призматических и цилиндрических вставок.

Блоки для цилиндрических вставок из-за присущих им недостатков (трудность регулирования, ненадежность крепления и др.) применяют редко. Для штамповки круглых в плане поковок широко используют цилиндрические вкладыши, монтируемые в призматических державках, которые, в свою очередь, закрепляют в блоках для призматических вставок (рис. 30). Блок состоит из верхней и нижней плит, связанных между собой направляющими колонками и втулками, деталей крепления штамповых вставок и выталкивающего механизма. Различают универсальные блоки и специальные, предназначенные для одной или нескольких однотипных поковок в

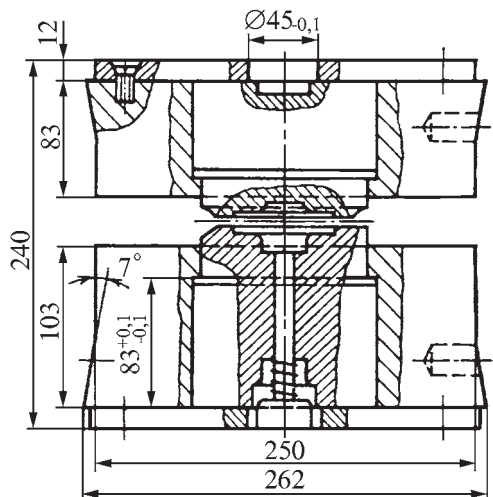


Рис. 30. Цилиндрические вкладыши в сборе с призматической державкой

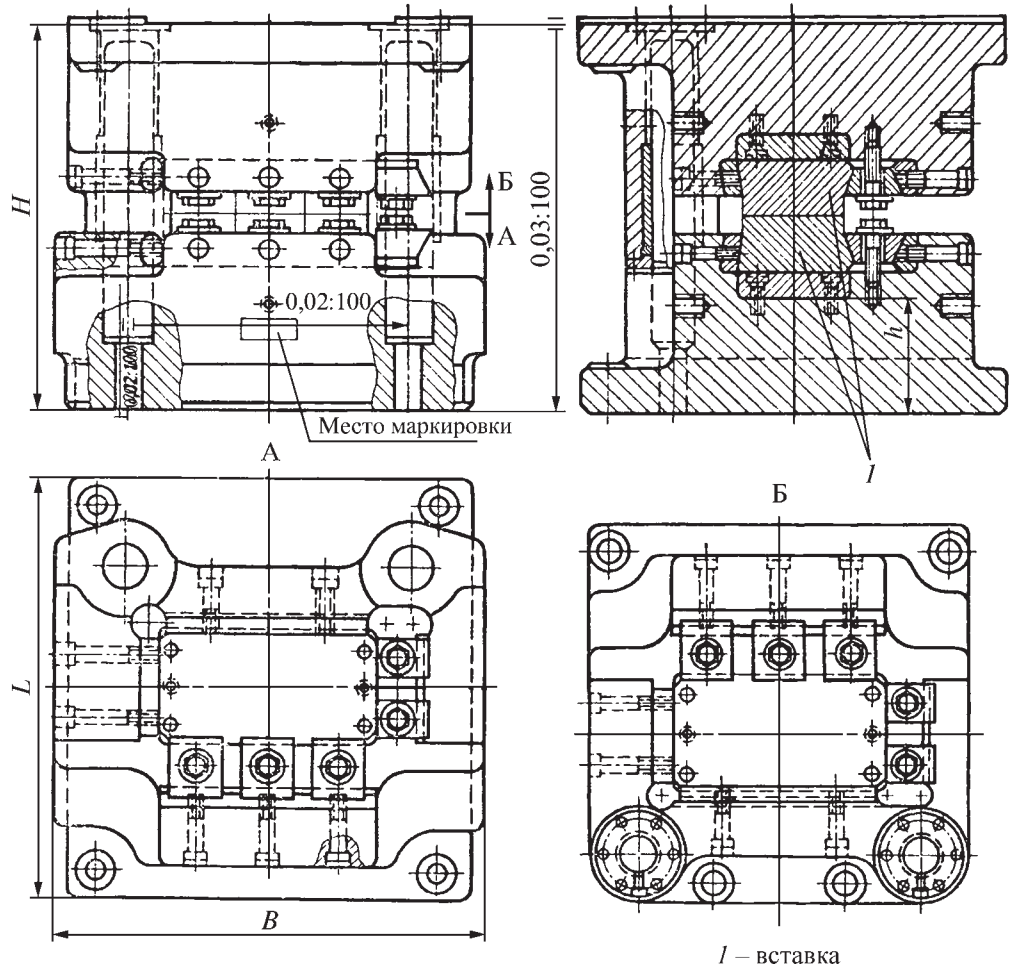
специализированном кузнечно-прессовом производстве.

Верхняя плита блока (пакета) крепится болтами к ползуну пресса, а нижняя — к столу. В верхней плите выполнен паз, в который входит выступ ползуна пресса. На столе пресса

блок перемещают и фиксируют в правильном положении клиньями, действующими на две скошенные плоскости нижней плиты блока.

Размеры универсальных блоков для прессов силой 6,3...63 МН приведены в табл. 5.

5. Размеры, мм, универсальных блоков для прессов



Сила пресса, МН	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	Сила пресса, МН	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>
6,3	630	750	574	25	1120	1200	900
10	710	750	570	40	1600	1600	1010
16	900	1040	666	63	1800	2000	1160

Клиновидная подушка прессов позволяет регулировать закрытую высоту блоков. Наилучшие эксплуатационные показатели имеют блоки, для которых закрытая высота выбрана по формуле

$$H = A + 0,75 a, \quad (16)$$

где H — номинальная закрытая высота блока; A — минимальная закрытая высота штампового пространства пресса; a — величина регулирования клиновидной подушки стола пресса.

Для предохранения плит блока от износа между вставками и основными плитами устанавливают кованные термически обработанные подкладные плиты из легированной стали. Толщина основной и подкладной плит в зависимости от силы пресса приведена в табл. 6 (толщина верхней и нижней плит одинакова).

6. Толщина, мм, подкладной и основной плит

Номинальная сила пресса, МН	Толщина плиты	
	Основной	Подкладной
6,3	149	40
10	137	50
16	150	60
25	212	80
40	234	80
63	344	100

Направляющий узел блока (рис. 31) состоит из направляющей колонки 3, втулки 4, сальника 5, нижней крышки 6, защитной шайбы 2. Гнездо для посадки колонки в нижней плите 7 блока сверлят в сборе с верхней плитой 1, что обеспечивает соосность колонки и втулки.

Направляющие колонки располагают в блоке так, чтобы они не мешали штамповщику. Обычно в блоке штампа предусматривают две направляющие колонки, расположенные на блоке сзади, но в отдельных случаях, когда к точ-

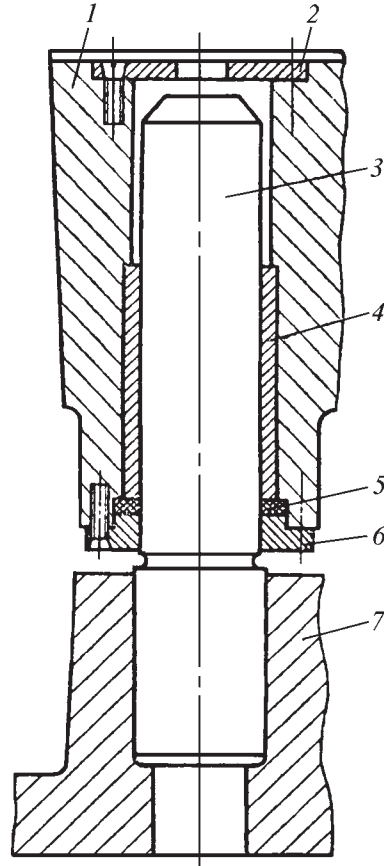


Рис. 31. Направляющий узел блока

ности поковок предъявляют повышенные требования, блоки выполняют с тремя, а иногда и четырьмя колонками.

Конструкция деталей крепления призматических штамповых вставок в блоке показана на рис. 32 (цилиндрические вставки см. на рис. 30).

Блоки в основном проектируют двух- или трехручьевыми. Расположение ручьев в блоке зависит от расположения нагревательных устройств. Первый ручей располагают в блоке со стороны подачи нагретой заготовки, второй — с противоположной стороны, в центре — окончательный ручей. Если для штамповки достаточны один или два ручья, то в блок добавляют до комплекта гладкие вставки из конструкционных сталей.

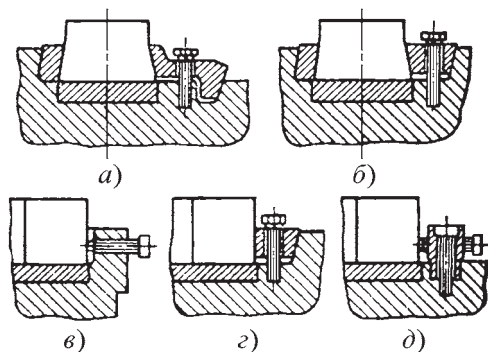


Рис. 32. Крепление штамповых вставок в блоке: а — продольное прихватами; б — продольное прижимными клеммами; в — боковое упорными винтами; г — боковое прижимными клеммами; д — упорными винтами через стойку

Выталкивающие механизмы универсальных блоков конструируют:

- с одним выталкивателем;
- с траверсой, позволяющей проводить выталкивание поковок из любого ручья штампа;
- с траверсой и поворотными рычагами, с помощью которых выталкивание можно осуществлять, воздействуя на любой элемент поковки;
- рычажно-кулачковый.

Необходимая длина хода толкания выталкивающих механизмов блоков для прессов с различной силой приведена в табл. 7. Для поковок, изготовляемых штамповкой выдавливанием, применяют специальные выталкиватели с увеличенным ходом.

Выталкивающий механизм с одной точкой толкания для удаления поковок только из окончательного ручья прост по конструкции, но область его применения очень ограничена. Выталкивающие механизмы с траверсой также не получили широкого распространения из-за перекосов и заедания траверсы, приводящих к частым авариям.

Рычажно-кулачковый выталкивающий механизм показан на рис. 33. Эти механизмы универсальны, надежно работают в трудных условиях, не мешают

7. Длина хода, мм, толкателей выталкивающих механизмов блоков прессов

Номинальная сила пресса, МН	Необходимый ход* толкателя
6,3	10...12
10	13...18
16	15...20
20...25	18...25
31,5...40	20...30
50...63	25...35
80	30...40

* Рекомендуется только для универсальных блоков.

монтажу и демонтажу вставок непосредственно на прессе без съема блока. Конструкция имеет достаточную жесткость и может выдерживать большие нагрузки. Это позволяет применять рычажно-кулачковый механизм с тол-

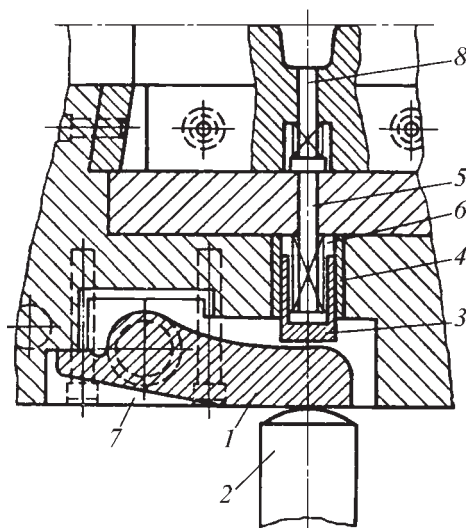


Рис. 33. Рычажно-кулачковый выталкивающий механизм:

1 — рычаги; 2 — стержень выталкивателя пресса; 3 — стакан; 4 — направляющая втулка; 5 — стержень выталкивающего механизма блока; 6 — пружина; 7 — разъемные подшипники; 8 — толкатель штамповой вставки

кателем, действующим непосредственно на тело поковки, а не только на облой или внутреннюю перемычку.

Если выталкивание нужно проводить только в одном центральном окончательном ручье и в одном месте этого ручья, то используют рычаг с одним плечом. При необходимости выталкивания из предварительного и окончательного ручьев рычаг изготавливают двухплечим и при выталкивании в трех ручьях — трехплечим. Поскольку в первом ручье обычно осуществляют осадку, гибку и тому подобные переходы, для которых выталкивание не требуется, то универсальные блоки обычно снабжают двухплечими рычагами.

Универсальные блоки имеют определенное расположение стержней, действующих на толкатели, причем это расположение может не всегда соответствовать желательному расположению толкателей у вставок. Для того чтобы не увеличивать номенклатуру блоков, широко применяют передачу сил толкателям через траверсы, установленные во вставках со стороны их опорной поверхности.

В табл. 8 приведены основные размеры рычагов. Размер A задают конструктивно в зависимости от расстояния между главными осями вставок.

Система выталкивания поковок в штамповых вставках состоит из вытал-

8. Размеры, мм, рычагов выталкивателей

	Сила прессы, МН	d	H	B
	6,3	30	30	25
	10	40	40	32...35
	16	50	50	40
	20...25	65	55	50
	31,5...40	90	80	65...75
	50...63	100	90	70...80
	80	110	100	75...90

Размеры на чертеже соответствуют прессу с силой 16 МН.

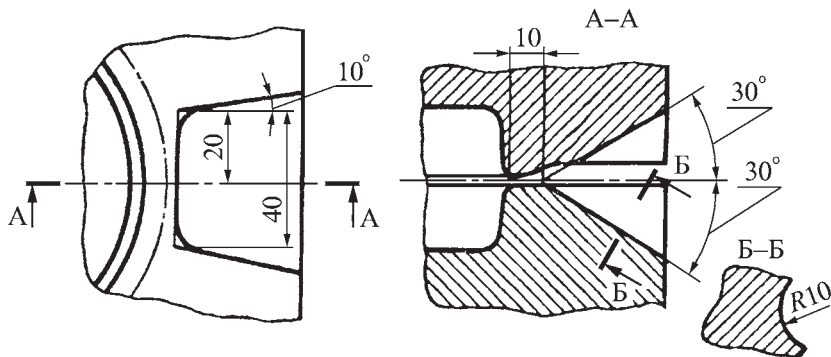


Рис. 34. Конструкция выемки для захвата поковки клещами

кивателя поковки (толкателя штамповой вставки), имеющего форму цилиндрического стержня или кольца, и пружины, возвращающей его в исходное положение (см. рис. 30 и 33).

Выталкивание поволоков осуществляют воздействием на тело поковки, на облой или перемычку. Выталкиватели в виде стержня, воздействующего на поковку, располагают в непосредственной близости от участков, где наиболее вероятно застревание поковки — у бобышек, выступов и ребер. Не следует размещать их напротив базовых участков поковки. Выталкиватели рекомендуется изготовлять на 0,5...1 мм больше расчетной длины; после того как вставка будет собрана, торец выталкивателя зачищают заподлицо с поверхностью ручья. Поковки выталкивают с воздействием на облой только при наличии участков с широким облоем, когда отверстие под толкатель можно сверлить в стороне от стенки полости ручья. Выталкивание с воздействием на перемычку осуществляют при наличии перемычки с магазином (см. рис. 8).

В зависимости от формы поковки и вероятности ее застревания предусматривают выталкивание поковки из верхней или нижней вставки или из обеих вставок одновременно. Иногда

привод выталкивателей нижней плиты блока осуществляют через траверсу, связанную болтами с верхней плитой блока.

Для удобства захвата поволоков клещами за облой во всех вставках независимо от наличия или отсутствия толкателя выполняют выемки, аналогичные выемкам, применяемым в молотовых штампах (рис. 34).

Конструирование ручьев. В штампах КГШП предусматривают заготовительные и штамповочные ручки; иногда (особенно при автоматической штамповке) — ручки для выполнения операции обрезки облойа и пробивки отверстий.

К заготовительным ручьям штампов КГШП относят пережимной, формовочный, гибочный ручки и площадку для осадки (иногда — подкатные ручки); к штамповочным ручьям — предварительный, окончательный и заготовительно-предварительный ручей, который применяют для удлиненных поволоков и для осесимметричных поволоков, штампуемых вдоль оси.

Ручьи конструируют с учетом основных особенностей горячей штамповки на прессах:

— учитывая необходимость предупреждения заклинивания пресса, поверхности разъема вставок не должны

соприкасаться при штамповке; между верхней и нижней вставками необходим зазор, величину которого при конструировании принимают не меньше толщины облоя; исключение из этого правила допускается только в отношении некоторых вставок для горячей калибровки поковок;

- на вставке, как правило, располагают только один ручей;

- размеры ручьев надо взаимно увязать так, чтобы в окончательном ручье деформация, по возможности, осуществлялась осадкой, а не выдавливанием;

- на наружных боковых поверхностях вставок с криволинейным разъемом (рис. 35) необходимо предусмотреть лыски глубиной 1,5...3 мм и наименьшей шириной 5...10 мм, чтобы избежать зарубку рядом стоящей вставки при горизонтальной регулировке;

- на вставках без толкателей необходимо предусмотреть гнезда для свободного движения выталкивателей блока; расположение и диаметр гнезд должны быть такими, чтобы при любой регулировке вставок не могло быть поломки (см. рис. 35);

- на каждой вставке должно быть по два транспортировочных отверстия; эти отверстия не должны мешать возобновлению фигур при капитальном ремонте вставок, поэтому их располагают ближе к опорным плоскостям; диаметры отверстий во всех вставках рекомендуется делать одинаковыми.

Для некоторых вставок, особенно предназначенных для штамповки выдавливанием, предусматривают охлаждение водой, циркулирующей в специальных каналах.

Окончательный штамповочный ручей изготавливают по чертежу горячейковки. При необходимости задерживать, уменьшить вытекание металла в

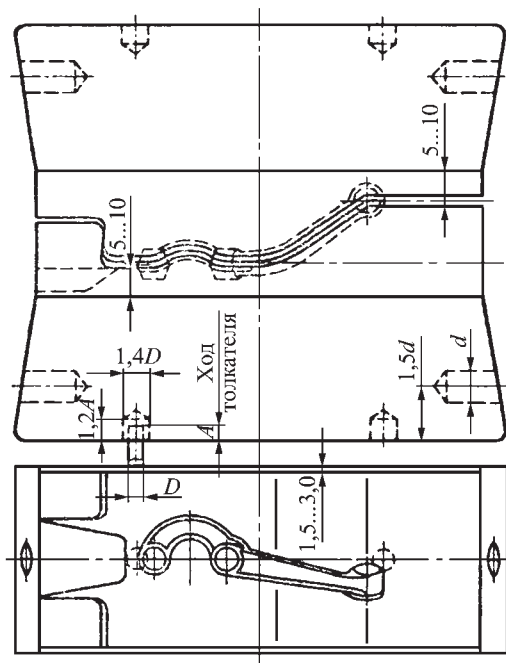


Рис. 35. Вставки для поковок с кривой линией разъема

облой, толщину мостика уменьшают на 40...50 % или же увеличивают его ширину на 50...70 %, что предпочтительнее, так как уменьшает опасность работы прессы в распор.

Ручьи с узкими и глубокими полостями плохо заполняются металлом из-за скопления в них воздуха и продуктов сгорания смазочного материала. При штамповке на молоте этого не происходит, так как штамповку осуществляют за несколько ударов. Для выхода газов в атмосферу на дне глубоких полостей ручьев необходимо предусматривать газоотводящие каналы, диаметр которых не превышает 1,2...1,5 мм, иначе в них будет затекать металл.

Если дно глубокой выемки в штампе имеет полукруглую форму, то достаточно просверлить одно отверстие на дне выемки. В тех случаях, когда дно глубокой выемки плоское, отверстия сверлят у каждого

конца выемки возможно ближе к вертикальной стенке. Для упрощения изготовления газоотводящих каналов отверстие диаметром 1,2...1,5 мм сверлят только на глубину 15...20 мм, а с обратной стороны вставки засверливают отверстие диаметром 8...15 мм. На рис. 36 показано правильное и неправильное расположение газоотводящих каналов. Для сообщения газоотводящих отверстий с атмосферой на опорной поверхности вставки фрезеруют канавку глубиной 5...6 мм, пересекающую все отверстия.

Иногда вместо сверления отверстий целесообразно вставлять глухие пробки с четырьмя фрезерованными долевыми канавками радиусом 0,75 мм. Это упрощает изготовление газоотводящих каналов и одновременно позволяет увеличить число восстановлений изношенных фигур. Для отвода газов используют также выполненные на толкателях ручьев канавки радиусом 0,8...1,2 мм или в прошивных пуансонах — отверстие диаметром 1,5 мм.

Предварительный ручей желательно конструировать так, чтобы в результате деформирования в нем заполнение полости окончательного ручья проходило за счет осадки, а не выдавливания. Поэтому заготовка, полученная из предварительного ручья, должна хорошо укладываться на дно полости окончательного ручья. Для выполнения указанного условия полость предварительного ручья в каждом сечении делают по горизонтальным размерам в плоскости разреза штампов несколько уже, чем в окончательном ручье. Для создания же необходимого избытка металла при заполнении окончательного ручья глубину полости у предварительного ручья выполняют несколько большей (на 5...6 %), чем у оконча-

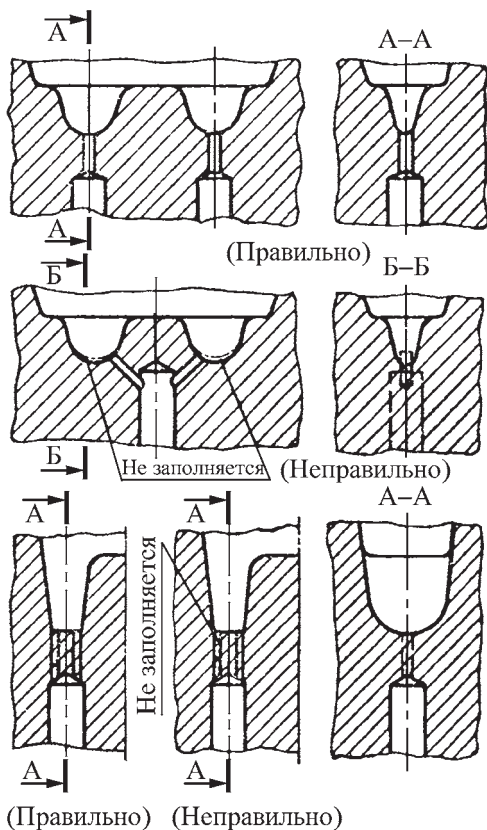


Рис. 36. Расположение газоотводящих каналов

тельного ручья. Рекомендуется увеличение на 15...20 % объема предварительных ручьев по сравнению с окончательными. Этот излишек металла обеспечивает хорошее заполнение полости окончательного ручья и выдавливается в облой. Для мелких поковок, площадь поперечного сечения которых незначительна, размеры фигуры предварительного ручья задают такими же, как и у окончательного.

В предварительных ручьях, если заполнение полости осуществляется осадкой с незначительным количеством избыточного металла, облойную канавку с магазином делать необязательно. При наличии в предварительном ручье облойной канавки ширина

мостика должна быть больше на 30...40 %, а толщина — в 1,5 раза. При штамповке поковок выдавливанием, когда есть гарантия заполнения ручья, для облегчения условий работы пресса и штампа в предварительных ручьях мостик обязателен.

Радиусы переходов в предварительном ручье обычно увеличивают в 3 раза по сравнению с радиусами окончательного ручья, острые кромки скругляют. При штамповке спаренных поковок толщину полотна между по-

ковками в предварительном ручье уменьшают на 30...40 %, чтобы в окончательном ручье между поковками не было избыточного металла, приводящего к образованию зажимов.

Как правило, оптимальную геометрию предварительных ручьев определяют при наладке процесса штамповки, которая заключается в изменении радиусов переходов и формы отдельных элементов гравюр для исключения дефектов поковок при достаточной стойкости штампов.

Глава 5

ШТАМПОВКА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ

На гидравлических прессах штампуют крупные поковки, которые невозможно изготовить на другом кузнечном оборудовании из-за его недостаточной мощности. Это поковки, для штамповки которых необходим большой рабочий ход, а сила деформирования не имеет максимального значения в начале или в конце хода деформации (например, при глубокой прошивке) и поковки, требующие специальных физико-химических условий горячей деформации.

Тихоходность гидравлических прессов предопределяет тяжелые условия работы штампового инструмента из-за более продолжительного контакта с поковкой. Гидравлические штамповочные прессы применяют для штамповки поковок из легких сплавов и из стали в условиях массового производства, например, колес подвижного состава железных дорог.

Основные технологические операции и классификация поковок. На гидравлических штамповочных прессах наиболее целесообразно выполнять следующие операции: выдавливание — обратное (прошивка в закрытой матрице), прямое (прессование) и боковое; вытяжку с утонением стенки (протяжку); осадку в закрытой матрице и высадку; гибку; штамповку в открытых и закрытых штампах.

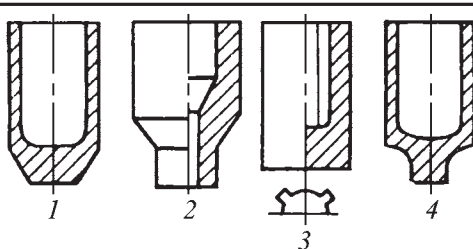
Эти операции могут проводиться в любых сочетаниях друг с другом (комбинированная штамповка). Наиболее распространенными способами комбинированной штамповки являются сочетания выдавливания, вытяжки с утонением стенки и осадки в закрытых штампах.

Для выполнения перечисленных технологических операций применяют открытые и закрытые штампы, а также многопуансонную (многопунжерную) штамповку в цельных и разъемных матрицах. В качестве исходных заготовок используют прокат, слитки, поковки и отливки.

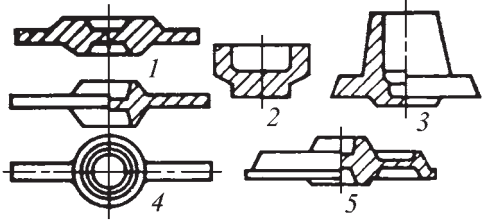

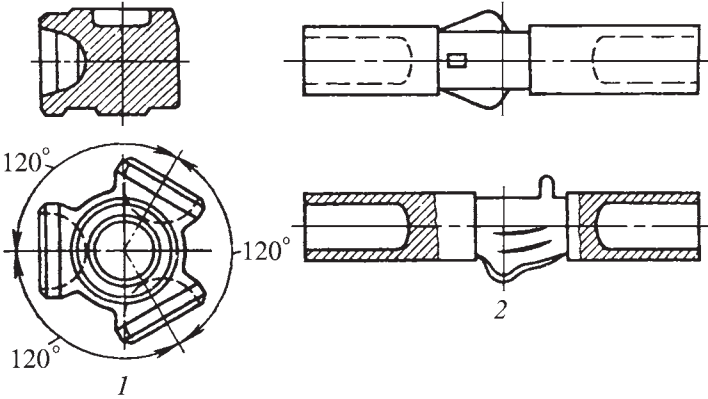
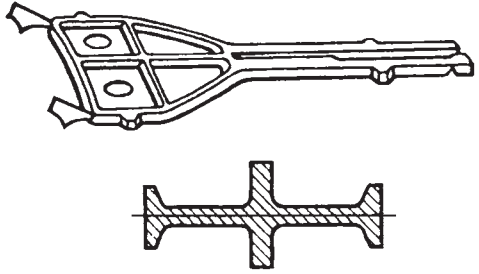
Все многообразие поковок, штампуемых на гидравлических прессах, в зависимости от применяемых для их изготовления операций, подразделяют на группы (табл. 1):

I — поковки типа стаканов с гладкими стенками или сложной формы с глухими или сквозными отверстиями (корпуса снарядов, гильзы, втулки, муфты, цилиндры и т. п.);

1. Методы получения поковок различных групп на гидравлических прессах

Группа поковок	Поковки	Методы штамповки
I		Обратное выдавливание с последующей вытяжкой с утонением стенки

Окончание табл. 1

Группа поковок	Поковки	Методы штамповки
II		Осадка и выдавливание в открытых, закрытых и секционных штампах
III		Гибка с высадкой в раздвижных или секционных штампах
IV		Комбинированная штамповка в разъемных штампах
V		Штамповка поковок в блочных и секционных штампах

II — поковки типа дисков (невысокие чашки и втулки с фланцами, роторы турбин, диафрагмы и т. п.);

III — поковки с вытянутой осью (коленчатые валы и т. п.);

IV — поковки типа крестовин (втулка авиационного винта и т. п.);

V — поковки типа панелей.

Составление чертежа поковки. При назначении припусков и допусков на поковки, штампуемые на гидравлических штамповочных прессах, необходимо учитывать их конструктивные особенности. Для старых прессов с направлением подвижной поперечины по колоннам припуски на размеры по-

2. Допустимая разностенность поковок I группы (размеры, мм)

Диаметр*		Длина поковки	Разностенность	Диаметр*		Длина поковки	Разностенность
наружный	внутренний			наружный	внутренний		
$\frac{85}{75}$	$\frac{50}{60}$	300	2...3	$\frac{275}{250}$	$\frac{195}{215}$	1000	8...9
$\frac{115}{105}$	$\frac{75}{80}$	350	2...3	$\frac{300}{270}$	$\frac{220}{240}$	1500	8...10
$\frac{135}{120}$	$\frac{90}{100}$	525	3...4	$\frac{350}{310}$	$\frac{270}{290}$	2000	10...12
$\frac{165}{150}$	$\frac{105}{120}$	600	4...5	$\frac{400}{360}$	$\frac{300}{330}$	3000	11...14
$\frac{195}{180}$	$\frac{130}{145}$	700	5...6	$\frac{500}{450}$	$\frac{380}{410}$	4000	15...18
$\frac{220}{200}$	$\frac{160}{175}$	800	6...7	$\frac{600}{530}$	$\frac{440}{480}$	5000	18...22
$\frac{250}{230}$	$\frac{170}{190}$	900	7...8	$\frac{650}{560}$	$\frac{480}{510}$	5500	22...26

* В числителе — диаметр поковки; в знаменателе — диаметр детали после чистовой обработки.

Примечание. Максимальная разностенность допускается при штамповке поковок с полостями большой глубины, т. е. при $1 \leq \frac{d}{l} \leq 1,5$, где d — внутренний диаметр, l — глубина полости.

ковок должны быть увеличены на 50 % по сравнению с припусками, назначаемыми по ГОСТ 7505–89 на размеры поковок.

Для новых прессов с направляющими для ползуна пресса, обеспечивающими высокую точность изготовления поковок, припуски и допуски назначают в соответствии с ГОСТ 7505–89. Для поковок I группы припуск на диаметр с учетом разностенности поковок типа стаканов выбирают по табл. 2.

Допуски на разностенность выбирают по ГОСТ 7505–89 с возможным увеличением их на 25...50 % в зависимости от глубины полости для $d/l > 1,5$. Штамповочные уклоны назначают в зависимости от оснащенности пресса выталкивателями, глубины полостей и толщины стенок поковки. Уклоны внутренних стенок равны 2...4°, укло-

ны наружных стенок — 1...2°. Для поковок, штампуемых выдавливанием, назначают небольшие наружные уклоны (до 30') для облегчения удаления их из штампа с помощью выталкивателя или съёмника.

Для поковок с массой до 100 кг радиусы закруглений выбирают по табл. 3.

Размеры радиусов закруглений для крупных поковок, определяемые по среднему припуску, должны соответствовать значениям из следующего нормального ряда, мм: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 и далее через 10 мм.

Разработка технологического процесса. При разработке технологических процессов необходимо руководствоваться следующими правилами:

— формообразование полости в поковке целесообразнее проводить раз-

3. Радиусы закруглений, мм, в зависимости от массы поковки

Масса поковки, кг				Точность поковок	
				нормальная	повышенная
До	0,5			1,5	1,0
Св.	0,5	до	1,0	2,0	1,5
»	1	»	3	2,5	1,5
»	3	»	5	3,0	2,0
»	5	»	10	4,0	3,0
»	10	»	20	5,0	4,0
»	20	»	40	8,0	5,0
»	40	»	60	10,0	8,0
»	60	»	100	15,0	12,0

дачей металла в стороны; так, например, обратное выдавливание поковок типа стакана с глубокими полостями целесообразно осуществлять из заготовок с квадратным поперечным сечением с закругленными углами;

— обратное выдавливание применять для изготовления неглубоких полостей с отношением диаметра к глубине полости, меньшим единицы, а затем производить вытяжку с утонением стенки;

— при выдавливании и вытяжке с утонением массу заготовки определять с учетом припуска на неровность краев;

— необходимо проводить очистку нагретой заготовки от окалины или использовать методы нагрева без окисления поверхности.

Поковки 1 группы. Пример 1. Штамповка поковки корпуса типа стакана [см. эскиз 1 (группа I), табл. 1]. Корпус штампуют из заготовки квадратного или круглого сечения, применяя две операции: обратное выдавливание и вытяжку с утонением стенки.

Возможны два варианта технологического процесса. По первому вариан-

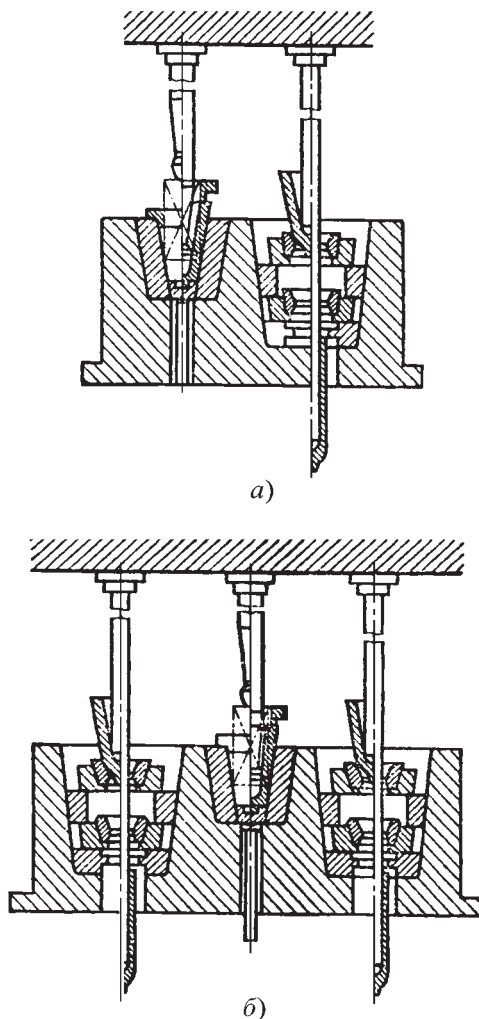


Рис. 1. Схемы последовательных штампов для выдавливания и вытяжки с утонением:
а — двухпозиционный штамп; б — трехпозиционный штамп

ту заготовку нагревают и затем штампуют на одном прессе в двух- или трехпозиционных штампах (рис. 1).

При штамповке в двухпозиционном штампе центрирование заготовки осуществляется специальной направляющей втулкой (рис. 1, а).

Заготовку подают на первую позицию штампа. При движении вниз пуансон заталкивает заготовку в матрицу

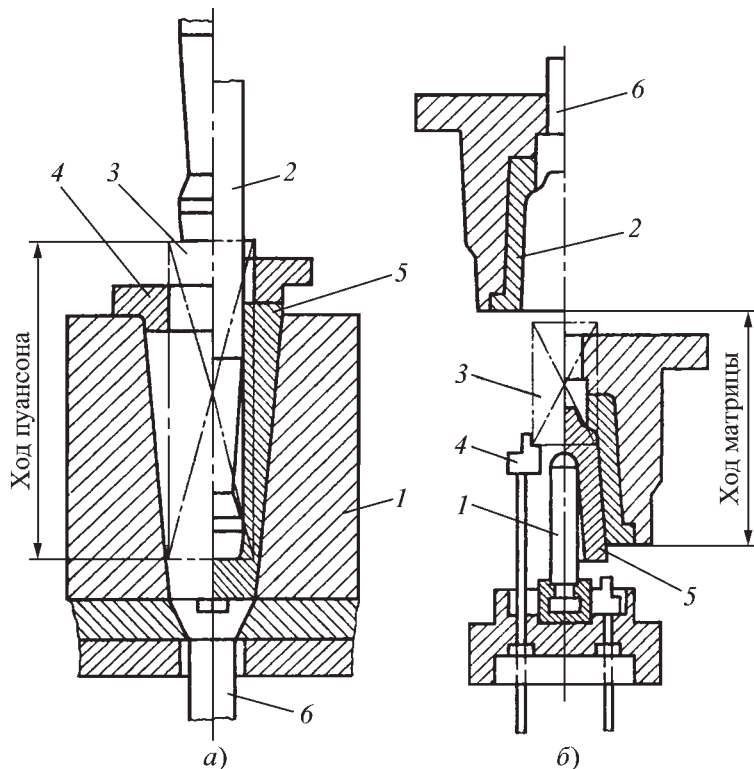


Рис. 2. Схемы штампов:

а — обратного выдавливания; *б* — прямого выдавливания

и происходит формообразование полости. Затем заготовка выталкивается и передается на вторую позицию штампа. При движении пуансона вниз выполняется вытяжка с утонением стенки через две матрицы.

При штамповке в трехпозиционном штампе после обратного выдавливания заготовку подают на вторую и затем третью позиции штампа (рис. 1, б). На этих позициях осуществляется вытяжка с утонением стенки через четыре матрицы.

При изготовлении по второму варианту штамповку проводят на двух прессах. На первом прессе стакан штампуют обратным выдавливанием по двум вариантам:

— матрица 1 неподвижна (рис. 2, а), а пуансон 2 перемещается; заготовку 3

устанавливают в центрирующее кольцо 4 матрицы; после штамповки поковка 5 выталкивается из матрицы выталкивателем 6 либо снимается с пуансона съемником;

— пуансон 1 неподвижен (рис. 2, б), а матрица 2 подвижна, заготовку 3 укладывают на специальную вставку 4, матрица опускается; после прямого выдавливания поковка 5 либо выталкивается из матрицы выталкивателем 6, либо снимается с пуансона съемником; затем заготовку передают на горизонтальный или вертикальный пресс, на котором проводят вытяжку с утонением стенки, одним из следующих способов:

— вытяжкой (рис. 3, а) через неподвижные матрицы 1; заготовка устанавливается на первую матрицу и про-

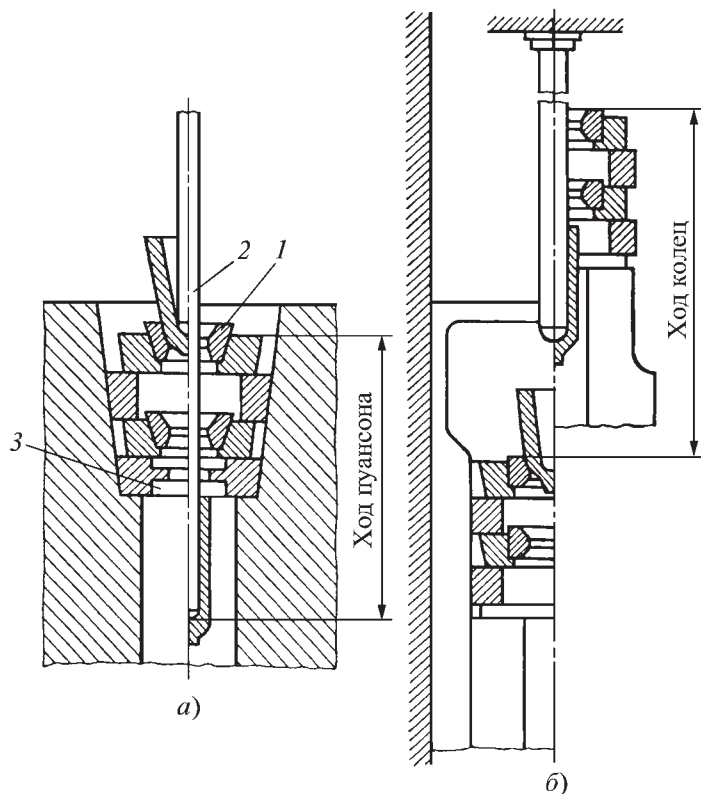


Рис. 3. Схемы штампов для вытяжки с утонением:

а — с подвижным пуансоном; б — с подвижными кольцами

талкивается подвижным пуансоном 2 через две-три матрицы и снимается с пуансона съемником 3;

— вытяжкой (рис. 3, б) при неподвижном пуансоне и подвижных кольцах (матрицах); заготовка устанавливается на первую матрицу, вытягивается и снимается с пуансона.

Вытяжку двух заготовок, предварительно выдавленных на другом прессе, можно осуществлять также одновременно двумя пуансонами.

Число матриц, необходимое для изготовления поковки, определяют по площади F вытяжки (перемещаемого металла): $F = F_1 - F_2$, где F_1, F_2 — максимальная площадь поперечного кольцевого сечения заготовки и поковки соответственно.

Чтобы избежать пробивки дна стакана при малой площади пуансона f , отрыва дна или стенки заготовки при малой площади F_2 , должны соблюдаться следующие условия:

$$F \leq 0,4f \text{ и } F \leq 0,7F_2.$$

Зная размеры заготовки, вытянутой поковки, а также площадь вытяжки F , с помощью этих соотношений определяют число колец (матриц) и их диаметры. Диаметр последнего кольца равен диаметру цилиндрической части вытянутой поковки в нагретом состоянии, а площадь вытяжки через два кольца распределяют так, чтобы на первое кольцо приходилось $2/3 f$, а на второе — $1/3 F$ (при протяжке через

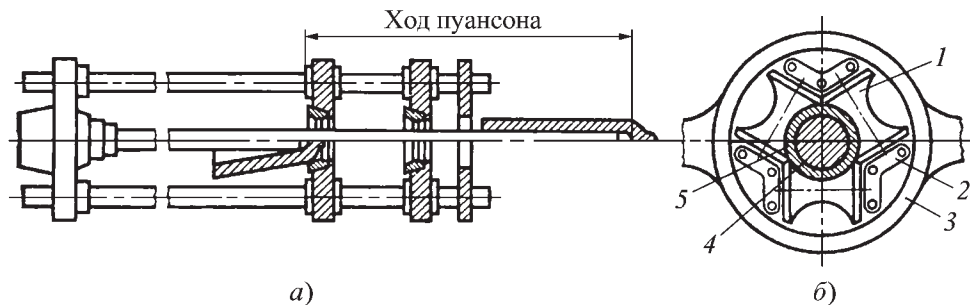


Рис. 4. Схемы вытяжки с утонением на горизонтальном прессе:

a — вытяжка в кольцах; *б* — роликовая матрица; 1 — ролики; 2 — кронштейны; 3 — корпус; 4 — пуансон; 5 — поковка

три кольца последнее кольцо используют только для калибровки).

Пример 2. Штамповку тонкостенного удлиненного цилиндрического ста-

кана [эскиз 4 (группа I), табл. 1] проводят также на двух прессах. Сначала выдавливанием по схеме на рис. 2, а с последующей вытяжкой с утонением стенки на горизонтальном гидравлическом прессе (рис. 4, а). Вытяжку осуществляют через обычную матрицу или роликовую (рис. 4, б). При этом заготовку надевают на подвижный пуансон и протягивают через ролики. При обратном ходе съемник снимает ее с пуансона. При необходимости заготовку подогревают и проводят вторичную вытяжку через матрицы меньшего диаметра.

Поковки II группы. Пример 1. Штамповку диска [эскиз 1 (группа II), табл. 1] производят в трехсекционном штампе на гидравлическом штамповочном прессе. На рис. 5 показаны переходы штамповки. Расчеты секционной штамповки дисков даны в гл. 2.

Нагретую заготовку подают в штамп (рис. 6) с цельной матрицей и секционным пуансоном, состоящим из трех concentric sections, причем центральная и средняя секции подвижны и регулируются по высоте специальными регулировочными кольцами, которые в нижней части имеют выступы, соответствующие пазам верхней части секции. Возможны два положения секций — верхнее, когда зубья регулирующих колец находятся в пазах секций, и

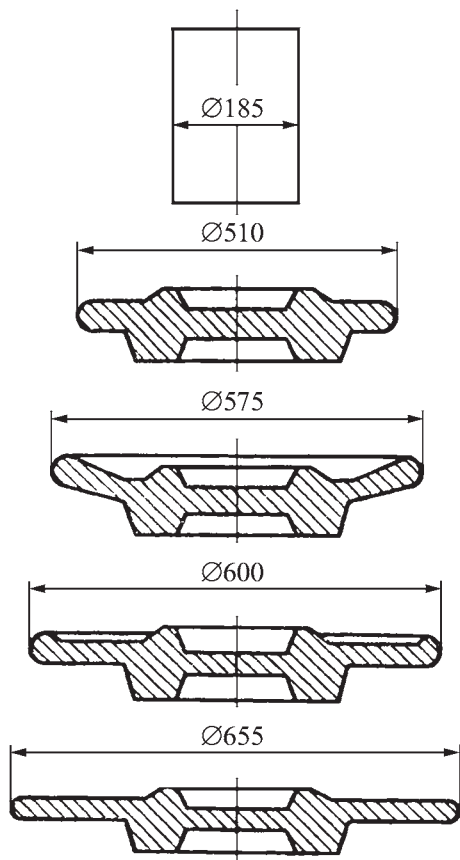


Рис. 5. Переходы штамповки диска

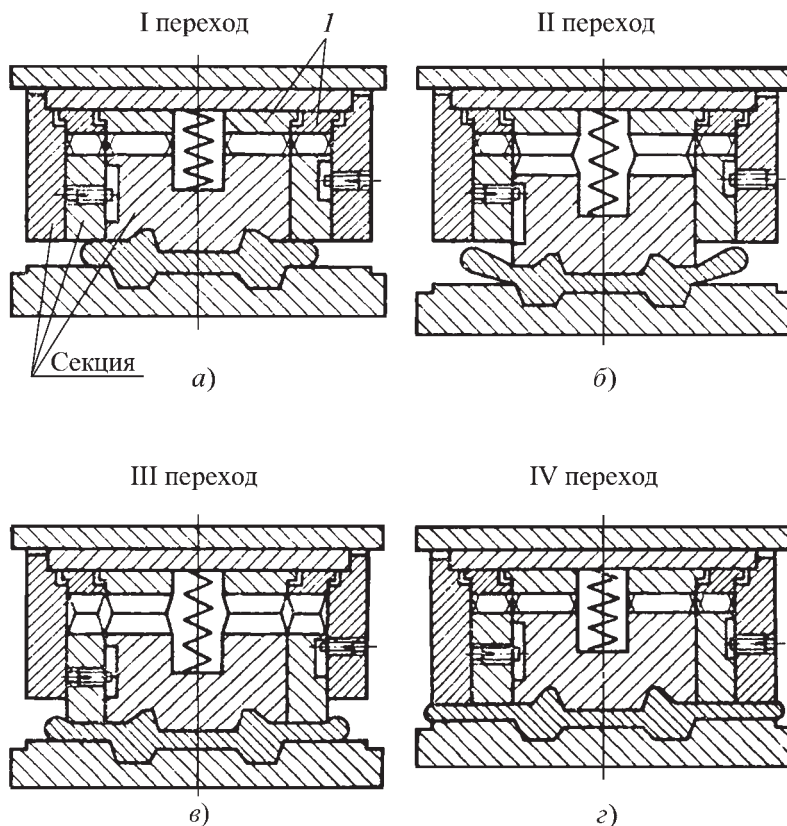


Рис. 6. Схемы штамповки диска в штампе с секционным пуансоном:

I — регулировочные кольца

нижнее, когда регулирующие кольца повернуты на ширину паза и выступы колец находятся против выступа секций. Регулировку положений секций осуществляют независимо друг от друга. В начальной стадии штамповки (рис. 6, а) выступы колец расположены в пазах секций, проводят предварительную формовку диска. При ходе траверсы пресса вверх центральная и средняя секции опускаются на толщину регулировочного кольца, благодаря чему фиксируется поворотом регулировочного кольца нижнее положение одной секции или обеих секций. Затем регулировочное кольцо поворачивается и осуществляется обжим центральной части заготовки (рис. 6, б). С по-

мощью второго регулировочного кольца обжимают среднюю часть заготовки (рис. 6, в), после чего оба кольца поворачивают так, чтобы их зубья находились над пазами секций (рис. 6, г), и осуществляют калибровку поковки.

Пример 2. Штамповку поковки ступицы [см. эскиз 3 (группа II), табл. 1] проводят на двух гидравлических прессах с промежуточным нагревом. Переходы штамповки показаны на рис. 7. Нагретую заготовку подают в матрицу штампа (рис. 8, а) и надевают на матрицу направляющее кольцо. Выполняют первый переход — высадку конца заготовки. После этого пуансон 7 снимают, а пуансоном 6 проводят второй переход — высадку утолщения.

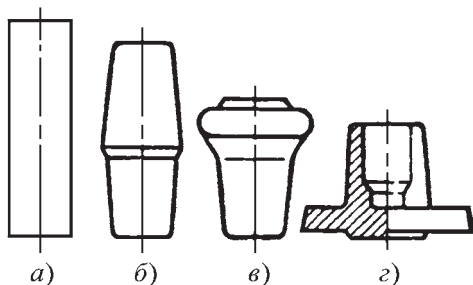


Рис. 7. Переходы штамповки ступицы:

a — заготовка; *б* — высадка конуса; *в* — высадка утолщения; *г* — выдавливание отверстия

Затем заготовку подогревают, подают на второй пресс и укладывают ее в нижнюю часть штампа (рис. 8, *б*), накрывают верхней частью и формуют полость пуансоном 4. После этого верхнюю часть штампа снимают, вынимают заготовку и устанавливают в матрицу с кольцом, где пробивают отверстие пуансоном 7.

Поковки III группы. *Пример 1.* Штамповку крупных коленчатых валов осуществляют в раздвижных штампах. При ходе траверсы пресса

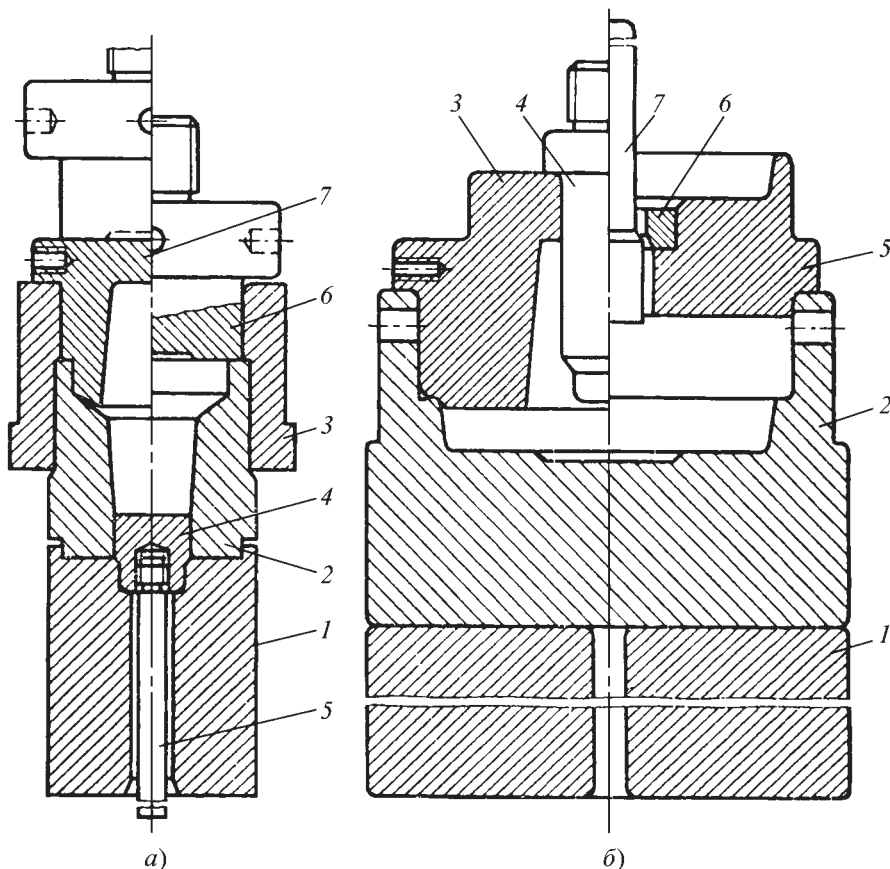


Рис. 8. Схемы штампов для изготовления ступицы:

a — штамп для первой операции штамповки ступицы: 1 — нижняя часть матрицы; 2 — матрица; 3 — направляющее кольцо; 4 — дно; 5 — выталкиватель; 6 — пуансон второй высадки; 7 — пуансон первой высадки; *б* — штамп для второй операции штамповки ступицы: 1 — подставка; 2 — нижняя часть штампа; 3 — верхняя часть штампа; 4 — прошивной пуансон; 5 — матрица для пробивки; 6 — кольцо; 7 — пуансон для пробивки

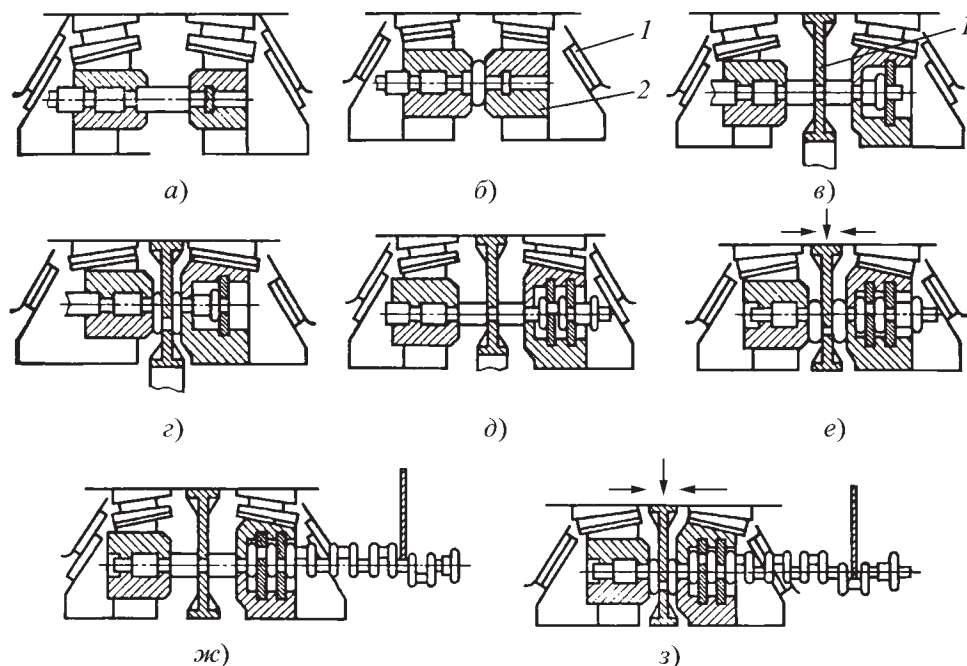


Рис. 9. Схема секционной штамповки крупных коленчатых валов методом гибки с высадкой:

а — укладка заготовки в штамп; *б* — высадка фланца: 1 — клин; 2 — ползушка; *в* — перемещение заготовки: 1 — нажимной пуансон; *г* — высадка первого колена; *д* — перемещение заготовки; *е-з* — высадка остальных колен

вниз предварительно подготовленная заготовка (полученная ковкой) зажимается в ручьях штампа (рис. 9, *а*). Затем с помощью клиновых устройств две половины штампа сближаются и происходит высадка фланца подвижными ползушками (рис. 9, *б*), после чего заготовка передвигается на длину колена (рис. 9, *в*) и с помощью нажимного пуансона при сближении ползушек проводится высадка и гибка первого колена (рис. 9, *г*). Аналогичным образом проводят штамповку остальных колен (рис. 9, *д-з*).

При ходе траверсы пресса вниз предварительно подготовленная заготовка (полученная ковкой) зажимается в ручьях штампа (рис. 9, *а*). Затем с помощью клиновых устройств две половины штампа сближаются и происходит высадка фланца подвижными

ползушками (рис. 9, *б*), после чего заготовка передвигается на длину колена (рис. 9, *в*) и с помощью нажимного пуансона при сближении ползушек проводится высадка и гибка первого колена (рис. 9, *г*). Аналогичным образом проводят штамповку остальных колен (рис. 9, *д-з*). Расчет технологического процесса штамповки коленчатых валов этим методом см. в гл. 2.

Коленчатые валы штампуют также в секционных штампах. В гл. 2 описан процесс штамповки, а на рис. 6 (гл. 5) показан штамп с секционным пуансоном.

Поковки IV группы. Пример 1. Штамповку поковки типа втулки трехлопастного авиационного винта [эскиз 1 (группа IV), табл. 1] проводят на гидравлическом прессе в закрытом разъемном штампе (рис. 10).

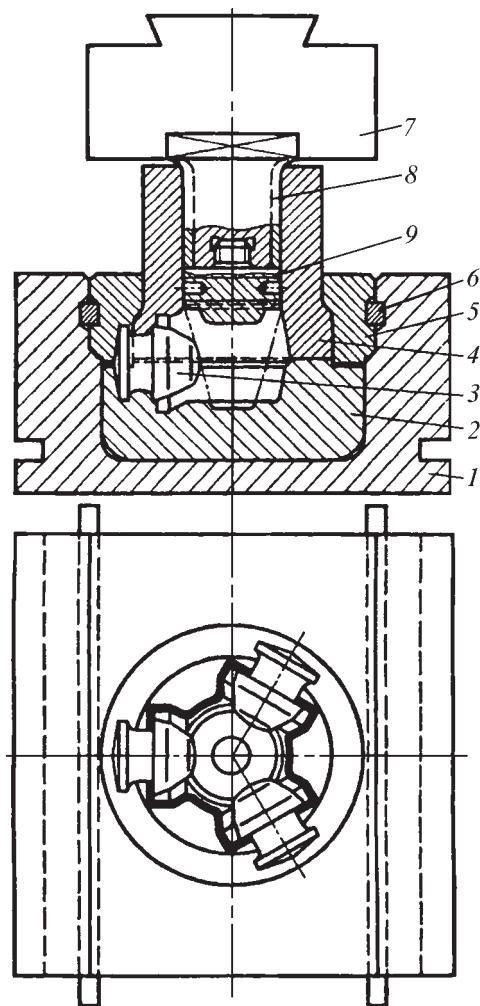


Рис. 10. Штамп для поковки втулки авиавинта

В корпус 1 штампа устанавливают нижнюю часть матрицы 2. В выемки матрицы свободно закладывают три боковых пуансона 3, которые закрепляют верхней частью матрицы 4, прижимной плитой 5 и двумя клиньями 6. Таким образом создается закрытая полость штампа. Деформирующий пуансон 9 перемещается в отверстии верхней части матрицы. Он закреплен в державке 8, вставленной в хвостовик 7.

Нагретую и предварительно подготовленную ковкой заготовку в форме

усеченного конуса (на рис. 11 показана штриховой линией) укладывают в матрицу поверхностью с меньшим диаметром. Под действием пуансона металл деформируется, заполняя фигурную полость штампа. После этого проводят разъем штампа и удаление поковки, для чего выбивают клинья, поднимают при обратном ходе пресса прижимную плиту с верхней частью матрицы. Специальной выколоткой или рычагом отделяют поковку вместе с наметками и удаляют из поковки боковые пуансоны. Штамповку таких втулок целесообразнее проводить на специальных гидравлических штамповочных прессах, имеющих вертикальные и горизонтальные цилиндры. При штамповке на таких прессах нет необходимости в подготовке заготовки, поэтому производительность значительно выше.

Пример 2. Штамповку поковок типа авиационных цилиндров [см. эскиз 2 (группа IV), табл. 1] проводят на специальном гидравлическом прессе, имеющем два горизонтальных и два вертикальных цилиндра. Штамповку проводят из предварительно подготовленной ковкой заготовки. Вертикальным цилиндром пресса проводят обжатие центральной части заготовки и формообразование выступа (рис. 11, а), а затем под действием горизонтальных цилиндров производят формообразование двух полостей одновременно (рис. 11, б).

Особенности конструкций штампов, их основные узлы, детали и материалы. При проектировании штампов и рабочего инструмента надо учитывать особенности процессов деформирования на гидравлических прессах и тяжелые условия работы инструмента. Штампы гидравлических прессов подразделяют: по методу штамповки — на открытые и за-

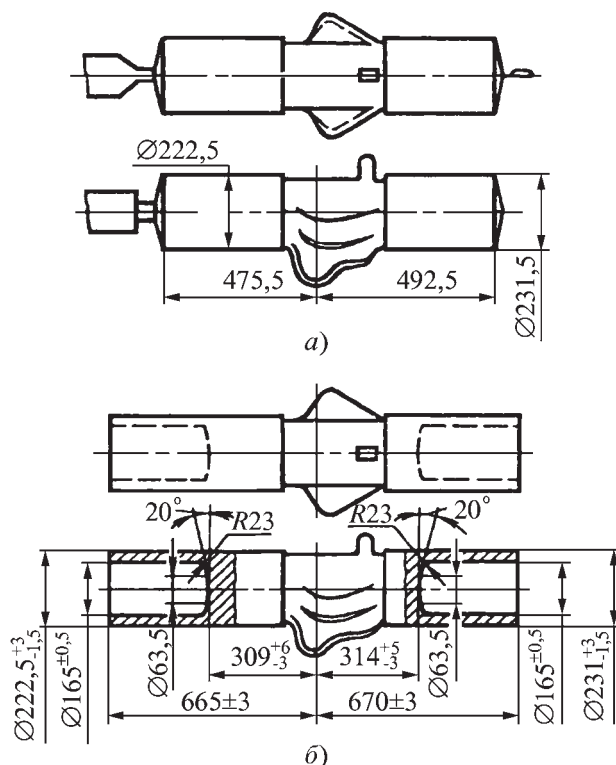


Рис. 11. Переходы при изготовлении цилиндра

крытые; по числу поверхностей разреза — с одной, двумя или несколькими поверхностями разреза; по монтажному признаку — на блочные и сборные; по назначению и конструкции — для выдавливания, вытяжки, двухручьевые, комбинированные и т.п.

Монтажными узлами сборных штампов гидравлических прессов являются верхняя и нижняя плиты, корпус штампа, детали крепления; направляющими — прижимные и центрирующие кольца и колонки со втулками; удаляющими — выталкиватели, съемники; деформирующими — пуансоны, матрицы, роликовые матрицы.

В штампах необходимо предусматривать водяное охлаждение и смазку пуансонов и матриц. Крупные детали

штампов делают пустотелыми. Для повышения их прочности приваривают ребра жесткости.

На рис. 12 показан штамп для выдавливания цилиндрического стакана. Штамп состоит из верхней 1 и нижней 2 плит, пуансона 3 с быстросменной головкой и внутренним охлаждением, матрицы 4 с внутренним охлаждением, центрирующего бандажа 5, который служит направляющей для пуансона и автоматически закрепляется при рабочем ходе посредством клинового устройства 6. Штамп снабжен выталкивателем 7, а также устройством 8 для нанесения на поверхность пуансона и матрицы смазочно-охлаждающей жидкости.

Заготовку устанавливают в матрицу, центрирующий бандаж опускается на коническую часть матрицы и запи-

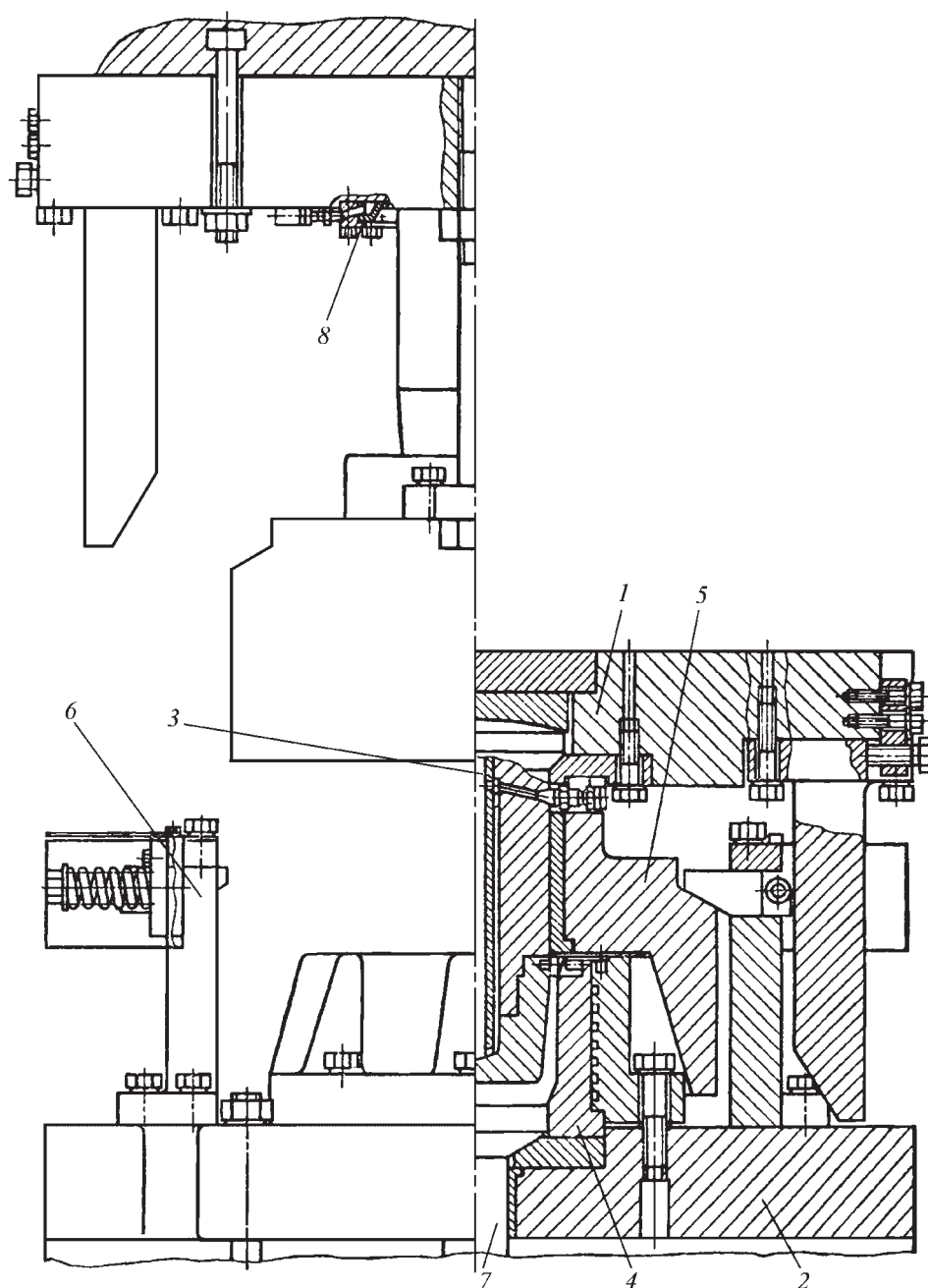


Рис. 12. Схема штампа для выдавливания

рается клиновым устройством, что позволяет получить хорошее направление пуансона по матрице. После рабо-

чего хода пуансона верхняя плита вместе с центрирующим бандажом поднимается вверх, заготовка удаляется из

матрицы выталкивателем. В штампах такой конструкции получают пустотелые поковки с разностенностью, не превышающей 1...2 мм. Стойкость рабочего инструмента значительно повышается благодаря внутреннему и наружному охлаждению.

Исполнительные размеры рабочего инструмента штампов для вытяжки с утонением определяют по зависимостям:

$$D = \frac{d(1+\alpha t)}{1+\alpha t_1} + K_1 + K_2; H = h \frac{1+\alpha t}{1+\alpha t_1},$$

где D и H — соответственно диаметр и длина вытяжного пуансона, d — номинальный диаметр полости поковки с учетом $\frac{1}{4}$ положительного допуска;

α — коэффициент линейного расширения стали; t — температура поковки в конце вытяжки; t_1 — температура нагрева вытяжного пуансона (200 °С); K_1 — коэффициент, учитывающий овальность и усадку при охлаждении ($K_1 \approx 0,4$ мм); K_2 — коэффициент, учитывающий абсолютный допуск на изготовление пуансона; h — длина соответствующей части поковки.

Радиусы закруглений пуансона должны соответствовать радиусам закругления поковки. Диаметр калибрующей части пуансона выдавливания равен соответствующему диаметру вытяжного пуансона с добавлением 1...3,5 мм в зависимости от размера поковки. Диаметр цилиндрической части пуансона выдавливания на 1...2 мм больше диаметра вытяжного пуансона. Остальные размеры поковки пуансона для выдавливания соответствуют пуансону для вытяжки.

Угол захода кольца для вытяжки принимают 12...15°, высоту кольца — 50...100 мм, высоту калибрующего пояса — 5...10 мм.

Определение деформирующих сил штамповки. Для определения удельных сил деформирования при обратном выдавливании (прошивке) используют формулу

$$q = \sqrt{\frac{1+2\mu R}{2(R^2-1)}} + \frac{R^2(\rho-1)}{2} \times \left[\frac{1}{\rho^3 \sqrt{\frac{R^4}{\rho^4}+3}} + \frac{1}{2\sqrt{R^4+3}} \right] + \frac{\frac{R^2}{\rho^2}+3}{\sqrt{3} \sqrt{\frac{R^4}{\rho^4}+3}} + 0,82,$$

где μ — коэффициент трения на боковой поверхности матрицы; можно принять $\mu = 0,2$; $\rho = \sqrt{\frac{R(R+2\mu)}{1+2\mu R}}$; R —

отношение радиуса матрицы к радиусу пуансона.

Давление на боковую поверхность матрицы, используемое при расчете инструмента, определяют по формуле

$$p = \sqrt{\frac{1+\mu R}{2(R^2-1)}} + \frac{R-\rho}{\sqrt{3}} \times \left(\frac{\sqrt{1-3\mu^2}}{2R} + \frac{R^2}{\rho^3 \sqrt{\frac{R^4}{\rho^4}+3}} \right) + \frac{\frac{R^2}{\rho^2}+3}{\sqrt{3} \sqrt{\frac{R^4}{\rho^4}+3}}.$$

Обозначения те же, что и в формуле для определения удельной силы.

Вытяжка с утонением стенки. Напряжение по оси симметрии в поперечном сечении стенки вытянутого стакана

$$\sigma_z = \sigma_b \left\{ \ln \frac{s_0}{s_1} + \frac{1}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{1}{2} \ln \frac{s_0}{s_1} \right) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{s_0}{s_1} - 1 \right) \left[\mu_1 - \mu_2 + \frac{s_1}{s_0} (\mu_1 + \mu_2) \right] + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right\},$$

где σ_b — временное сопротивление разрыву (напряжение текучести в условиях горячей деформации); s_0 и s_1 — первоначальная и конечная толщина стенки стакана; α — угол наклона образующей в вытяжной матрице; μ_1 и μ_2 — коэффициенты трения соответственно между заготовкой и матрицей, заготовкой и пуансоном.

Приравняв σ_z и σ_b , можно найти предельное значение отношения $\left(\frac{s_0}{s_1} \right)_{\text{пр}}$:

$$\ln \frac{s_0}{s_1} \Big|_{\text{пр}} = 1 - \frac{1}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{1}{2} \ln \frac{s_0}{s_1} \Big|_{\text{пр}} \right) \times \\ \times \left(\frac{s_0}{s_1} \Big|_{\text{пр}} - 1 \right) \left[\mu_1 - \mu_2 + \frac{s_1}{s_0} \Big|_{\text{пр}} (\mu_1 + \mu_2) \right] - \\ - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Для определения $\left(\frac{s_0}{s_1} \right)_{\text{пр}}$ удобнее

построить кривые для левой и правой частей приведенного выражения, пересечение этих кривых соответствует

предельному формоизменению. При вытяжке через две и более матриц предельное формоизменение больше по сравнению с предельным формоизменением при вытяжке через одну матрицу.

Деформирующая сила, необходимая для вытяжки,

$$P = \pi d_{\text{п}} s_1 \left(\sigma_z + \mu_2 \sigma_{\theta} \frac{s_0 - s_1}{s_1 \sin \alpha} \right),$$

где σ_{θ} — давление по поверхности контакта пуансона и заготовки; $d_{\text{п}}$ — диаметр пуансона.

Штамповка в закрытых штампах.

При штамповке в закрытых штампах для процессов выдавливания и осадки с вытеснением металла в торцовую щель расчет удельной силы деформирования проводят по формуле А.З. Журавлева:

для высоких поковок при $\frac{H}{D} \geq 1$

$$p = \left(3,82 + \frac{\tau_{\kappa} l_3}{K \delta} \right) \left(1 - \frac{2\delta}{D} \right)^2 + 1,42 \ln \frac{D}{4\delta} + \\ + 12 \frac{\delta}{D} - 12 \frac{\delta^2}{D^2} - 2,22;$$

для низких поковок при $\frac{H}{D} \leq 0,2$

$$p = \left(3,82 + \frac{\tau_{\kappa} l_3}{K \delta} \right) \left(1 - \frac{2\delta}{D} \right)^2 + \\ + 1,48 \ln \frac{1,5H}{2\delta} + 12 \frac{\delta}{D} - 12 \frac{\delta^2}{D^2} - \\ - 4,5 \frac{H}{D} + 1,92 \frac{H^2}{D^2} + \frac{D}{6H} - 1,5.$$

В формулах τ_{κ} — удельная сила трения по поверхности контакта, $\tau_{\kappa} \approx \mu \sigma_s$; l_3 — длина торцового заусенца; K — пластическая постоянная; δ —

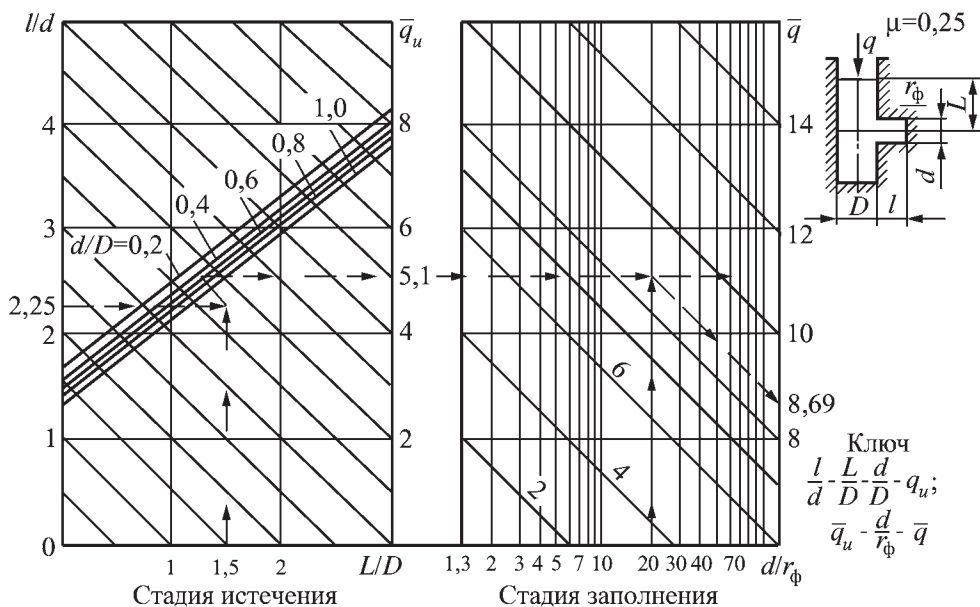


Рис. 13. Номограмма для определения удельных сил бокового выдавливания

толщина торцевого заусенца; D — наибольший диаметр поковки и ручья; H — высота поковки.

Боковое выдавливание. Для определения удельных сил деформирования, отнесенных к напряжению текучести при боковом выдавливании, используют номограмму, приведенную на рис. 13, или формулы:

$$\bar{q} = \frac{q}{\beta \sigma_s} = \left[1 + \frac{1}{2} \left(\ln \frac{R_1}{r_1} - \frac{1}{\frac{R_2}{r_2} - 1} \ln \frac{R_2}{r_2} \right) + \frac{3}{8} \frac{d}{D} (1 + 0,7\mu) + \frac{1}{4} (\text{tg} \gamma_1 + \text{tg} \gamma_2) + \frac{\mu}{\beta} \left(4 \frac{L}{D} - \frac{5}{4} \frac{d}{D} \right) + \frac{4\mu(l - r_\phi)}{\beta d} \right] + \left(1 + \frac{4\mu}{\pi} \right) \ln \frac{d}{1,75r_\phi} + \frac{\pi}{8},$$

$$\text{где } \frac{R_1}{r_1} = 2\sqrt{\frac{D}{d}} - 0,5;$$

$$\text{tg} \gamma_1 = \sqrt{\frac{d}{D}} \left(2 - \sqrt{\frac{d}{D}} \right); \quad \frac{R_2}{r_2} = 4\sqrt{\frac{D}{d}} - 1;$$

$$\text{tg} \gamma_2 = \sqrt{\frac{d}{D}} \left(2 - \sqrt{\frac{d}{D}} \right).$$

Здесь d , l — соответственно диаметр и длина оторстка; D — диаметр рабочей полости матрицы; L — высота центральной части поковки от оси оторстка; r_ϕ — радиус фаски оторстка в конечный момент деформирования; β — коэффициент Лодэ, равный 1,0...1,155; μ — коэффициент трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Живов Л.И. Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / под ред. Л.И. Живова. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006. 560 с.

2. **Теория**ковки и штамповки: учебное пособие / Е.П. Унков, У. Джонсон, В.Л. Колмогоров и др.; под общ. ред. Е.П. Ункова и А.Г. Овчинников. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 720 с.

3. **Машиностроение**. Энциклопедия. В 40 т. Т. III-2. Технология заготовительных производств / под ред. В.Ф. Мануйлова. М.: Машиностроение, 1996. 736 с.

4. **Машиностроение**. Энциклопедия. В 40 т. Т. IV-4. Машины и

оборудование кузнечно-штамповочного и литейного производства / под ред. Ю.А. Бочарова, И.В. Матвеевко. М.: Машиностроение, 2005. 926 с.

5. **Специальные** технологические процессы и оборудование обработки давлением / В.А. Голенков, А.М. Дмитриев, С.Т. Яковлев и др.; под. ред. В.А. Голенкова и А.М. Дмитриева. М.: Машиностроение. 2004. 464 с.

Глава 6

ШТАМПОВКА НА ВИНТОВЫХ ПРЕССАХ

Винтовые фрикционные и дугостаторные прессы изготавливают с номинальной силой 0,4...16 МН и кинетической энергией движущихся частей 0,8...320 кДж, а гидровинтовые прессы — более 16 МН. Основные параметры винтовых прессов приведены в табл. 20, т. 1.

У винтовых прессов скорость ползуна в момент удара по заготовке составляет 0,5...1 м/с. Благодаря этому динамические нагрузки на фундамент снижены (при сравнении с паровоздушными молотами), а продолжительность контакта горячей заготовки со штампом уменьшена (при сравнении с гидропрессами). Благодаря этому использование винтовых прессов улучшает условия работы в кузнечных цехах, обеспечивает более высокую стойкость и долговечность использования рабочего инструмента, а также возможность штамповать поковки из труднодеформируемых малопластичных сталей и сплавов.

Технико-экономические показатели винтовых прессов:

- возможность штамповки поковок в открытых и закрытых штампах;
- возможность штамповки точных поковок;

— наличие выталкивателей для удаления поковок из полости штампа, что позволяет уменьшить штамповочные уклоны (по сравнению со штамповкой на молотах).

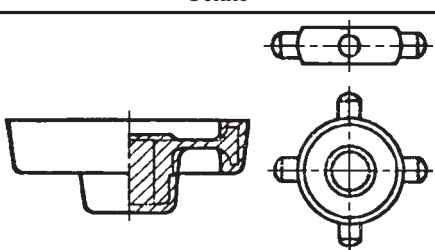
1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКОВОК

Винтовые прессы наиболее широко применяют для выполнения технологических операций: осадки и высадки; выдавливания (прямого, обратного, бокового и радиального), гибки, правки и калибровки.

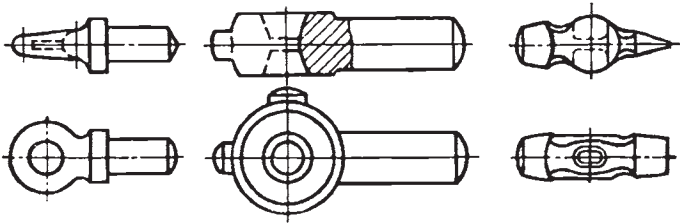
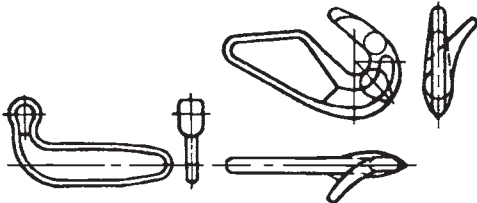
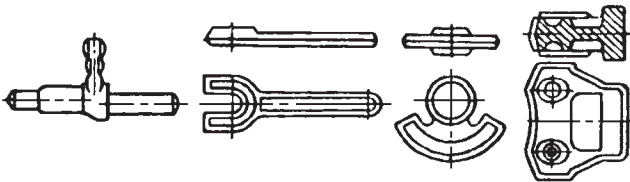
Комбинации этих технологических операций позволяют штамповать в открытых и закрытых штампах самые разнообразные по форме поковки из черных и цветных металлов и их сплавов. В табл. 1 и 2 приведены типы поковок, штампуемых на винтовых прессах.

Заготовки для штамповки на винтовых прессах изготавливают прокаткой и ковкой на молотах или ковочных вальцах. При правке и калибровке в качестве заготовок используют поковки деталей.

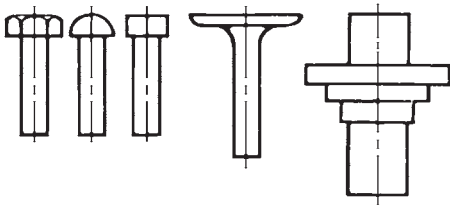
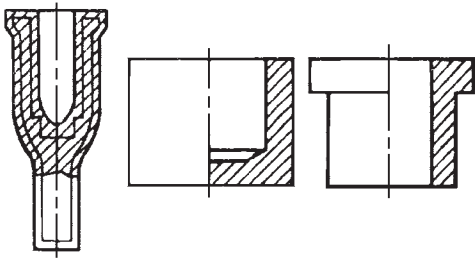
1. Поковки, изготавливаемые в открытых штампах

Поковки	Эскиз
Круглые в плане	

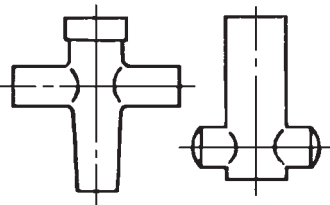
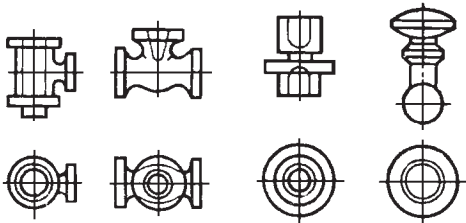
Окончание табл. 1

Поковки	Эскиз
С прямой осью удлиненные в плане	
С изогнутой осью удлиненные в плане	
С отростками и развилинами или произвольной формы	

**2. Поковки, изготавливаемые высадкой и выдавливанием
в закрытых штампах с неразъемной и разъемной матрицами**

Поковки	Эскиз
Стержневые с фланцами или буртами	
С глухими или сквозными полостями	

Окончание табл. 2

Поковки	Эскиз
С боковыми отростками	
Сложной формы	

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ

На винтовых прессах возможна штамповка поковок из жаропрочных, титановых, медных и алюминиевых сплавов, углеродистых и легированных конструкционных сталей. Наиболее распространена одноударная штамповка в одноручьевых штампах, однако возможна многоударная штамповка в открытых штампах, а также штамповка в многоручьевых штампах.

Штамповка поковок в открытых штампах. Размеры заготовок и переходы для штамповки поковок в открытых штампах следует определять по методике, разработанной для молотов (гл. 3) с учетом особенностей винтовых прессов.

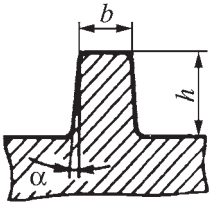
Последовательность разработки технологического процесса состоит в построении расчетной заготовки и эпюры сечений с учетом многоступенчатой штамповки (если ее применяют) и определении числа переходов по соотношению размеров элементов эпюры. Если в технологическом процессе необходимы операции протяжки и подкатки, то ис-

пользуют ковочные валцы, поскольку винтовые presses, как и КГШП, не пригодны для выполнения таких операций.

Плоскость разреза выбирают по аналогии с молотовыми штампами согласно рекомендациям, приведенным в гл. 3.

Штамповочные уклоны приведены в табл. 3; радиусы закруглений — в табл. 4.

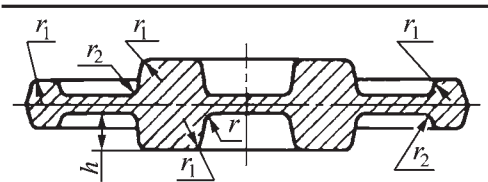
3. Штамповочные уклоны α , ...°



$\frac{h}{b}$	Штамп	
	без выталкивателя	с выталкивателем
До 1,5	5/7	3/7
Св. 1,5	7/10	3/7

Примечание. В числителе — уклоны внешних поверхностей поковок, в знаменателе — внутренних.

4. Радиусы закруглений



<i>h</i> , мм				<i>r</i>	<i>r</i> ₁	<i>r</i> ₂
До 5				2,5	1,5...3,0	1,5
Св.	5	до	10	5,0		3,0
»	10	»	16	6,0		4,0
»	16	»	25	7,0		5,0

Чтобы избежать образования на поковке зажимов, при выборе радиусов закруглений необходимо принять следующий больший размер *r*₂. Если элемент поковки с радиусом закругления *r*₁ в дальнейшем будут обрабатывать резанием, то ограничивающее условие состоит в сохранении на кромке необходимого припуска. Если элемент поковки в дальнейшем не будет обработан резанием, то радиус закругления увеличи-

вают до формирования плавного сопряжения. Размеры глухих полостей и под пробивку выбирают по табл. 5.

Облойные канавки конструируют согласно рекомендациям, приведенным в гл. 3. Толщину облоя при штамповке на винтовых прессах определяют по выражению

$$h_o = 0,02\sqrt{F_{\pi}},$$

где *F*_π — площадь проекции поковки в плане (мм²) должна быть несколько большей, чем молотовой.

Объем заготовки *V*_{зг} для штамповки в открытых штампах определяют с учетом отходов на облой и угар. Длину исходной заготовки определяют по формуле

$$l_{зг} = V_{зг} / S_{зг},$$

где *S*_{зг} — площадь поперечного сечения заготовки.

При штамповке поковок широко применяют универсальные переналаживаемые штампы (рис. 1).

5. Размеры глухих полостей и полостей под пробивку

Полость	Эскиз	Условия применения	Размеры, мм
Глухая		$D = 12...30 \text{ мм}$ $S > 0,8\sqrt{D}$	$d = D - 2 (H - S/2) \text{ tg } \beta$ $r = d/2 \text{ tg}(\pi/4 - \beta/2)$
Со ско- сом (под пробивку)		$D > 30 \text{ мм}$	$S = n\sqrt{D}$ $H \leq 25;$ $n = 0,7$ $H > 25;$ $n = 0,8$

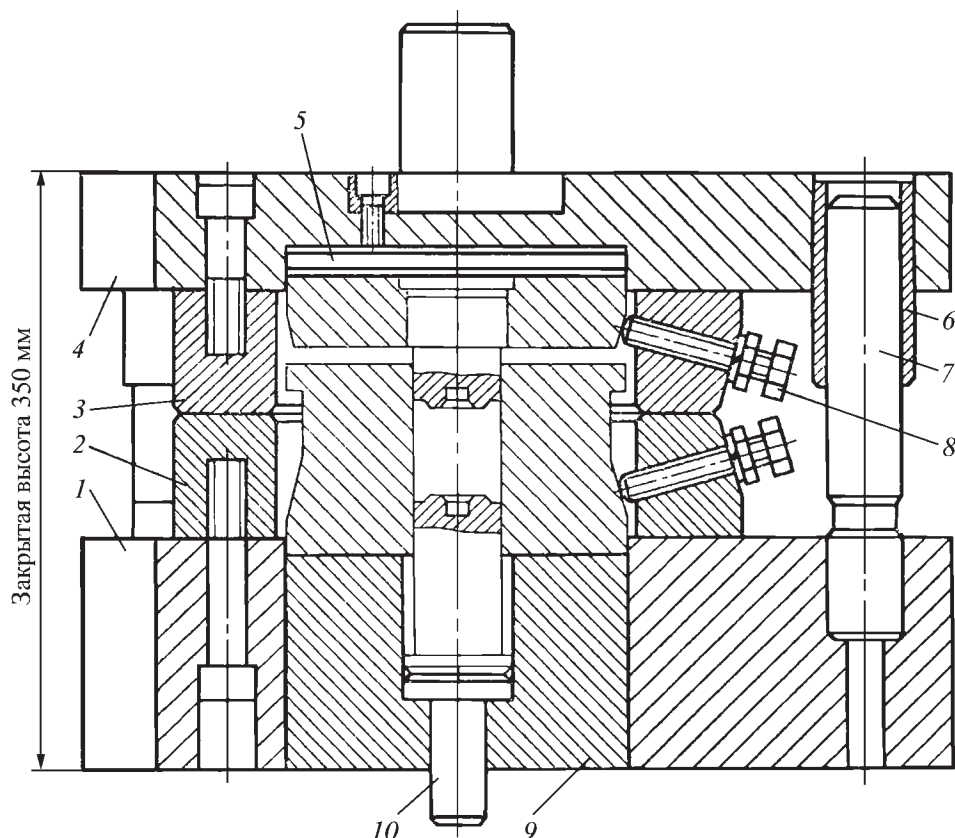


Рис. 1. Универсальный переналаживаемый блок штампа для штамповки в закрытых штампах (может быть использован для открытых штампов)

Штамп содержит верхнюю 4 и нижнюю 1 плиты. В их гнезда устанавливают вставки и крепят винтами 8. Матрицедержатели 2 и 3 используют для крепления вставок и в качестве ограничителей хода ползуна. Для направления плит штампа используют цилиндрические колонки 7 и втулки 6.

При штамповке поковок с удлиненной осью в открытых штампах для исключения «проворота» применяют вставки с замками. Вставки устанавливают в гнезда на закаленную подкладную плитку 5 и упор 9. Такая конструкция позволяет уменьшить износ штамповых плит. Поковки из полости штампа удаляют выталкивателем 10,

приводимым в действие механизмом прессы.

На рис. 2, а показан универсальный переналаживаемый блок штампа с одним штамповочным ручьем для штамповки поковок с удлиненной осью на винтовых прессах 2,5...6,3 МН. Блок штампа состоит из нижней 1 и верхней 2 плит, направляющих колонок 8, сменных вставок 3, которые крепят призматическими клиньями 7. Их фиксируют призматическими шпонками 4 и устанавливают на закаленные подкладные плитки 5. Соударение штампов происходит по зеркалу вставок, которые на 60...80 мм выше закрытой высоты. Нижнюю часть штампа

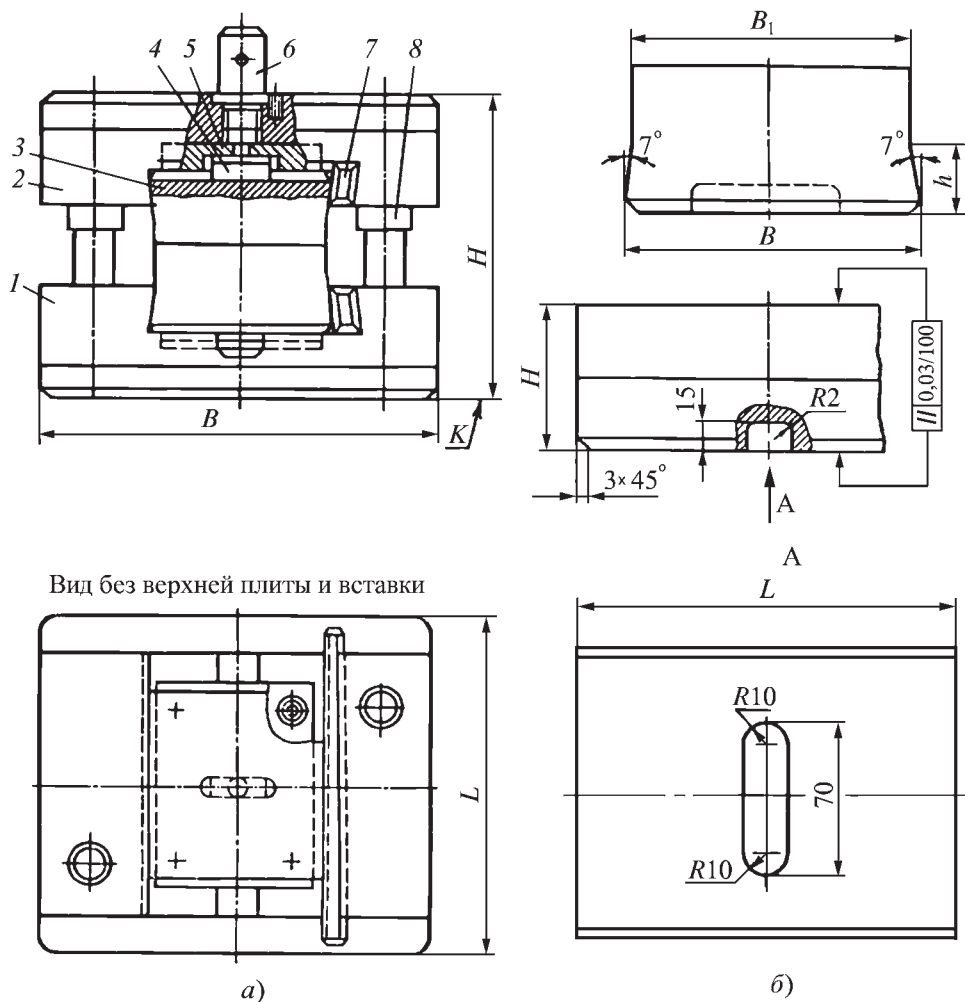


Рис. 2. Универсальный переналаживаемый блок штампа с одним штамповочным ручьем (а) для штамповки поковок с удлиненной осью и сменная вставка штампа (б) (допуск параллельности осей колонок — 0,02 мм на 100 мм длины; допуск перпендикулярности осей колонок к плоскости К — 0,02 мм на 100 мм длины)

крепят прихватами, для чего предусмотрены боковые полки, верхнюю часть — хвостовиком б.

Габаритные размеры блока штампа приведены в табл. 6, а вставку (рис. 2, б) — в табл. 7.

Для штамповки круглых в плане поковок и высадки головок в стержневых изделиях (типа болтов) на фрикционных или дугостаторных прессах

6. Габаритные размеры, мм, универсальных переналаживаемых блоков штампов (см. рис. 2, а)

Сила пресса, МН	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	Масса, кг
2,5	500	500	344	424
4,0	630	560	410	770
6,3	710	630	430	1081

**7. Размеры, мм, вставок
универсальных переналаживаемых
блоков штампов (см. рис. 2, б)**

Сила пресса, МН	B	L	H	h	B_1	Масса, кг
2,5	160	280	80	50	147,7	21,0
4,0	200		90		185,2	34,4
6,3	250	320	100	40	235,2	60,3

силой 0,40...2,5 МН применяют универсальные переналаживаемые штампы, показанные на рис. 3 и 4, а. В конструкции не предусмотрены направляющие колонки с втулками. Для центрирования используют конические поверхности вставок.

Блок штампа (см. рис. 3) содержит нижнюю 1 и верхнюю 3 плиты, комплект сменных вставок 2, устанавливаемых в гнезда на подкладных закаленных плитках 4. Закрепляют вставки клиньями 6. Верхнюю плиту крепят к ползуну хвостовиком 5, нижнюю — к подштамповой плите пресса прихватами.

Блок штампа (см. рис. 4, а) содержит нижнюю 1 и верхнюю 6 плиты. Верхнюю плиту крепят к ползуну пресса хвостовиком 7, центрирующим штамп относительно ползуна пресса. Комплект вставок, состоящий из нижней 3 высокой матрицы и пуансона 5, устанавливают между плитами. Пуансон закрепляют в гнезде верхней плиты призматическим клином 8, а матрицу устанавливают на подкладной закаленной плитке 2 и крепят полукольцами 4, помещенными в обойму с четырьмя болтами 9.

В средней части матрицы сделана проточка диаметром D_2 (рис. 4, б) и высотой h_1 , используемая при креплении и фиксации матрицы в обойме. Угол конуса 3° необходим для направления верхней вставки пуансона при штамповке. В размерах вставок учтена

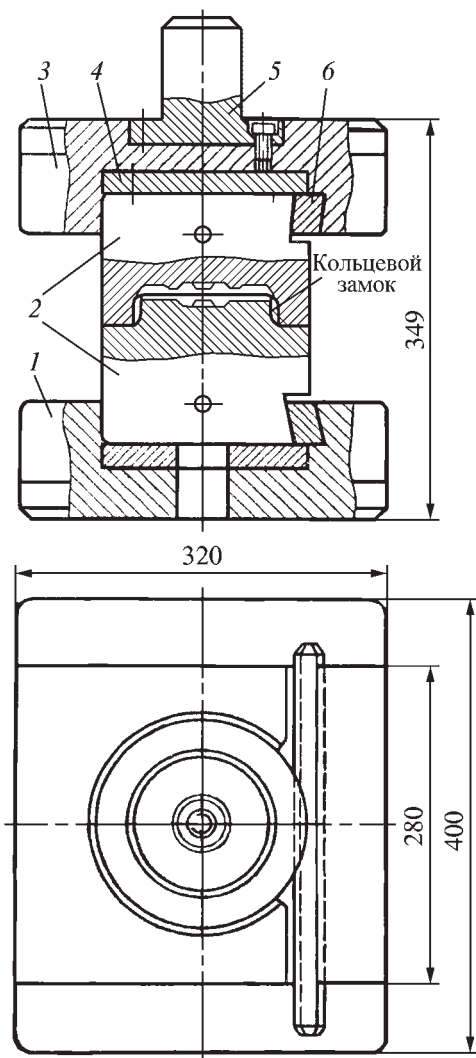


Рис. 3. Универсальный переналаживаемый блок штампа с комплектом сменных вставок

возможность восстановления и ремонта их в процессе эксплуатации. Нижнюю плиту крепят прихватами. Размеры блока штампа приведены в табл. 8, размеры вставок — в табл. 9.

Штамповка поковок в закрытых штампах высадкой и выдавливанием. На чертеже поковку изображают в том положении, какое она занимает в штампе. Плоскость разреза штампов, как пра-

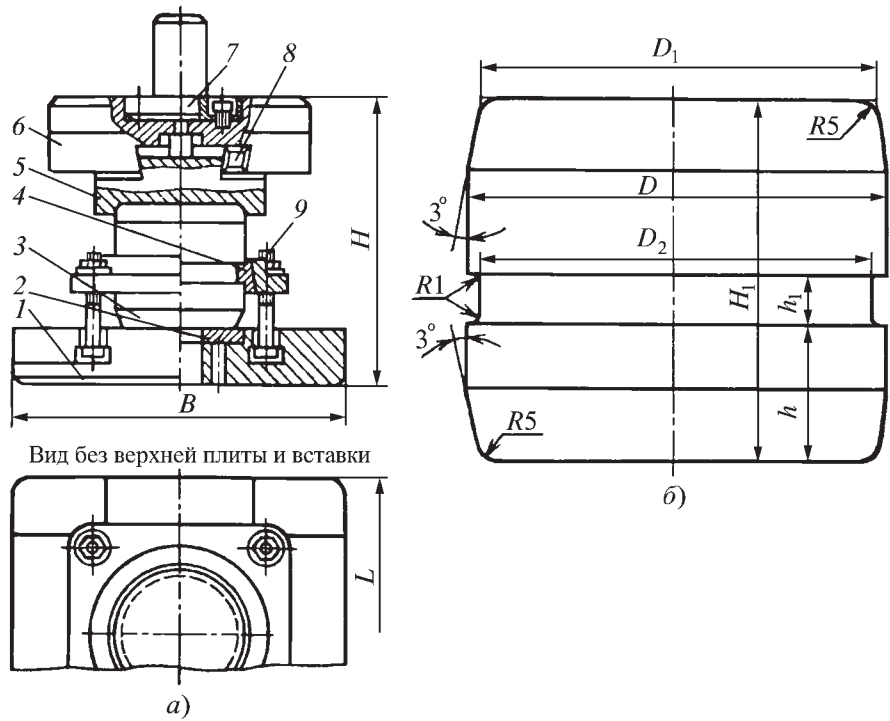


Рис. 4. Универсальный перенастраиваемый блок штампа (а) с высокой матрицей (б) для штамповки круглых в плане поковок

8. Размеры, мм, блоков штампов
(см. рис. 4, а)

Сила пресса, МН	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	Масса, кг
0,40	280	320	325	104
0,63	320		335	137
1,00	360	360	387	186
1,60	400	400	422	225
2,50	450	450	462	341

вило, горизонтальна и соответствует наибольшему периметру поковки. Если в конструкции штампа предусмотрены разъемные матрицы, то кроме разъема необходима и вертикальная плоскость разъема для удаления поковки из штампа.

На поковках, штампуемых в закрытых штампах с выталкивателями, штам-

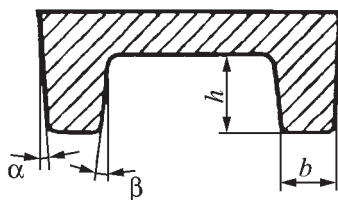
9. Размеры, мм, вставок блоков штампов (см. рис. 4, б)

Сила пресса, МН	<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	Мас- са, кг
		Точность раз- меров по 10-му качеству					
0,40	125	123	115	125	50	25	11,6
0,63	140	138	130				14,6
1,00	160	157	150	160	66	28	24,4
1,60	180	176	170				49,6
2,50	200	196	190	200	84	32	

повочные уклоны не предусматривают. В некоторых случаях они могут быть назначены в пределах до 2° (табл. 10).

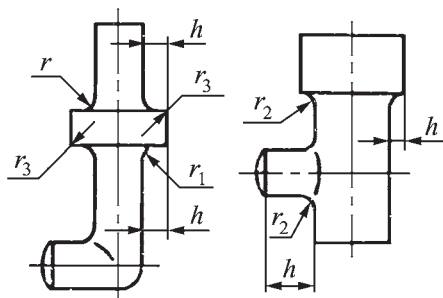
Наружные и внутренние радиусы закруглений выбирают по табл. 4; для поковок с боковыми отростками или буртами — по табл. 11. Размеры наме-

10. Штамповочные уклоны для поковок, штампуемых в закрытых штампах



h/b	α°/β° при цельной матрице	α° при разъемной матрице
До 1,0	1/3	3
Св. 1,0 до 2,5	2/5	5
» 2,5 » 4,0	3/7	7

11. Радиусы закруглений, мм, для поковок с отрезками



h , мм	r	r_1	r_2	r_3
До 3	5	2,5	1,5	1,0
Св. 3 до 5	8	4,0	2,5	1,0
» 5 » 10	10	5,0	4,0	1,5
» 10 » 15	15	8,0	5,0	1,5

ток под прошивку и глухих полостей определяет по формулам табл. 5.

Припуски на обработку резанием и допуски на штампованные поковки выбирают согласно ГОСТ 7505–89 (см. гл. 1). При этом положительные допуски на размеры по высоте следует увеличить в 1,5–2 раза. Припуски и допуски на стержневые элементы поковок, штампуемых выдавливанием,

12. Припуски, мм, и допуски, %, по диаметру и длине стержня поковки

Обработка резанием	Диаметр стержня		Длина стержня	
	при-пуск	до-пуск	при-пуск	до-пуск
Лезвийная	2...4	3...5	1...3	2...10
Абразивная (шлифование)	0,5...1	0,5...1	—	—

выбирают в зависимости от типа производства и способа последующей обработки (табл. 12). В этом случае припуски и допуски на утолщенную часть устанавливают так же, как и на элементы, штампуемые на прессах, а на стержни — как при выдавливании.

Объем заготовки для штамповки в закрытых штампах должен быть на 2...5 % больше объема поковки, т.е. $V_{зг} = (1,02...1,05)V_{п}$.

При штамповке стержневых поковок выбирают заготовку, диаметр которой равен диаметру ее стержня. В зависимости от технических условий для выдавливания стержневых поковок используют калиброванный прокат или прокат с повышенной точностью. Основными техническими операциями при штамповке таких поковок являются высадка или прямое выдавливание. Длину высаживаемой части заготовки определяют по формуле

$$l_{в} = \frac{V_{в}}{S_{зг}},$$

где $V_{в}$ — объем высаженной ее части.

В зависимости от $l_{в}/d$ определяют число переходов и формоизменение на каждом переходе. На винтовых прессах штампуют поковки, для изготовления которых потребуется не более двух переходов.

При высадке поковок типа стержня на нем выполняют два различных ук-

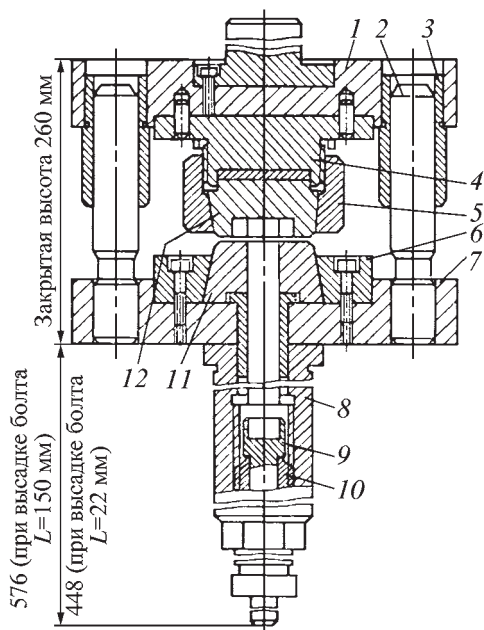


Рис. 5. Универсальный переналаживаемый блок штампа с осевым расположением направляющих узлов

лона — на части, примыкающей к фланцу или бурту, на длине (0,15...0,20) d — $2...3^\circ$; на остальной — не более $30'$.

Штамповку поковок с глухими или сквозными полостями осуществляют об ратным выдавливанием. Для удобного выталкивания поковки матрицы изготавливают с конусными полостями, не превышающими $20'$.

На рис. 5 показан универсальный переналаживаемый блок штампов с осевым расположением направляющих узлов для высадки головок болтов и других стержневых поковок.

Блок штампа содержит верхнюю 1 и нижнюю 7 плиты, закрепляемые хвостовиком и прихватами соответственно. Их соосность обеспечена направляющими колонками 2 и втулками 3.

В пуансонодержателе 4 с помощью гайки 5 на подкладной закаленной

плитке крепят верхнюю вставку 12, а на нижней в обойме 6 размещена нижняя вставка 11. В зависимости от длины заготовки выталкиватель 9 с помощью резьбовой пробки 10 перемещается в корпусе 8 и устанавливается на нужный размер.

Изготовление поковок крестовин карданных валов, корпусов газосварочной аппаратуры и т. п. проводят в штампах с разъемными матрицами, которые в процессе штамповки раскрываются по плоскости разъема на $0,2...0,5$ мм. Учитывая это, при проектировании штампов для точных поковок в размеры полости штампа вводят соответствующую поправку.

При проектировании штампов с разъемными матрицами необходимо предусмотреть возможность использования пневматических (рис. 6) или гидравлических устройств, клиновых или рычажных систем для раскрытия и закрытия матриц, а также выталкивания поковки.

Штамп содержит верхнюю и нижнюю части и цилиндрический направляющий узел скольжения.

Нижняя часть штампа состоит из установленных на плите 8 корпуса 6, разъемных матриц 4 и 17, пневматического цилиндра 13, закрепляемого под столом пресса шпильками 12 с регулируемые втулками 10 (крышки цилиндра соединены шпильками 14), трубы 9 с наклонной площадкой 15 (труба прикреплена к штоку 11), насадки 16, клиньев 18 и толкателя 7, скользящего по вкладышу 5.

Верхняя часть штампа состоит из пуансона 3, пуансонодержателя 2 и верхней плиты 1; содержит втулки 20 и колонки 19, установленные и закрепленные соответственно в верхней и нижней плитах штампа.

В исходном положении ползун с верхней частью штампа находится в крайнем верхнем положении, а сомк-

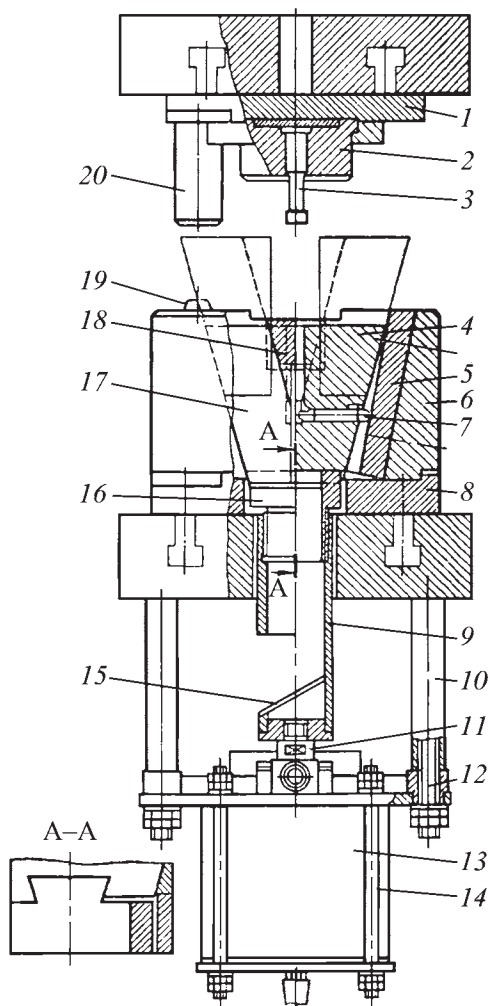


Рис. 6. Блок штампа с разъемными матрицами и пневматическим устройством для раскрытия и закрытия матриц с выталкивателями поковок

нутые разъемные матрицы — в крайнем нижнем, заготовка — в полости разъемных матриц.

При движении ползуна пуансон опускается и деформирует заготовку. Полость матрицы заполняется металлом. Происходит оформление поковки.

При ходе ползуна вверх шток пневматического цилиндра толкает разъемные матрицы вверх. Матрицы при

подъеме размыкаются, а толкатель выталкивает поковку из полости. Поковка падает через трубу на наклонную площадку и затем в бункер. Шток пневматического цилиндра опускается, матрицы смыкаются. Рабочие детали штампа занимают исходное положение.

В штампах такой конструкции (как и в ранее рассмотренных) необходимо предусмотреть ограничитель хода. При его отсутствии избыток накопленной подвижными частями прессы эффективной (кинетической) энергии расходуется на упругую деформацию, в первую очередь — пуансона. Поэтому пуансон быстро выходит из строя.

Материал пуансонов, матриц и других рабочих деталей блоков штампа должен удовлетворять требованиям надежной работы в условиях горячей штамповки при приложении удельных сил 500...1000 МПа. Для штампов рекомендуют стали: 5ХНМ, 5ХНВ, 3Х2В8, 4Х3ВМФ, 2Х8В8М2К8 и 40ХСМФ. Выталкиватель обычно изготовляют из стали 7Х3 и подвергают термообработке, обеспечивающей твердость 44...48 HRC.

Деформирующие силы определяют по формулам, приведенным в гл. 5. При этом необходимо учитывать скоростной коэффициент. Ориентировочно силу, необходимую для штамповки на винтовых прессах, определяют по нижеприведенной формуле

$$P = a \left(2 + 0,1 F_{\Pi} \frac{\sqrt{F_{\Pi}}}{V_{\Pi}} \right) \sigma_{\text{в}} F_{\Pi},$$

где $a = 3$ при штамповке в закрытых штампах без значительного выдавливания металла, $a = 4$ при штамповке в открытых штампах, $a = 5$ при штамповке выдавливанием в закрытых штампах; F_{Π} — площадь проекции поковки; V_{Π} — объем поковки; $\sigma_{\text{в}}$ — вре-

менное сопротивление при температуре штамповки.

Штамповка в закрытых штампах с разъемными матрицами. Штамповка на винтовых прессах двойного действия (см. гл. 1) в закрытых штампах с разъемными матрицами имеет существенные преимущества по сравнению со штамповкой на универсальных прессах традиционными процессами облойной штамповки в открытых штампах и штамповкой поковок в закрытых штампах.

При выполнении операции штамповки в закрытых штампах с разъемными матрицами соблюдается следующая последовательность движения верхней матрицы 1 и пуансона 2, которые закреплены на наружном 3 и внутреннем 4 ползунах винтового пресса двойного действия (рис. 7). Перед ходом деформирования заготовка 6 устанавливается в нижнюю матрицу 5 штампа (рис. 7, а). Ход разгона вниз оба ползуна совершают с одинаковой скоростью. При соприкосновении верхней и нижней матриц наружный ползун останавливается, а внутренний ползун и связанный с ним пуансон продолжают перемещаться вниз. Происходит деформирование заготовки (рис. 7, б).

Сила прижима наружного ползуна при смыкании матриц штампа превышает силу распора при штамповке поковки. Соотношение силы деформирования и силы смыкания матриц штампа сохраняется на всем ходе деформирования. После завершения деформирования первоначально перемещается вверх внутренний ползун, а затем наружный, после чего оба ползуна перемещаются вверх с одинаковой скоростью.

Винтовой механизм обеспечивает работу пресса без заклинивания в нижнем положении при любых коле-

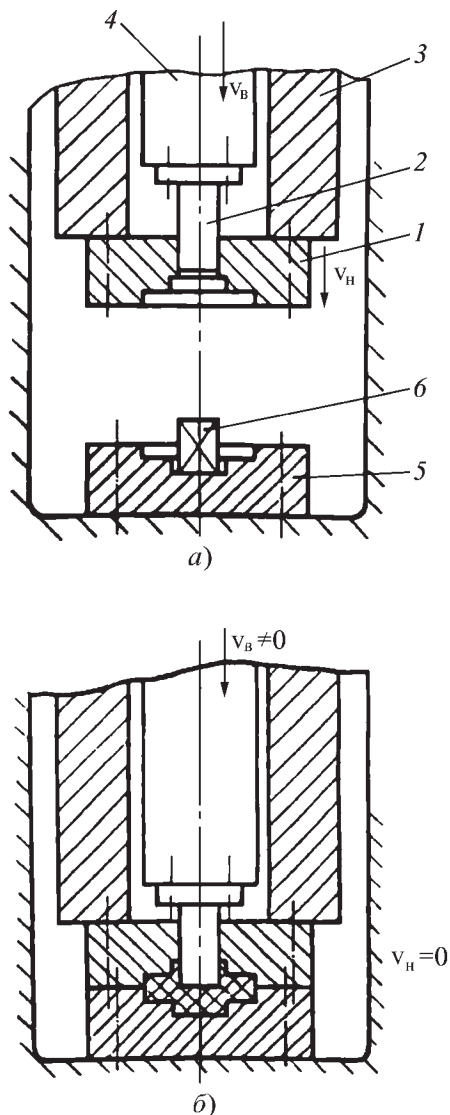
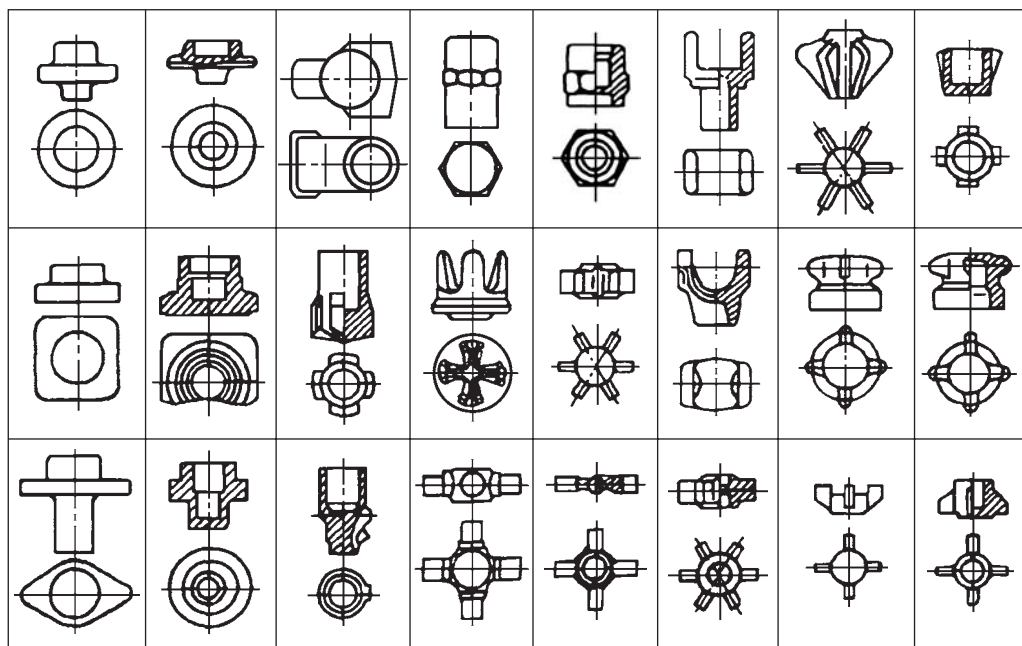


Рис. 7. Последовательность штамповки в закрытых штампах с разъемными матрицами

баниях объема штампуемой заготовки в любом интервале температур. Нежесткое перемещение наружного и внутреннего ползунов упрощают переналадку пресса при переходе на другой тип поковок, что облегчает обслуживание пресса особенно в серийном и мелкосерийном производствах.

13. Поковки, штампуемые в закрытых штампах с разъемными матрицами на винтовых прессах двойного действия



Основным преимуществом штамповки на винтовом прессе двойного действия является получение поковок сложной конфигурации за один ход ползунов пресса (табл. 13). На прессах можно штамповать поковки типа тел вращения с гладкой образующей поверхностью с фланцами, боковыми отростками, зубьями и ребрами, типа рычагов, вилок, а также поковки, имеющие комбинации указанных конфигураций элементов. На рис. 8 приведены заготовка и отштампованная поковка шестерни с зубом на винтовом прессе двойного действия модели Ф3134 номинальной силой 2500 кН.

На рис. 9 приведены отштампованные поковки на винтовом прессе двойного действия модели Ф3132 номинальной силой 1600 кН.

При переходе на штамповку на винтовых прессах двойного действия в закрытых штампах с разъемными мат-

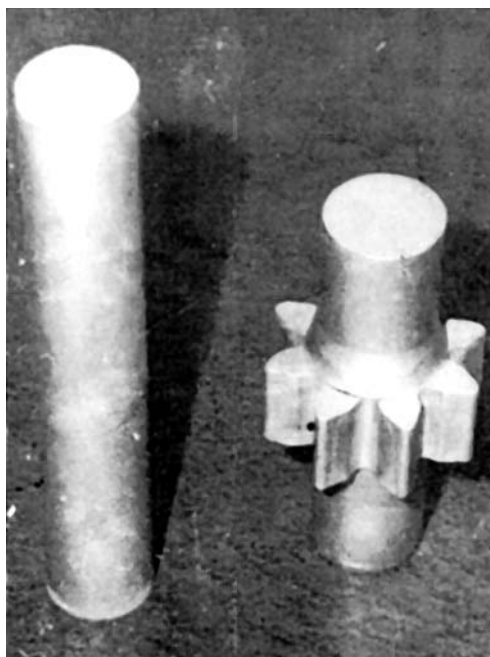


Рис. 8. Заготовка и поковка шестерни с зубом, отштампованная на прессе Ф3134

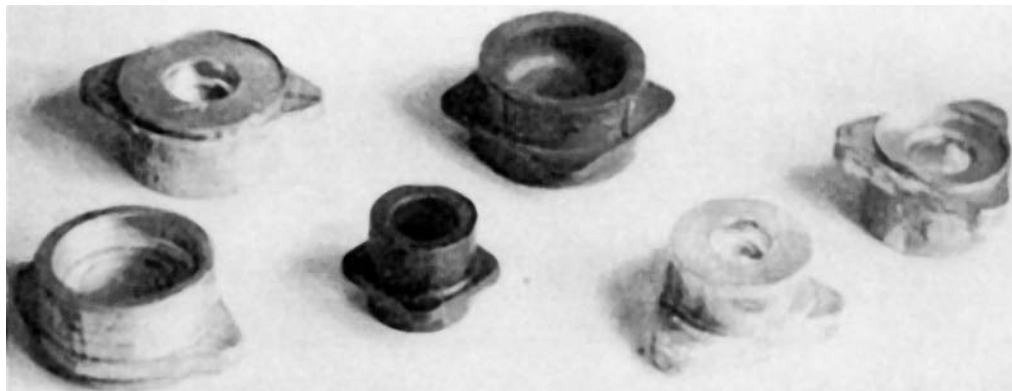


Рис. 9. Поковки, отштампованные на прессе Ф3132

рицами повышается производительность труда кузнечной обработки до 2–4 раз за счет сокращения числа переходов с двух–четырех до одного–двух и сокращение операции обрезки, которая, как правило, осуществляется на вспомогательном оборудовании и связана с затратами производственных площадей.

Штамповка в закрытых штампах с разъемными матрицами осуществляется без облоя с минимальными значениями штамповочных уклонов и припусков. При переходе с облойной штамповки поковок на штамповку в закрытых штампах с разъемными матрицами обеспечивается снижение расхода металла на 10...40 % за счет отсутствия облоя, получение глубоких полостей с незначительными уклонами (1...3°) или вообще без уклонов. Возможность применения разъемных матриц дает возможность штамповать поковки с поднутрениями, перпендикулярными направлению хода деформирующего ползуна, т.е. в наибольшей мере приблизить внешние контуры поковки к внешним контурам готовой детали.

Высокая точность размеров поковки, оформляемой матрицами, определяется отсутствием влияния упругой деформации винтового пресса от силы

деформирования и гарантированное смыкание матриц штампа. В результате допуски на размеры поковки по высоте уменьшаются примерно в 2 раза. Уменьшение допусков приводит к сокращению припусков под механическую обработку примерно на 30 %. При этом КИМ повышается с 0,25...0,7 до 0,5...0,85 или на 20...100 %. Это означает, что перевод на штамповку в закрытых штампах с разъемными матрицами одной тонны деталей даст экономию металла от 0,25 до 2 т.

Отсутствие облоя и меньшие размеры поковки позволяют снизить силы деформирования в 3–4 раза за счет уменьшения площади контакта поковки с инструментом и применять оборудование с меньшей номинальной силой. При этом энергетические затраты при штамповке снижаются на 20...100 %, т.е. прямо пропорционально снижению расхода материала в зависимости от формы и размеров детали. За счет отсутствия облоя и уменьшения припусков и напусков по сравнению с облойной штамповкой снижается до 40 % расход металла и уменьшается до 30 % трудоемкость последующей обработки. Уменьшение объема заготовки снижает энергозатраты на нагрев металла и ускоряет нагрев заготовок перед штамповкой, что

важно при использовании кузнечных индукционных нагревателей.

Штамповка на винтовых прессах двойного действия создает благоприятные условия для получения деталей с плотной структурой и расположением волокон, исключающих их перерезание при последующей механической обработке. Более благоприятная схема деформирования обеспечивает увеличение стойкости инструмента. Например, стойкость инструмента при штамповке поковок из конструкционных сталей находится в пределах от 3 до 15 тыс. штук, а при штамповке латунных поковок до 100 тыс. штук.

За счет сокращения переходов с двух—трех до одного и сокращения операции обрезки облоя в 2—4 раза увеличивается производительность кузнечной обработки, а процесс штамповки выдавливанием улучшает структуру металла поковок, что повышает их механические свойства. Ресурс работы отштампованных таким способом шестерен с зубьями увеличивается до 30 %. Снижение силы деформирования (до 4 раз) из-за уменьшения объема заготовки, отсутствия облоя, а также изменения характера деформирования и расположения поковок в штампе улучшает условия эксплуатации оборудования, а штамповка за один переход облегчает механизацию и автоматизацию процесса.

Процесс штамповки в закрытых штампах с разъемными матрицами с одним поперечным разъемом матриц штампов обеспечивает штамповку около 75 % поковок. При незначительном усложнении конструкции штампов можно также штамповать поковки с продольным разъемом матриц штампа, что увеличивает номенклатуру штампуемых поковок.

Штамповка на прессах может осуществляться двумя способами: до упо-

ра пуансона в поковку и до упора внутреннего ползуна в блок штампов. В обоих случаях точность размеров поковки определяется конфигурацией штампа. Целесообразность применения каждого способа деформирования зависит от многих факторов, основными из которых являются сложность конфигурации, размеры штампуемой поковки и технологический процесс ее дальнейшей обработки. При штамповке вторым способом пуансон разгружается по силе от избыточной кинетической энергии рабочих частей в конце хода деформирования.

Применение винтового пресса двойного действия существенно упрощает технологическую оснастку и не требует предварительной подготовки заготовки, так как процесс деформирования осуществляется в закрытых штампах с разъемными матрицами выдавливанием в одном ручье штампа за один ход пресса. На рис. 10 приведена типовая конструкция штампового блока для штамповки детали «Крестовина карданного вала». Штамповый блок содержит сменные нижнюю 7 и верхнюю 4 матрицы, пуансон 1 и выталкиватель 6. Верхняя матрица крепится к верхней плите 3 фланцем 5, нижняя матрица — к нижней плите 9 фланцем 8. Пуансон крепится к внутреннему ползуну 4 (см. рис. 7) пресса фланцем 2 (рис. 10). Нижняя плита штампа с нижней матрицей крепится к столу пресса, а верхняя плита с верхней матрицей к наружному ползуну 3 (см. рис. 7).

Процесс штамповки осуществляется следующим образом. Заготовка устанавливается в нижнюю матрицу штампа. При включении привода пресса наружный и внутренний ползуны с инструментом перемещаются вниз. В конце хода вниз верхняя и нижняя матрицы штампа смыкаются и наружный ползун останавливается,

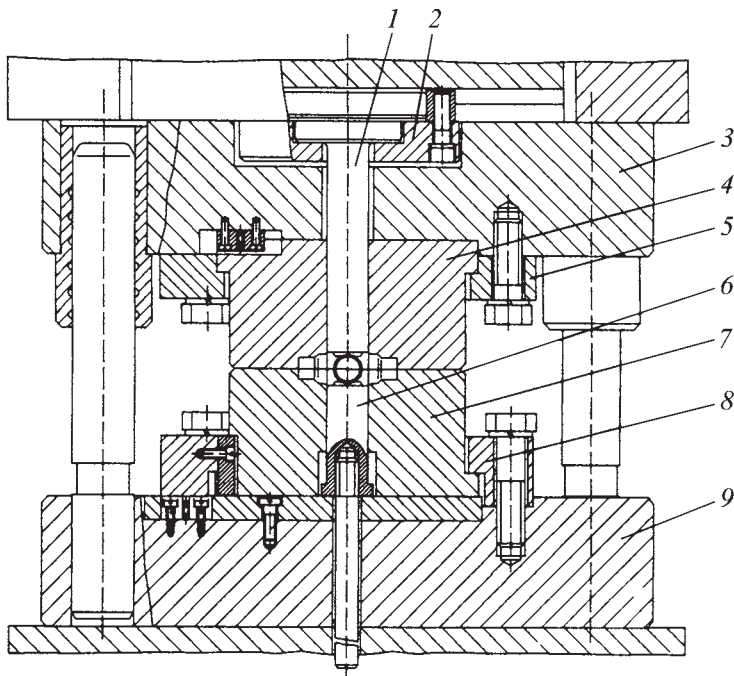


Рис. 10. Блок штампа для штамповки в закрытых штампах с разъемными матрицами

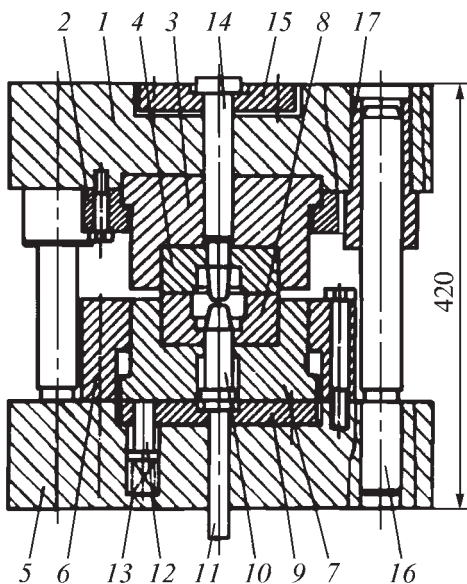


Рис. 11. Штамповый блок с «плавающей» матрицей для штамповки в закрытых штампах с разъемными матрицами

а внутренний ползун перемещается вниз и деформирует заготовку.

При возвратном ходе последовательно перемещаются вверх первоначально внутренний ползун относительно наружного, а затем оба ползуна вместе перемещаются в крайнее верхнее положение.

При штамповке деталей с глубокими двусторонними внутренними полостями или при штамповке высоких заготовок применяется штамповый блок с «плавающими» матрицами.

Штамповый блок (рис. 11) состоит из верхней плиты 1, которая крепится к наружному ползуну. К верхней плите фланцем 2 крепится верхний бандаж 3, с запрессованной в него верхней матрицей 4. Нижняя плита 5 крепится к столу пресса. На нижней плите закреплен фланец 6, в котором установлен бандаж 7 с запрессованной в него нижней матрицей 8. Нижний бандаж и пу-

ансон 10 с толкателем 11 опираются на каленую прокладку 9. Нижний бандаж с матрицей опираются на толкатели 12, подпружиненные пружинами 13.

Пуансон 14 крепится к внутреннему ползуну фланцем 15.

Направление верхней и нижней плит осуществляется направляющими колонками 16 и втулками 17.

Этапы технологического процесса штамповки поковки (рис. 12) детали «Втулка» приведены на рис. 13.

I. Исходное положение. Заготовка 3 диаметром 42,5 мм и высотой 44 мм устанавливается в нижней матрице 4, которая под действием пружин находится в верхнем положении относительно нижнего пуансона 5, что обеспечивает центрирование заготовки. Верхняя матрица 2 и пуансон 1 находятся в крайнем верхнем положении.

II. Редуцирование заготовки. После пуска пресса подвижные части разгоняются вниз, верхняя матрица 2 при подходе к заготовке 3 начинает прямое

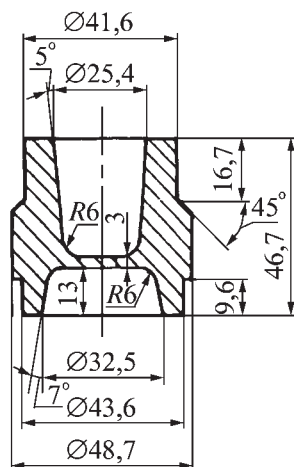


Рис. 12. Горячая поковка детали «Втулка»

выдавливание и редуцирование заготовки до закрытия матриц. Затем происходит совместное перемещение матриц вниз. Пуансон 1 находится в крайнем верхнем положении.

III — IV. Процесс прямого и обратного выдавливания. Пуансон 1 пере-

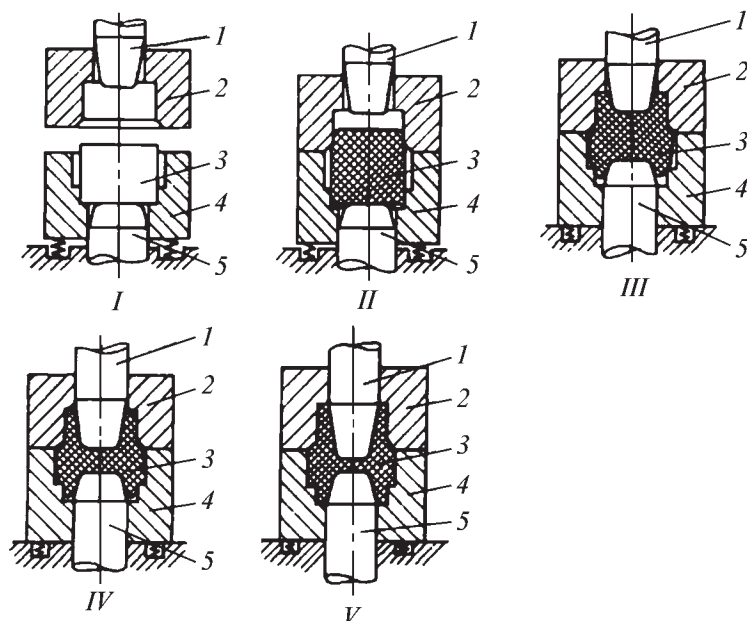


Рис. 13. Этапы процесса штамповки в штампе с «плавающей» матрицей

мещается вниз, и осуществляется выдавливание заготовки 3 в верхнюю и нижнюю полости матриц штампа.

V. Окончательная штамповка. При дальнейшем ходе деформирования происходит окончательное заполнение всех полостей матриц штампа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Живов Л.И. Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н.** Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / под ред. Л.И. Живова. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006. 560 с.

2. **Теория**ковки и штамповки: учебное пособие / Е.П. Унксов, У. Джонсон, В.Л. Колмогоров и др.; под общ

ред. Е.П. Унксова и А.Ч. Овчинников. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 720 с.

3. **Машиностроение.** Энциклопедия. В 40 т. Т. III-2. Технология заготовительных производств / под ред. В.Ф. Мануйлова. М.: Машиностроение, 1996. 736 с.

4. **Рябичева Л.** Исследование напряженно-деформированного состояния при обжиге поковок // Кузнечно-штамповочное производство. 1996. № 10.

5. **Машиностроение.** Энциклопедия. В 40 т. Т. IV-4. Машины и оборудование кузнечно-штамповочного и литейного производств / под ред. Ю.А. Бочарова и И.В. Матвеевко. М.: Машиностроение, 2005. 926 с.

Глава 7

ШТАМПОВКА НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКОВОК

Поковки, изготавливаемые на ГKM, в зависимости от их формы и технологических особенностей штамповки можно подразделить на шесть групп (табл. 1).

1. Классификация поковок, изготавливаемых на ГKM

I группа. Поковки типа стержня с утолщением

Размеры поперечного сечения исходной заготовки сохраняются в стержневой части поковки неизменными.

Формоизменение осуществляют высадкой. Кроме окончательного формовочного ручья используют наборные, предварительные формовочные, обрезные и отрезные ручьи, а также зажимные, пережимные и подъемные элементы ручьев

1-я подгруппа. *Поковки с одним круглым или сложной формы утолщением на конце стержня*

На выбор заготовки влияют диаметр d заготовки и длина l_c стержневой части поковки: при $l_c \leq 1,5d$ используют прутковую заготовку; при $l_c > 1,5d$ — мерную заготовку.

Отрезку поковок от прутка осуществляют сдвигом поковок при ходе подвижной матрицы. Если $d > 20$ мм, то отрезке заготовки предшествует ее пережим или обрезку проводят в два перехода: надрезка — в первом ручье и окончательная отрезка — во втором.

При штамповке прутковой заготовки используют передний упор; при штамповке мерной заготовки — задний упор

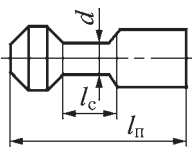
Типы поковок

Обозначение	Форма утолщения	Особенность штамповки	Эскиз
А	Примерно с постоянной площадью сечения или увеличивающейся в направлении от торца к стержню	Предпочтительное расположение формовочного ручья в пуансоне	
Б	Площадь поперечного сечения увеличивается в торцевой части	Формовочные ручьи расположены в матрицах	
В	Площадь поперечного сечения увеличивается в средней части	Предпочтительное расположение формовочного ручья; частично — в матрицах, частично — в пуансоне	

Продолжение табл. 1

Обозначение	Форма утолщения	Особенность штамповки	Эскиз
Г	Торцовый фланец переходит у стержня в уступ	Формовочный ручей расположен частично или полностью в матрицах	
Д	С выемкой в средней части	Необходимо использование предварительного ручья	
Е	Сложная, несимметричная	Для размещения избытка металла, заполняющего полости ручья в матрицах и пуансоне, применяют облойный магазин, подобный магазинам в штампах КГШП. Для одностороннего перераспределения металла рекомендуется при штамповке сдвигать ось конического набора по отношению к оси стержня и использовать скос на торце пуансона предварительного формовочного ручья для обеспечения большего набора металла на участке, соответствующем этому скосу	
Ж	Некруглая	Рекомендуется использовать задний упор	

2-я подгруппа. Поковки с двумя утолщениями, расположенными на концах стержня



Технологический процесс зависит от объема утолщений, диаметра d заготовки, длины стержня l_c поковки и длины матриц. В зависимости от этих факторов возможна штамповка из мерной заготовки на одной ГКМ с одного нагрева или с раздельным нагревом концевых участков заготовки и с поворотом ее на 180° . Первое утолщение штампуют от переднего упора; второе утолщение — от заднего упора.

При штамповке от прутка используют скользящие матрицы с целью сокращения числа переходов и окончания всего процесса в одном штампе. Отделение поковки от прутка осуществляют при сдвиге ходом подвижной матрицы в отрезном ручье.

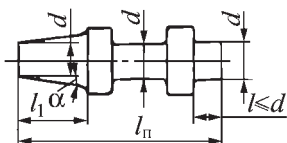
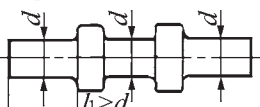
Если все ручки не размещаются в одном штампе, штамповку каждого утолщения проводят раздельно с нагревом каждого утолщения. При этом могут быть использованы различные ГКМ с номинальной силой, отвечающей размерам отдельного утолщения

Продолжение табл. 1

3-я подгруппа. Поковки с одним или несколькими утолщениями, расположенными вдоль стержня

Уточнению подлежит необходимость использования скользящих матриц, когда длина участка l_1 позволяет разместить его в пуансоне

Типы поковок

Обозначение	Особенность поковки	Особенности штамповки
А	<p>Утолщения расположены на некотором расстоянии от торца стержня</p> 	<p>Высадку утолщения проводят в пуансоне или матрицах (концевой участок l_1 размещают в пуансоне). При $l_1 > d$ уклоны равны $\alpha = 30' \dots 2^\circ$. При наличии двух утолщений штамповку осуществляют с поворотом заготовки на 180°</p>
В	<p>Утолщения расположены вдоль стержня. Участки стержня выполнены без уклонов</p> 	<p>Использует штампы со скользящими матрицами</p>

II группа. Поковки типа колец и втулок

Размеры поперечного сечения по сравнению с исходной заготовкой изменяются на всех участках поковок.

Формоизменение поковки осуществляют высадкой и прошивкой, а заканчивают операцией пробивки. Чаще всего поковки штампуют из прутковых заготовок с использованием переднего упора и отделением поковки от прутка при пробивке.

В зависимости от принятого соотношения диаметров d (исходного прутка) и d_0 (пробиваемого отверстия) штамповку проводят с пережимом, подъемом или постоянным сечением прутка у заднего торца поковки. Возможна также штамповка из мерной (на две поковки) и штучной заготовок.

Помимо окончательного формовочного и пробивного ручьев могут быть использованы наборные, предварительные формовочно-прошивные ручки с зажимными, пережимными и подъемными элементами, а также обрезные ручки. При $d/d_0 > 1,2$ для удаления высечки используют отрезной ручей, предшествующий циклу штамповки следующей поковки.

При $d/d_0 > 1,8$ используют совмещенный отрезной-пробивной ручей, в котором пруток отделяют от поковки сдвигом за счет хода подвижной матрицы с последующей пробивкой отверстия при ходе ползуна. Если отрезной-пробивной ручей применяют без предварительного пережима, то проводят постепенную (двухпереходную и более) отрезку прутка сдвигом при ходе подвижной матрицы в предшествующих ручьях

Продолжение табл. 1

1-я подгруппа. Поковки типа колец

Отношение высоты кольца к наружному диаметру $H / D \leq 0,7$. При штамповке поковок характерно совмещение операций высадки и прошивки. Штамповку проводят в пуансоне (предпочтительно) или в матрицах. Более одного наборного перехода обычно не применяют, что обеспечивается подбором отношения длины высаживаемой части прутка l_b к диаметру заготовки в пределах $l_b / d \leq 2,5$. Наборный переход сопровождается в большинстве случаев предварительной формовкой элементов наружного и внутреннего контура поковки

Типы поковок

Обозначение	Особенность поковки	Особенности штамповки
А	 <p>Гладкие цилиндрические</p>	Если не требуется пережим прутка, то штамповку без наборного перехода проводят в пуансоне при $l_b / d < 1,7$ и в матрицах при $l_b / d < 1,5$. Штамповка может быть проведена без облоя с расположением ручья в пуансоне при $0,9 \leq l_b / d < 1,5$ или в закрытом ручье в матрицах при $l_b / d < 1,4$. Получение поковки без облоя облегчается при использовании скользящего пуансона. При $H / d_0 < 0,6$ и $d_0 = d$ возможно использование формовочного ручья без наметки под прошивку
Б	 <p>С цилиндрическим наружным и сложным внутренним контуром</p>	По мере усложнения внутреннего контура, увеличения d_1 по сравнению с d_0 и уменьшения s затрудняется сочетание высадки с прошивкой и увеличивается необходимость в дополнительных формовочных переходах
В	 <p>С цилиндрическим отверстием и сложным наружным контуром</p>	Последовательность предварительного оформления элементов наружного контура в наборном ручье зависит от вида формовочного ручья. Формовочной штамповке в пуансоне предшествует оформление фланца диаметром D_1 в наборном переходе. При штамповке в матрице фланец диаметром D_1 получают в формовочном ручье
Г	 <p>Со сложным наружным и внутренним контуром</p>	Особенности конфигурации наружного и внутреннего контура колец этого типа во многих случаях исключают возможность расположения формовочного ручья в пуансоне

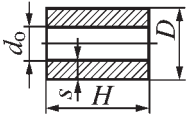
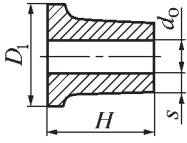
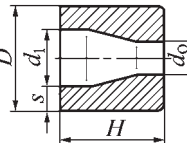
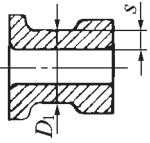
2-я подгруппа. Поковки типа втулок

Отношение высоты поковки к наружному диаметру $H / D > 0,7$. Формоизменение при наборных переходах осуществляют высадкой с незначительной начальной прошивкой, при формовочно-прошивных операциях — преимущественно прошивкой с минимально возможным выдавливанием металла навстречу движению пуансона.

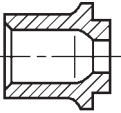
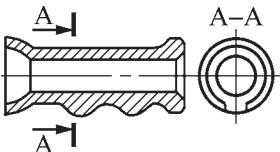
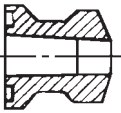
Продолжение табл. 1

Расположение наборных ручьев (в матрицах или пуансоне) зависит от соотношений геометрических размеров поковки. Формовочные ручьи располагают в матрицах

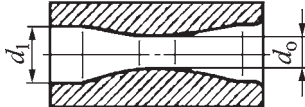
Типы поковок

Обозначение	Форма втулки	Особенности штамповки
А	 <p>Гладкие цилиндрические</p>	<p>Для толстостенных поковок, у которых $s / d_0 > 0,3$ и $H / D \leq 1,1$, может использоваться наборный переход в коническом пуансоне; для тонкостенных поковок при $s / d_0 < 0,3$, а также при $s / d_0 > 0,3$ и $H / D > 1,1$ используют наборный переход в матрицах. При этом получают центрирующий бурт с наметкой под прошивку в торцевой части и утолщение на заднем торце, примыкающем к прутку.</p> <p>При $H / D > 1,4$ и $s / d_0 \leq 0,3$ рационально применять прутки, рассчитанные на две поковки. В этом случае высечка от первой поковки служит клещевиной при изготовлении второй поковки</p>
Б	 <p>С фланцем и цилиндрическим отверстием</p>	<p>Конфигурация поковки облегчает образование на первых переходах центрирующего фланца диаметром D_1, удерживающего заготовку при прошивке.</p> <p>Возможна постепенная отрезка прутка сдвигом при ходе подвижной матрицы с предварительным пережимом прутка, а в некоторых случаях и без пережима. Окончательное отделение поковки от прутка ходом подвижной матрицы выполняют перед пробивкой отверстия в том же ручье (отрезной-пробивной ручей)</p>
В	 <p>С цилиндрическим наружным и сложным внутренним контуром</p>	<p>Изменение толщины стенки поковки необходимо учитывать в изменениях поперечных сечений в наборном переходе</p>
Г	 <p>С двумя буртами и более цилиндрическим отверстием</p>	<p>Для образования бурта, примыкающего к прутку, в процессе предварительной штамповки в некоторых случаях требуются повышенные удельные усилия. Поэтому штамповку приводят с образованием облоя, бурт располагают в матрицах, а высадку остальной части поковки выполняют в пуансоне. Объемы металла, находящиеся по разные стороны облоя, должны быть одинаковы на всех переходах. На участке поковки диаметром D_1 с малой толщиной стенки s необходим пережим прутка</p>

Продолжение табл. 1

Обозначение	Форма втулки	Особенности штамповки
Д	 Со сложным наружным и внутренним контуром	То же, что и для поковок типов В и Г
Е	 С асимметричными элементами и местными выступами	Выбор варианта предварительной формовки (в том числе пережим прутка в средней части ходом подвижной матрицы или набор несимметричной формы) зависит от конфигурации местных выступов, их числа и расположения. Формирование набора может выполняться с образованием поперечного заусенца, обеспечивающего заполнение несимметричной полости. В последующем ручье необходимо предусмотреть отрезку заусенца
Ж	 С фасонной формой торца	Из-за сложности формы торцевой поверхности возникает необходимость ее окончательного оформления на первых переходах и штамповки с заусенцем

3-я подгруппа. Поковки с отверстием, прошиваемым с двух сторон



d_i d_o

Поковки с разнообразной конфигурацией внутренних и наружных поверхностей. Технология изготовления поковок этой подгруппы отличается от технологии изготовления поковок двух предыдущих подгрупп тем, что разделение поковки и прутка не может быть выполнено в конце цикла штамповки. Поэтому в процессе штамповки необходимо использовать задний упор и штучную заготовку с поворотом ее на 180°

III группа. Поковки с полостями (глухими отверстиями)

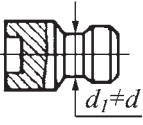
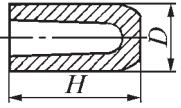
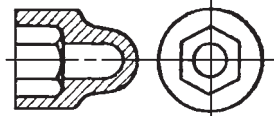
По конфигурации наружных и внутренних поверхностей поковки этой группы аналогичны поковкам II группы. В технологическом отношении они отличаются от предыдущей группы отсутствием операции пробивки.

Формоизменение осуществляют высадкой и прошивкой. Помимо окончательного формовочного ручья могут быть использованы наборные, предварительные формовочно-прошивочные, отрезные и обрезные ручьи с зажимными, пережимными и отрезными элементами

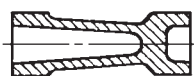
1-я подгруппа. Поковки с односторонними полостями

Штамповку проводят с передним упором в основном от прутковой заготовки. Отделение поковки от прутка осуществляют в отрезном ручье с предварительным пережимом и последующим сдвигом при ходе подвижной матрицы. Реже применяют двухпереходную (и более) отрезку в отрезных вставках штамповочных ручьев сдвигом прутка при ходе подвижной матрицы

Продолжение табл. 1

Типы поковок		
Обозначение	Форма втулки	Особенности штамповки
А	 <p>С неглубокой полостью или без нее, с размерами поперечных сечений, отличающихся от размера d исходного прутка</p>	Формоизменяющие операции и штамповочные ручки (элементы ручьев) для поковок этого типа аналогичны формоизменяющим операциям и штамповочным ручьям (элементам ручьев) для поковок I группы 1-й подгруппы. Полости получают прошивкой в сочетании с высадкой, как и у поковок II группы 1-й подгруппы
Б	 <p>Гладкие с глубокой полостью</p>	Особенности штамповки аналогичны штамповке поковок гладких цилиндрических втулок (II-2-A). При большой длине H поковки рационально выбирать исходную заготовку на две поковки и, применяя постепенный пережим прутка, проводить штамповку с поворотом. Благодаря пережиму зажимная часть ручья имеет минимальную длину, равную $(1...1,5) d$. При необходимости получения отчетливого контура с относительно острыми углами в задней части поковки и необходимостью ровного заднего ее торца применяют штучную заготовку и штамповку от заднего упора
В	<p>С полостью и переменным сечением</p> 	Те же, что и для поковок колец и втулок (II-1 и II-2), а также поковок типов А–Б данной группы

2-я подгруппа. Поковки, в которых полости расположены с двух сторон



Поковки с разнообразной конфигурацией внутренних и наружных поверхностей, подобные поковкам II группы 3-й подгруппы и отличающиеся от них в технологическом отношении отсутствием операции пробивки

IV группа. Полые поковки, штампуемые из труб

К этой группе относят поковки, размеры поперечных сечений которых изменяются преимущественно на концевых участках трубы. Утолщения в средней части трубы получают так же, как у поковок I группы 3-й подгруппы.

Процесс обжатия трубы по наружному диаметру, особенно на неконцевых участках, целесообразнее проводить на радиально-обжимных и ротационно-обжимных машинах. Формоизменение поковки осуществляют высадкой и раздачей (или высадкой с раздачей), а также обжимом. Трубу фиксируют, как правило, по заднему упору. Рекомендуется проводить штамповку в два перехода. При большем числе ручьев необходим дополнительный нагрев трубы.

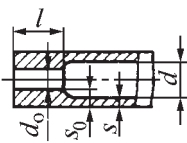
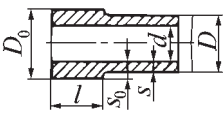
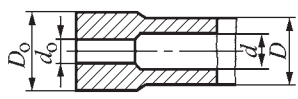
Во всех технологических формоизменяющих переходах длина оправки должна быть больше длины деформируемого на этом переходе участка трубы

Продолжение табл. 1

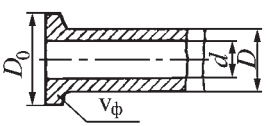
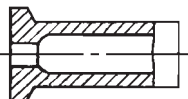
1-я подгруппа. Поковки с утолщенной стенкой

Утолщение стенки осуществляют высадкой с последующим ее утонением в том случае, если формоизменение утолщения завершается раздачей

Типы поковок

Обозначение	Форма втулки	Особенности штамповки
А	<p>С уменьшенным внутренним диаметром трубы</p> 	<p>Форма утолщения удобна для набора металла, осуществляемого высадкой.</p> <p>При большой длине высаживаемой части l в первом переходе увеличивают толщину стенки s до $0,75s_0$ и во втором — до s_0. Такое ведение процесса предотвращает образование продольного и торцового заусенцев и способствует лучшему удалению окалины</p>
Б	<p>С увеличенным наружным диаметром трубы</p> 	<p>Форма утолщения менее удобна для набора металла высадкой по сравнению с предыдущей поковкой. За один переход можно получить утолщение с толщиной стенки $s_0 \leq 1,25s$.</p> <p>При $l \leq 0,75D$ и $D_0 \leq \sqrt{D^2 + 0,75d^2}$ можно проводить утолщение стенки в два перехода. В первом переходе осуществляют высадку с уменьшением внутреннего диаметра трубы не более чем в 2 раза; во втором — раздачу трубы до первоначального внутреннего диаметра и требуемого наружного.</p> <p>При $l > 0,75D$ и $D_0 \leq \sqrt{D^2 + 0,75d^2}$ высадку проводят в три перехода с двумя-тремя нагревами. В первых двух переходах высаживают металл трубы с уменьшением ее внутреннего диаметра и в третьем переходе проводят раздачу.</p> <p>При $l = (1..2,5)D$ и $D_0 = (1,5..2)D$ высадку выполняют в четыре перехода. В первом переходе высаживают металл внутрь трубы с уменьшением d на 25 %, во втором — одновременно внутрь и наружу с уменьшением d на 50 %; в третьем переходе высаживают металл с увеличением наружного диаметра при постоянном внутреннем диаметре, равном $0,5 d$. В четвертом переходе производят раздачу трубы до первоначального диаметра d и заданного наружного диаметра D_0</p>
В	<p>С увеличенным наружным и уменьшенным внутренним диаметрами трубы</p> 	<p>Выбор формы промежуточных переходов проводят с учетом того, что форма утолщения этого типа приближается в большей или меньшей степени к типу А или Б данной подгруппы в зависимости от требуемого увеличения D_0 по сравнению с D или уменьшения d_0 по сравнению с d соответственно</p>

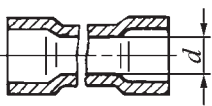
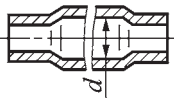
Продолжение табл. 1

Обозначение	Форма втулки	Особенности штамповки
Г	С фланцем 	Возможность одно- или многопереходной высадки, а также форма промежуточных переходов зависят от объема фланца V_{ϕ} и размеров D_0 , D и d . В общем случае фланец получают из утолщения типа Б этой подгруппы. Так, фланец с $D_0 = (2 \dots 2,5)D$ может быть высажен из утолщения типа Б с $l = (0,5 \dots 1,0)(D - d)$, полученного за три-четыре перехода
Д	С фланцем при уменьшенном внутреннем диаметре трубы 	Фланец может быть получен из утолщения типа В этой подгруппы раздачей, заканчивающейся доштамповкой высаживанием

2-я подгруппа. Поковки, имеющие примерно постоянную толщину стенки

Технология изготовления поковок этой подгруппы отличается от технологии изготовления поковок предыдущей подгруппы тем, что высадка для этих поковок не является основной формоизменяющей операцией. Для сохранения примерно постоянной толщины стенки ее утонение при раздаче должно компенсироваться последующей или предшествующей подсадкой, а ее утолщение при обжатии — последующей калибровкой раздачей

Типы поковок

Обозначение	Способ получения	Особенности штамповки
А	Раздача 	Раздача может осуществляться со сжимающими меридиальными напряжениями. Если проведение раздачи и подсадки стенок трубы за один переход оказывается невозможным, то сначала проводят утолщение стенок, а затем раздачу. Во избежание утяжки, разрывов и эксцентricности на конце трубы раздачу осуществляют при растягивающих меридиальных напряжениях. До начала раздачи на конце трубы высаживают фланец (бурт), который затем удаляется в обрезном ручье штампа. При раздаче с растяжением допустимое за один переход увеличение диаметра ограничивается из-за возможного отрыва заготовки от фланца или образования продольных трещин в участках с наибольшим тангенциальным растяжением
Б	Обжим 	Возможен обжим в коническом пуансоне или при ходе подвижной матрицы с поворотом трубы. Наилучшим оборудованием для получения поковок этого типа являются ротационно-обжимные и радиально обжимные машины

V группа. Поковки смешанной формы

Разнообразные по конфигурации поковки, в том числе с отростками и развилинами, с прямой и криволинейной осью, с глухими или сквозными отверстиями, ось которых может не совпадать с осью стержневой части поковки.

Продолжение табл. 1

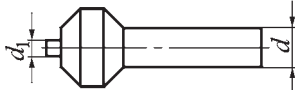
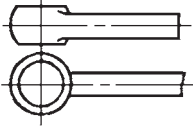
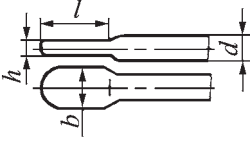
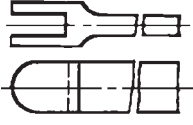
При изготовлении этих поковок необходимы сочетания отдельных технологических операций, указанных для поковок первых трех групп, а также дополнительных операций, ограниченно применяемых при штамповке на ГKM, — выдавливания, расплющивания, гибки, протяжки, волочения

1-я подгруппа. *Поковки с особой формой утолщений или стержневой части*

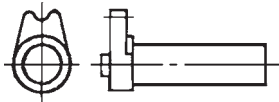

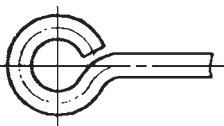
В поковках сочетаются особенности конфигурации поковок I группы.

Изготовление поковок требует помимо технологических операций, указанных для поковок I группы, применения операций выдавливания, расплющивания, протяжки, пережима и гибки

Типы поковок

Обозначение	Способ получения	Особенности штамповки
А	С высаженным утолщением и отростком, получаемым выдавливанием 	Выступы могут быть получены выдавливанием в соответствующую полость формовочного пуансона. В зависимости от конфигурации утолщения штамповку проводят в закрытом или открытом штампе с поперечным облоем. Для отчетливого оформления отростка необходимы повышенные удельные силы, что ограничивает получение поковок с подобными элементами на ГKM
Б	С расплющенным утолщением 	Расплющивание предварительно высаженного участка шарообразной формы осуществляют ходом подвижной матрицы; стержень может быть расположен горизонтально (предпочтительно) или вертикально. При недостаточной силе зажимного ползуна ГKM ходом подвижной матрицы проводят предварительное расплющивание утолщения, полученного в наборном переходе. Окончательную формовку производят пуансоном
В	С протянутым участком стержня 	В зависимости от требуемой длины l и ширины b обжатие в протяжном ручье может быть осуществлено за один ход подвижной матрицы (расплющивание) или за несколько последовательных ходов с рядом последовательных подач прутка (протяжка). Технологические операции подобного типа рациональнее осуществлять на молотах или ковочных вальцах
Г	С утолщением типа развилин 	Поковки получают двумя способами. Первый способ — перед штамповкой развилины заготовку надрезают пилой с образованием паза. В ручьях штампа части заготовки, полученные при надрезке, разводят и формуют развилину соответственно полости штампа. Второй способ — заготовку, в том числе после высадки утолщения, пережимают ходом пережимного пуансона с образованием развилины

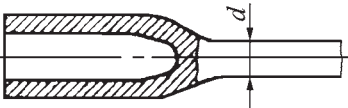
Продолжение табл. 1

Обозначение	Способ получения	Особенности штамповки
Д	<p>С утолщением, полученным гибкой и высадкой</p> 	<p>При высадке несимметричных утолщений окончательной формовочной штамповке предшествует гибка прутка, осуществляемая ходом подвижной матрицы. Длину отгибаемой части и угол гибки прутка определяют с учетом формы высаживаемого утолщения и объема облоя. При необходимости гибка может сопровождаться предварительным перераспределением металла формовкой и расплющиванием</p>
Е	<p>С изогнутой стержневой частью</p> 	<p>Гибку осуществляют ходом подвижной матрицы. В некоторых случаях для обеспечения четкой конфигурации в углах ручья применяют доштамповку при ходе пуансона в скользящих матрицах</p>
Ж	<p>С гнутой петлей на конце стержня</p> 	<p>Петлю получают ходом подвижной матрицы, в процессе которого происходит гибка прутка в горизонтальной плоскости. Окончательную гибку проводят пуансоном</p>

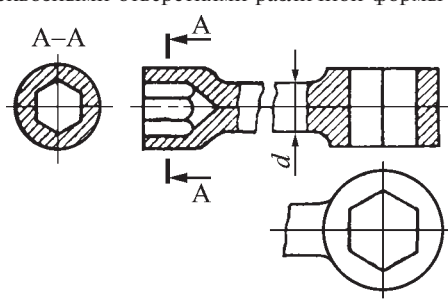
2-я подгруппа. *Поковки с полыми утолщениями на концах стержня*

В конфигурации поковок сочетаются элементы форм поковок I и III групп. К этой подгруппе относят также поковки с глухими и сквозными полостями, оси которых не совпадают с осью стержня, что отличает их от поковок других групп. В конфигурации поковок возможны и криволинейные стержни, получаемые с помощью гибки

Типы поковок


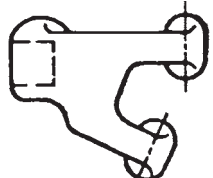
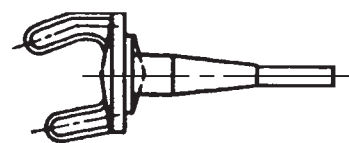
Обозначение	Форма поковки	Особенности штамповки
А	<p>С прошитой частью примерно постоянного сечения</p> 	<p>По технологии изготовления эти поковки подобны поковкам гладких цилиндрических втулок (П-2-А). Наличие стержневой части облегчает прошивку заготовки с образованием на первых переходах центрирующего фланца, с помощью которого заготовка удерживается при прошивке (аналогично поковкам типа П-2-Б); отрезку фланца осуществляют в обрезном штампе ГKM. Для тонкостенных поковок данного типа возможно утонение стенки на ГKM волочением или выдавливанием</p>

Окончание табл. 1

Обозначение	Форма поковки	Особенности штамповки
Б	<p>С утолщениями, глухими полостями или со сквозными отверстиями различной формы</p> 	<p>Поковки с полыми утолщениями, ось полости которых совпадает с осью стержня; в технологическом отношении подобны поковкам с полостями переменного сечения (III-1-B).</p> <p>При штамповке поковок, у которых ось отверстия не совпадает с осью стержня (например, перпендикулярна ей), выполняют высадку утолщения требуемой (например несимметричной) формы.</p> <p>При необходимости высаженное утолщение может подвергаться формовочному расплющиванию, осуществляемому ходом подвижной матрицы. Формовку полости и пробивку отверстия (при получении сквозного отверстия) чаще осуществляют ходом пуансона в верхней части штампа. Если ось отверстия перпендикулярна центральной оси поковки, то поковку при осуществлении этих операций удерживают в вертикальном положении. Пробивка отверстия может осуществляться также ходом подвижной матрицы с расположением поковки в вертикальном или горизонтальном положении</p>

VI группа. Поковки, требующие дополнительной штамповки на ГKM

Поковки разнообразной формы, в которых перед обработкой на ГKM необходимо получить базовые поверхности для позиционирования в штампах ГKM

<p>1-я подгруппа. <i>Поковки с концевыми утолщениями, высаженными на ГKM</i></p> 	<p>2-я подгруппа. <i>Поковки с полостями, прошитыми на ГKM</i></p> 	<p>3-я подгруппа. <i>Поковки с посаженными на ГKM штамповочными уклонами или выполненными на ГKM другими операциями формоизменения</i></p> 
--	--	---

2. КЛАССИФИКАЦИЯ РУЧЬЕВ ШТАМПОВ ГКМ

Классификация ручьев штампов ГКМ приведена на рис. 1. В ней учтены

возможности ГКМ при выполнении отдельных технологических операций. Названия ручьев соответствуют их основному технологическому назначению. В классификации не рассмотре-

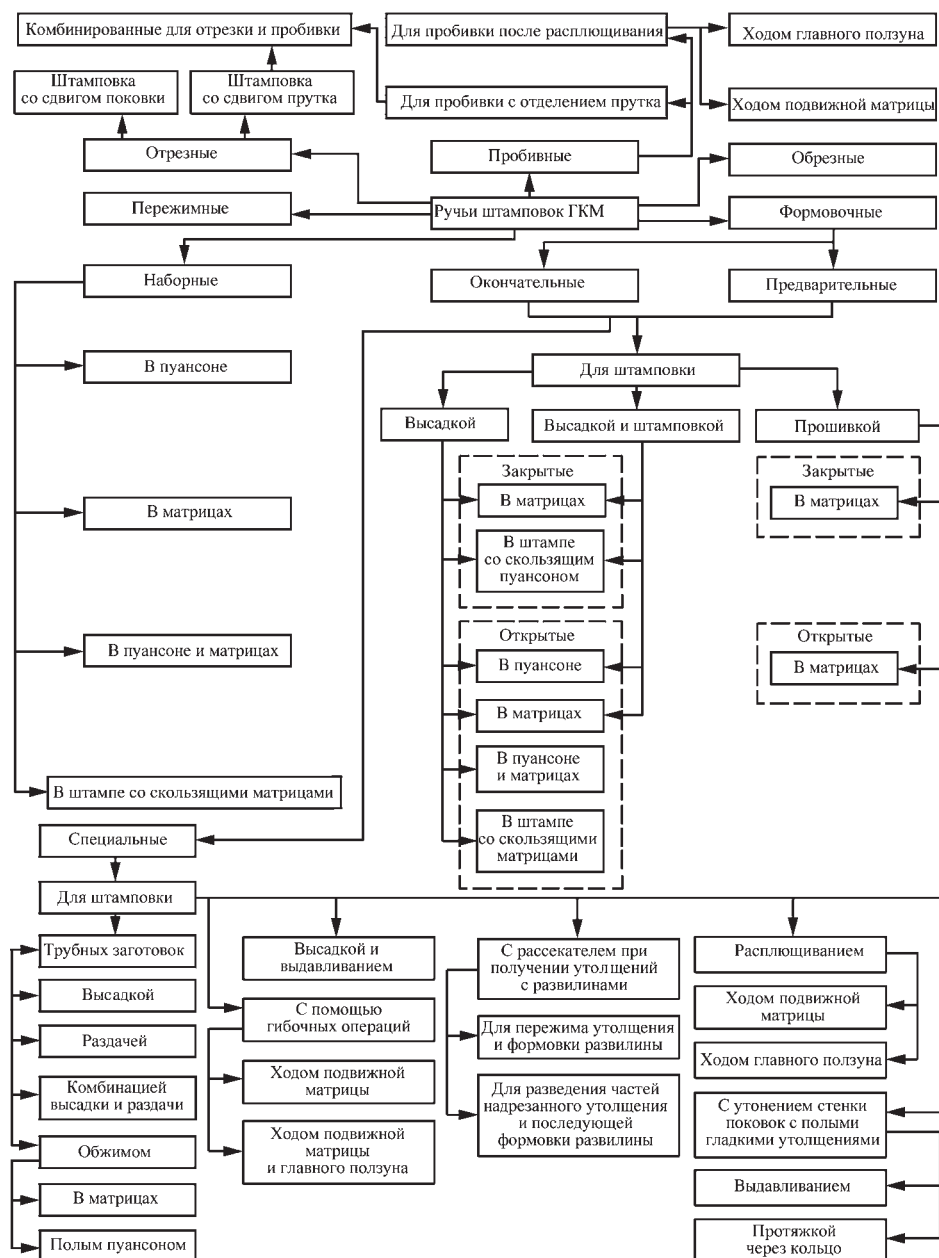


Рис. 1. Классификация ручьев ГКМ

ны все комбинации формоизменяющих операций, которые могут быть выполнены в одном ручье штампа. Например, высадка в наборном ручье или штамповка в формовочном могут сочетаться с операциями пережима, частичной или окончательной отрезки поковки от прутка, хотя пережим и отрезка могут осуществляться и в отдельных пережимном и отрезном ручьях. В зависимости от технологического назначения различают части ручьев: зажимные, пережимные, подъемные, наборные, формовочные, пробивные, обрезающие и отрезные. Обычно эти части ручьев предусматривают в отдельных матричных вставках.

3. ШТАМПОВОЕ ПРОСТРАНСТВО И БЛОКИ ШТАМПОВ

Основные характеристики ГKM с вертикальным разъемом матриц долж-

ны соответствовать ГОСТ 7023—89. Схема крепления блоков штампов ГKM показана на рис. 2.

При подъеме клина 1 (рис. 3) с помощью болта 2 пуансонодержатель перемещают по направлению к матрицам, причем длина штампового пространства уменьшается. При наиболее низком положении клина длина L_1 штампового пространства наибольшая. Чтобы иметь возможность увеличивать или уменьшать длину штампового пространства при наладке штампов, расчетная закрытая длина L_p (см. рис. 2) должна быть на 2...4 мм меньше максимально возможного значения L_1 (см. рис. 3). С учетом этого соотношения размеров определяют расстояние l_z (см. рис. 2) между передним торцом пуансонодержателя и опорной поверхностью матриц. На рис. 4 и 5 показаны различные способы крепления пуансонов в пуансонодержателе.

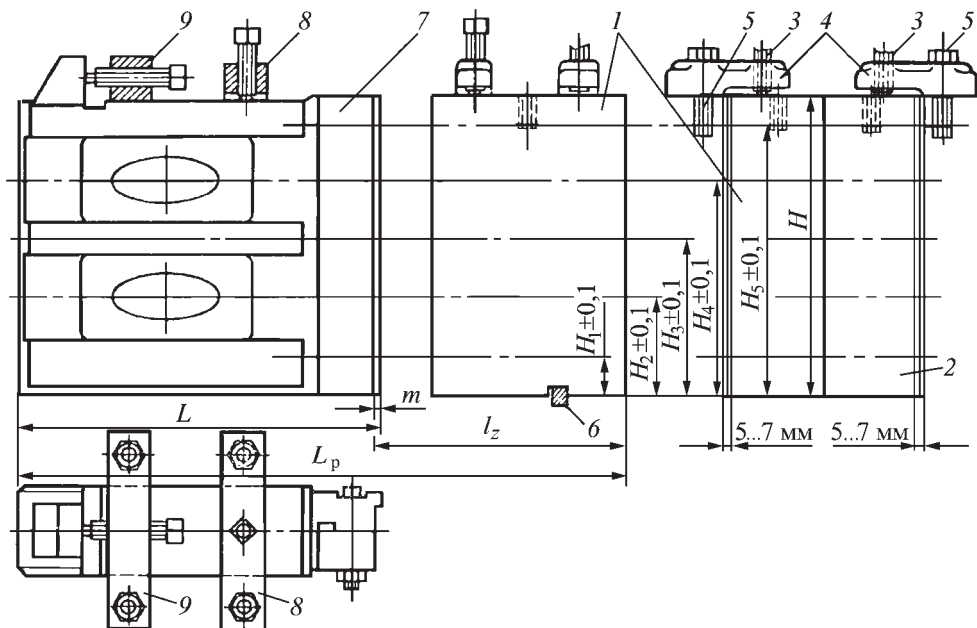


Рис. 2. Схема крепления и габаритные размеры блоков штампов ГKM:

1 — правый (неподвижный) блок матриц; 2 — левый (подвижный) блок матриц; 3 — упорные болты; 4 — клеммы крепления; 5 — крепежные болты; 6 — шпонки; 7 — пуансонодержатель; 8 — упорный (прижимной) болт; 9 — задняя прижимная планка с упорным болтом

Так как длина пуансонодержателя $L' = L - m$ известна (см. рис. 2), то

$$l_z = L_p - L'. \quad (1)$$

По значению l_z определяют длины блоков матриц и пуансонов. Выступ толщиной m (см. рис. 4) используют для устранения вращения пуансонов во время работы.

Регулировку закрытой ширины штампового пространства (см. рис. 2)

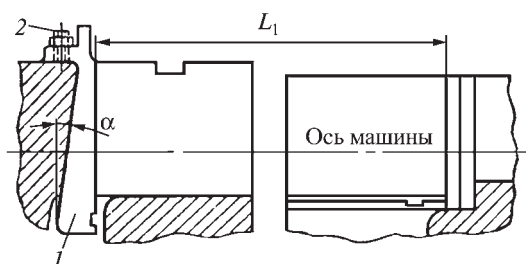


Рис. 3. Штамповое пространство ГKM

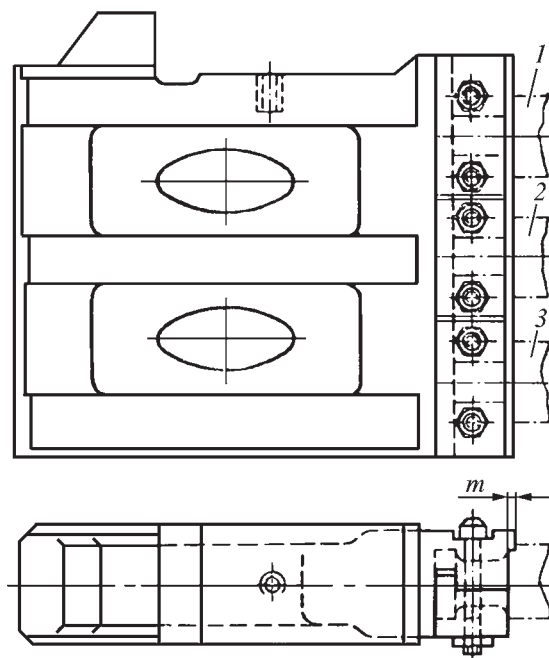


Рис. 4. Блок пуансонов (пуансонодержатель) в сборе:
1, 2 и 3 — пуансоны

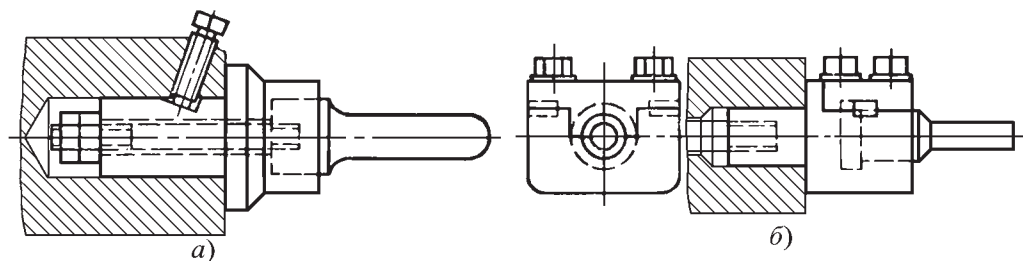


Рис. 5. Способы крепления пуансонов в пуансонодержателе:
а — упорными болтами; б — стяжными болтами

осуществляют за счет прокладок из листовой стали. Рекомендуется применять не более двух прокладок для каждого блока матриц.

По размерам штампового пространства устанавливают габаритные размеры штампов и, следовательно, выявляют возможность размещения нужного числа ручьев для штамповки поковок заданного размера.

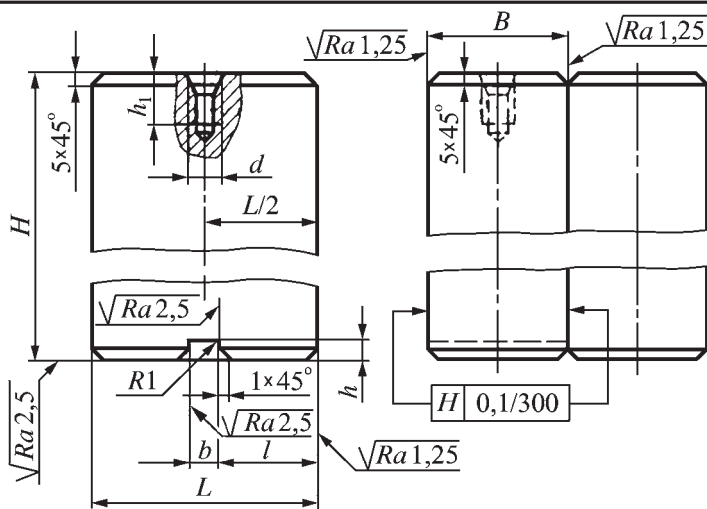
Рабочий ход, являющийся частью прямого хода главного ползуна, определяет максимальное расстояние, на котором можно осуществить деформацию штампуемой заготовки. От хода зажимного ползуна зависит наи-

большее раскрытие матриц, соответствующее максимальному диаметру поковки при необходимости ее перемещения из ручья в ручей или удаления из штампа без осевого перемещения.

Ход зажимного ползуна следует учитывать также в тех случаях, когда подвижную матрицу используют для выполнения расплющивания, пробивки, гибки и тому подобных технологических операций.

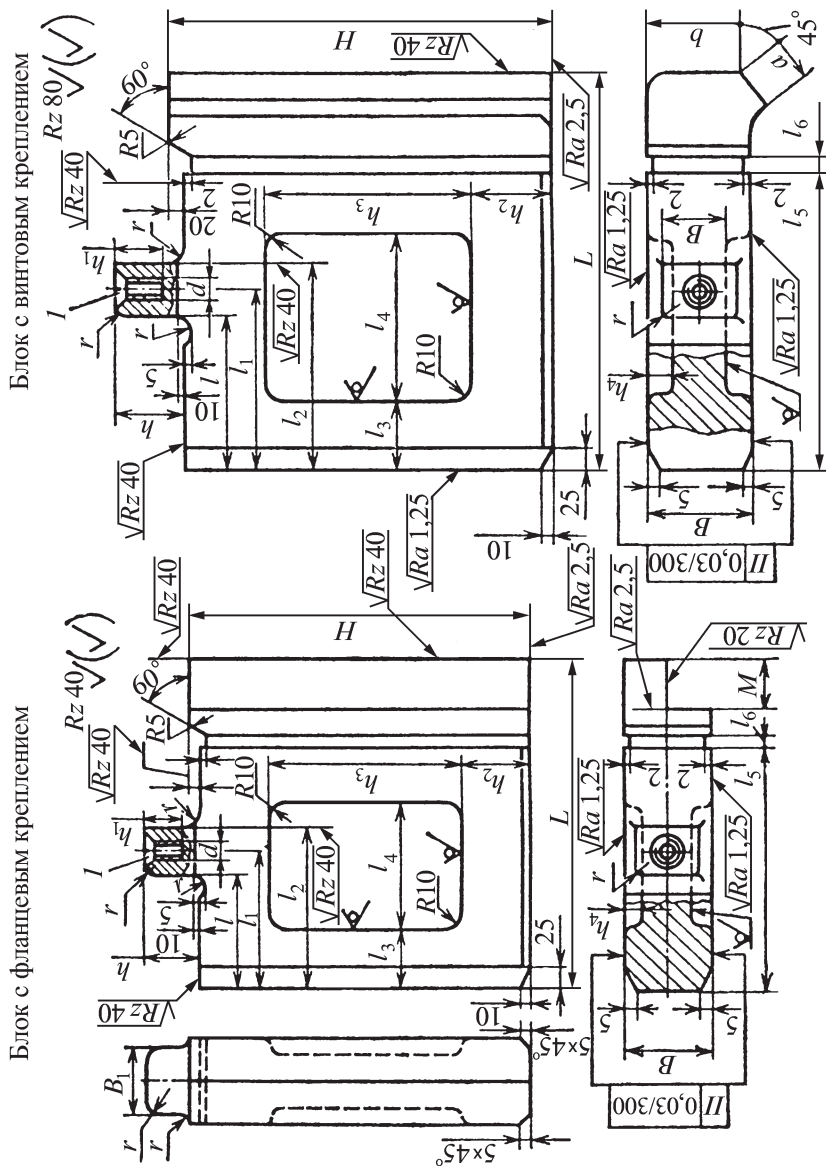
В табл. 2 даны размеры блоков матриц (заготовок), а в табл. 3 — блоков пуансонов (заготовок) с фланцевым и винтовым креплениями.

2. Размеры, мм, блоков матриц (заготовок) штампов в зависимости от силы ГKM



Сила ГKM, МН	B (поле допуска h12)	H	b	h	l (поле допуска h8)	d	h ₁	L
1,0	100	250	21	7,5	70	M16	35	100; 120; 140; 160
1,6	120	310	21	7,5	70	M16	35	140; 160; 180; 200
2,5	140	380	21	7,5	70	M16	35	180; 200; 220; 250; 280
4,0	160	480	21	7,5	70	M16	35	220; 250; 280; 320; 360
6,3	200	590	51	10,5	100	M24	50	250; 280; 320; 360; 400; 450; 500
8,0	220	660	51	10,5	100	M36	70	250; 280; 320; 360; 400; 450; 500
10,0	220	740	51	10,5	100	M36	70	280; 320; 360; 400; 450; 500; 560
12,5	260	820	51	10,5	127	M36	70	320; 360; 400; 450; 500; 560; 630

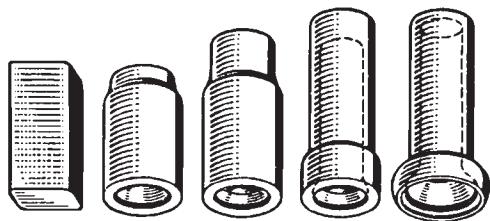
3. Размеры, мм, блоков пуансонов (заготовок) штампов
в зависимости от силы ГКМ



l — гнездо

Окончание табл. 3

Сила ГКМ, МН	В (от- кло- нение по f9)	L	H (от- клоне- ние по h12)	d	M	a	B ₁	b	l	l ₁	l ₂	l ₃		Допустимое отклонение +3 мм	l ₄	l ₅	l ₆	h	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	r
												Допустимое отклонение +3 мм	Допустимое отклонение +3 мм										
1,0	60	264	270	M16	59	40	45	55	100	115	130			—	—	185	10	60	35	35	—	—	10
1,6	80	324	330		64	65	115		135	155	60	100	220	15	60	100	220	15			20	80	
2,5	100	426	400	M24	76	42	85	75	165	190	215	70	180	320	30	70	15	80	50	80	220	20	15
4,0	130	486	500		86	58	105	110		200	235												
6,3	160	566 716	610	M36	96	75	135	140	200	240	280	80	220	425	20	50	20	90	70	100	390	35	15
8,0	200	608 758	680		108	—	175	—		245	290												
10,0	210	658 808	760	M36	118	—	180	—	215	250	300	270	320	530	25	55	25	100	70	120	580	40	15
12,5	230	708 908	840		123	—	200	—		265	315												



В настоящее время получают распространение ГКМ с горизонталь-

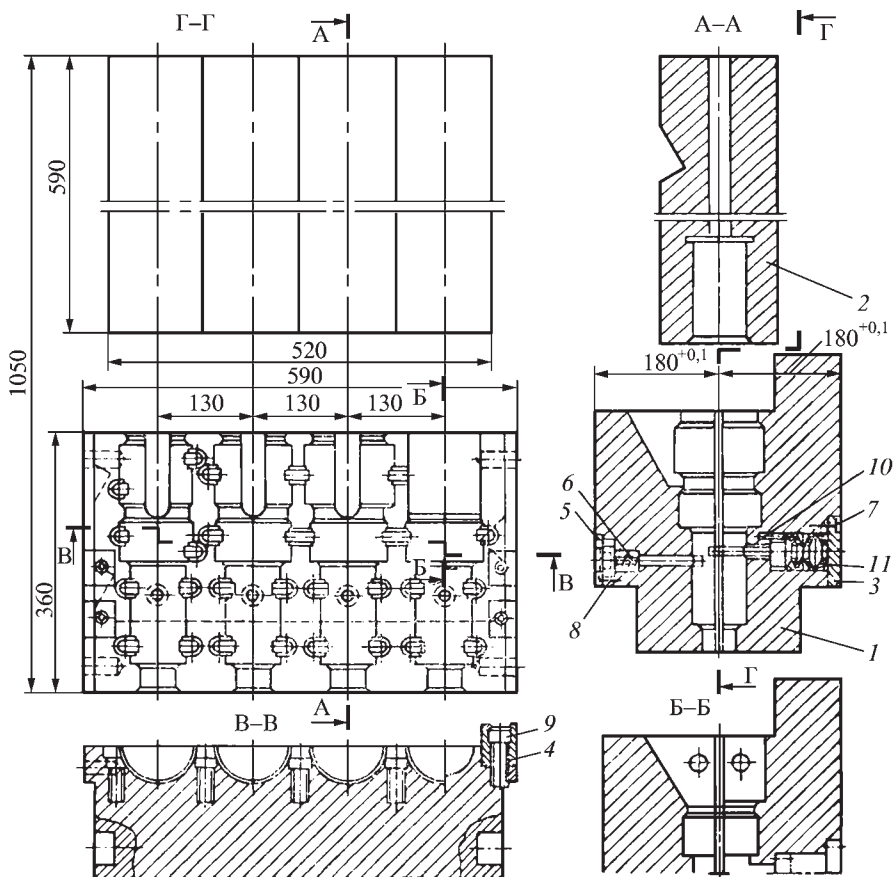


Рис. 7. Матрицы и пуансонодержатели к ГКМ (номинальная сила 6,5 МН) с горизонтальным разъемом матриц после обработки мест креплений матричных вставок и пуансонов:

- 1 – блок матриц; 2 – блок пуансонодержателей; 3 – крышка; 4 – центрирующие детали; 5 – шайба; 6 – пружины; 7, 8 и 9 – винты; 10 – штифт; 11 – тарельчатые пружины

**4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ
НЕОБХОДИМОЙ СИЛЫ
ШТАМПОВКИ И ВЫБОР ГКМ**

Силу ГКМ, необходимую для штамповки в открытых штампах, определяют по формулам для расчета силы кривошипного горячештамповочного пресса (гл. 4). Ширину и толщину облоя (заусенца) в зависимости от диаметра высаживаемой части поковки D определяют по табл. 9.

При штамповке в закрытых формовочных и прошивных ручьях сила

$$P = K \frac{\pi D^2}{4} \sigma_{bt}, \quad (2)$$

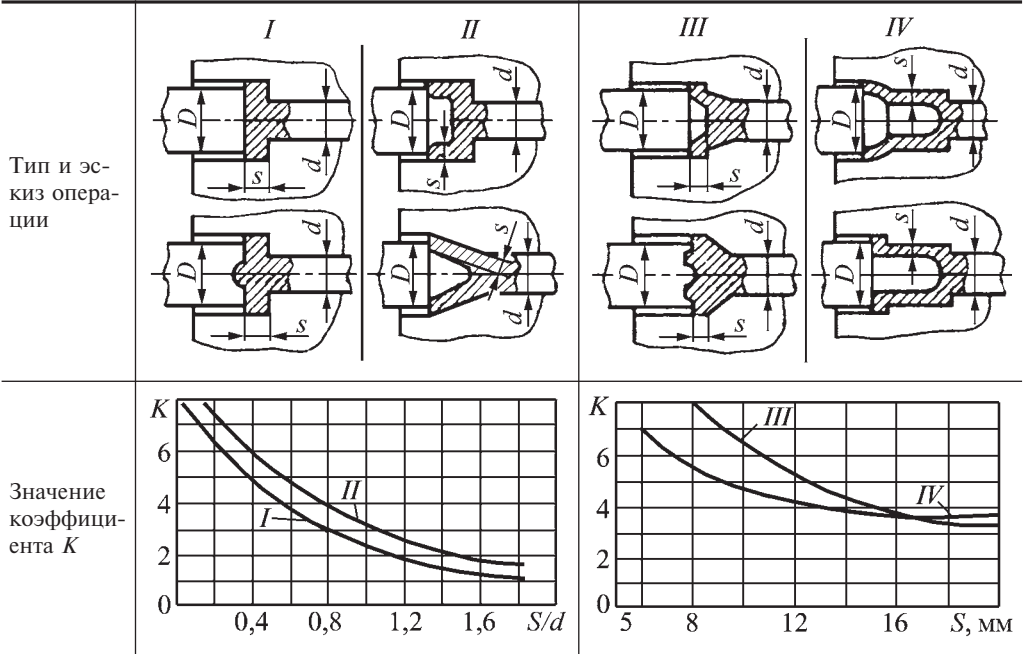
где D — диаметр поковки; при высадке в конусной полости пуансона в последней формуле D — больший диаметр по-

лости; σ_{bt} — временное сопротивление при температурековки и скорости деформации (см. т. 1, гл. 1); K — коэффициент, определяемый, в зависимости от вида штамповки на ГКМ, по табл. 4; для наборных переходов $K = 1$.

Силу, необходимую для штамповки в пробивных и обрезных ручьях, определяют так же, как и силу обрезного пресса (гл. 10); силу при отрезке — так же, как силу по формулам резки на пресс-ножницах. Определив P , подбирают ГКМ по каталогу. Если высота штампового пространства не позволяет разместить в штампе требуемое число ручьев, то выбирают по каталогу ближайшую большую машину, а иногда и следующую машину, т. е. через одну ступень.

Высоту штампа можно определить из выражения, приближенно учитывающего размеры переходов, число пе-

4. Коэффициент K для определения силы штамповки в закрытых формовочных и прошивных ручьях ГКМ (по В.И. Залескому)



Примечание. В операциях типа *IV* (прошивка с радиальной раздачей металла) фланец подготавливают в предыдущем ручье.

реходов и толщину стенок между ручьями штампа:

$$H = \sum D_k + 0,3 \sum (D_k + l_k) + 10(k+1), \quad (3)$$

где D_k — наибольший диаметр перехода соответственно в каждом ручье; l_k — длина перехода соответственно в каждом ручье; k — число переходов (без отрезки и высечки).

Сравнивая полученное значение H с допускаемой максимальной высотой штампа, по технической характеристике ГKM устанавливают, удовлетворяет ли выбранная машина указанному выше условию.

Для поковок некруглой формы необходимо силу для штамповки определяют, ориентируясь на приведенный диаметр:

$$D_{\text{п}} = 1,13\sqrt{F_{\text{п}}},$$

где $F_{\text{п}}$ — площадь проекции поковки в плане.

5. СОСТАВЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ

Припуски и допуски определяют в соответствии с ГОСТ 7505—89, учитывая ориентировочное превышение массы поковки по сравнению с массой упрощенной готовой детали. Если все элементы готовой детали выполняют штамповкой, то превышение массы поковки устанавливают по отношению к массе готовой детали. С учетом относительной сложности формы поковки превышение массы поковки по сравнению с массой упрощенной готовой детали составляет 20...70 % и более. Нижний предел интервала соответствует сплошным поковкам; верхний — полым поковкам со сквозной и несквозной прошивкой, а также штампуемым из труб. После расчета припусков, до-

пусков и назначения напусков уточняют массу и степень сложности поковки. Если полученные значения оказываются вне интервалов величин, принятых при расчете припусков, допусков и радиусов, то проводится дополнительный расчет для новых интервалов, которым соответствуют найденные масса и степень сложности.

В массу поковки не входит масса той ее части, которую не подвергают деформации, а также масса облоя. Это указание распространяется на все поковки, штампуемые от заднего упора, а также на поковки со сквозными и глухими отверстиями (II и III группы), если их штампуют из прутка от переднего упора.

В соответствии с ГОСТ 7505—89 в массу поковки должна входить часть стержня, зажимаемого штампами. Это указание относится к поковкам со стержневой частью I и V групп, которые штампуют от переднего упора с отделением от прутка при ходе подвижной матрицы ГKM. Длина стержневой части поковки, зажимаемой матрицами, в данном случае равна длине стержня, который не подвергался деформации в процессе высадки, и отделяется от прутка согласно конфигурации поковки. В отдельных случаях фактически длина прутка, необходимая для удержания поковки в зажимных матрицах, может отличаться от отделяемой от прутка длины стержня поковки.

При изготовлении поковок I и V групп (в том числе с двусторонней высадкой) или поковок, у которых стержень не подвергают деформации, припуски устанавливают с учетом допусков по длине стержней, выходящих за пределы штампов и не подвергающихся деформации.

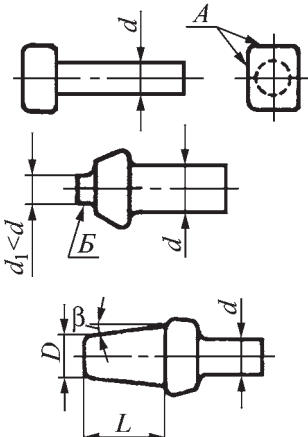
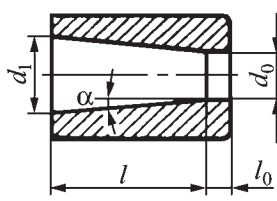
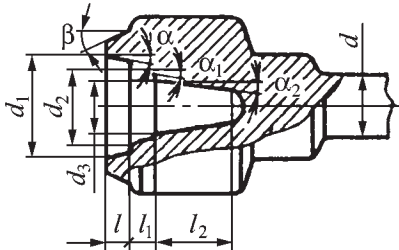
Штамповочные уклоны. Максимальные значения штамповочных уклонов оговорены ГОСТ 7505—89 с учетом фор-

мы детали, соотношения размеров и особенностей штамповки.

Штамповочные уклоны поверхностей поковок, параллельных и перпендикулярных перемещению ползуна, определяют по табл. 5.

Допуски на штамповочные уклоны устанавливаются в пределах 0,25 максимальных значений штамповочных уклонов и вносятся в чертежи поковки по требованию потребителя.

5. Штамповочные уклоны

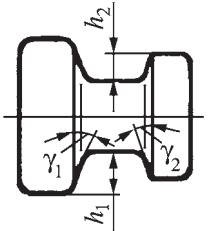
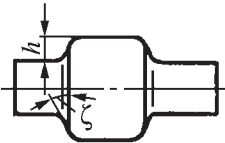
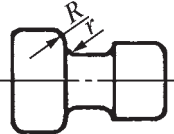
Поверхности поковки	Штамповочные уклоны, эскизы поковок, пояснения к выбору уклонов					
I. Поверхности поковок параллельны перемещению ползуна						
Наружные, в том числе оформляемые в матрицах выдавливанием в пуансоне			Поверхности А и В выполняют без штамповочных уклонов			
			Угол β зависит от отношения L/D			
	L/D	До 0,3	Св. 0,3 до 1,2	Св. 1,2 до 2,2	Св. 2,2 до 3,2	Св. 3,2 до 4,2
	15'	30'	45'	1°	β	0
Внутренние в сквозных и глухих полос- тах, выполняемых пуансоном	Максимальное значение штамповочного уклона $\alpha_{\max} \leq 3^\circ$; минимальное значение α (α_1, α_2) зависит от отношения $l / d_1(l_1 / d_2, l_2 / d_3)$					
						
	$\frac{l}{d_1} \left(\frac{l_1}{d_2}; \frac{l_2}{d_3} \right)$	До 0,5	Св. 0,5 до 1,5	Св. 1,5 до 2,5	Св. 2,5 до 3,5	Св. 3,5 до 4,5
	$\alpha(\alpha_1; \alpha_2)$	0	15'	30'	45'	1'
	$\frac{l}{d_1} \left(\frac{l_1}{d_2}; \frac{l_2}{d_3} \right)$	Св. 4,5 до 5,5	Св. 5,5 до 6,5	Св. 6,5 до 7,5	Св. 7,5 до 8,5	
	$\alpha(\alpha_1; \alpha_2)$	1°15'	1°30'	1°45'	2°	

Окончание табл. 5

Поверхности поковки	Штамповочные уклоны, эскизы поковок, пояснения к выбору уклонов
	 <p>Глубокие полости для уменьшения угла α разделяют по высоте на несколько участков</p>

II. Поверхности поковок перпендикулярны перемещению ползуна

Штамповочные уклоны для замкнутых штампов поверхностей ступенчатых поковок, оформляемых в матрицах

С внутренними уклонами	 <p>Максимальное значение внутреннего уклона $\gamma_{\max} \leq 7^\circ$. Угол $\gamma(\gamma_1, \gamma_2)$ зависит от h</p>					
	$h, \text{ мм}$	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40
	γ, \dots°	1	2	3	5	7
С внешними уклонами	 <p>Максимальное значение внешнего уклона $\zeta_{\max} \leq 5^\circ$. Угол ζ можно выбрать в зависимости от h, основываясь на данных для внутреннего угла γ и с учетом того, что при равных значениях h следует принимать $\zeta < \gamma$</p>					
С большими радиусами переходов	 <p>Штамповочные уклоны не требуются, если поверхность образована сопряжением дуг радиусов R и r</p>					

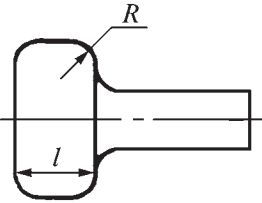
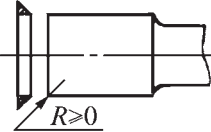
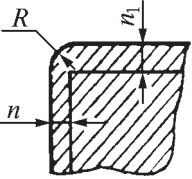
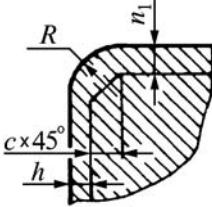
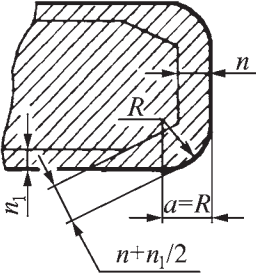
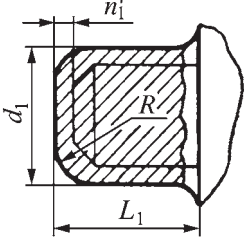
Радиусы закруглений внешних и внутренних углов на наружном и внутреннем контурах поковки определяют по табл. 6.

Поле допусков на радиусы внешних R и внутренних r закруглений поковок принимают по ГОСТ 7505–89. При этом нижнее отклонение внешнего радиуса R должно согласовываться с наименьшими радиусами закруглений R_{\min} по ГОСТ 7505–89. Верхнее отклонение внешнего радиуса R принимают

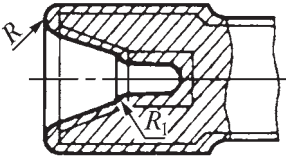
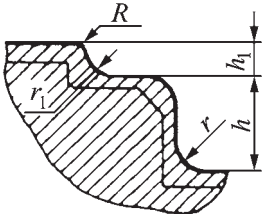
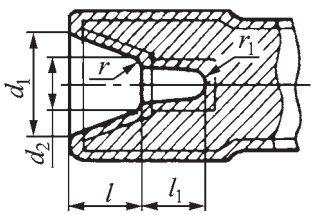
из условия обеспечения нормального среднего припуска на механическую обработку.

Допускаемые отклонения формы поковки (торцевой части стержня, смещение по поверхности разъема, ступенчатость, кривизна, неперпендикулярность, разнотолщинность, овальность, разностенность, поверхностные дефекты) определяют по табл. 7; допустимые величины заусенцев — по табл. 8.

6. Радиусы закруглений

Условия назначения радиуса закругления	Радиус закругления, эскиз элемента поковки, пояснения к выбору радиуса	
1. Наименьшее значение радиуса	<i>Радиусы R закругления внешних углов поковок</i>	
		Принимают по ГОСТ 7505–89 в зависимости от глубины полости l (в штампе) и массы поковки
		При наличии заусенца на переднем торце поковки $R \geq 0$
2. По наружному контуру поковки есть припуск на обработку резанием	 $R = \frac{n + n_1}{2},$ где n и n ₁ — размеры, мм	При наличии на детали острой кромки
	 $R = \frac{n + n_1}{2} + c,$ где c — размер фаски, мм	При наличии на детали фаски под углом 45°
	 <p>Если угол фаски не равен 45°, отрезок $a = R$ находят графически из условия, что минимальное расстояние от фаски до дуги, образуемой радиусом, больше или равно $\frac{n + n_1}{2}$</p>	
3. Для элементов поковки, получаемых выдавливанием		$R = 0,1L_1 + 1 \leq \frac{d_1}{2}.$ <p>При $R > \frac{n + n_1}{2}$ припуск по торцу увеличивают до n₁', чтобы получить нормальный припуск по углу</p>

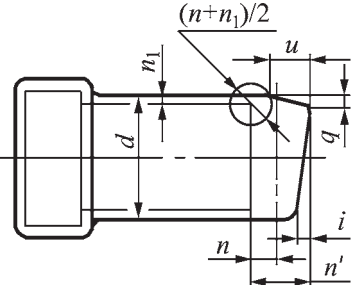
Окончание табл. 6

Условия назначения радиуса закругления	Радиус закругления, эскиз элемента поковки, пояснения к выбору радиуса
4. На внутреннем контуре поковки	 <p>Определяют так же, как и радиус R на внешнем контуре поковки</p>
<i>Радиусы r закругления внутренних углов поковок</i>	
На наружном контуре поковки	 <p>Принимают в зависимости от высоты бурта h:</p> $r = 0,2 h + 1.$ <p>Если $r + R > h$, то r определяют из условия получения плавного сопряжения</p>
На внутреннем контуре поковки	 <p>Принимают в зависимости от d_1, d_2, l и l_1:</p> $r = 0,07(d_1 + l), r_1 = 0,07(d_2 + l_1),$ <p>но $r \geq 1,5$ мм</p>

Примечания: 1. Рассчитанные по указанным рекомендациям радиусы R и r следует округлить до ближайшего большего значения из следующего ряда: 0,8; 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25 мм.

2. Введение фасок на всех внешних и внутренних кромках детали расширяет возможность применения в поковке больших радиусов закруглений и допусков на них, что повышает технологичность конструкции поковки.

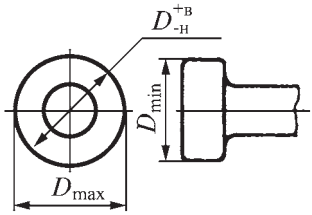
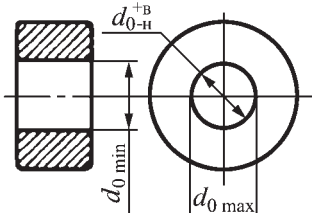
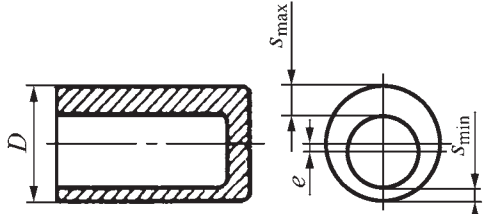

7. Допускаемые отклонения формы поковок

Отклонения формы	Эскиз
<p>На конце стержня допускается смятие $u \leq 0,3d$, утяжка $q = 0,05d$ и косина $i \leq 0,05d$.</p> <p>Допускается увеличенный припуск n' на отрезку торца стержня из условия обеспечения нормального среднего припуска $(n + n_1) / 2$ в углах стержневой части</p>	

Продолжение табл. 7

Отклонения формы	Эскиз
<p>Смещение поковок по поверхностям разъема штампа регламентируется ГОСТ 7505–89. Величину смещения определяют в месте наибольшего смещения контуров поковки по формуле</p> $m = \frac{a_2 - a_1}{2},$ <p>где a_1 и a_2 — соответственно наименьший и наибольший размеры поковки, измеряемые параллельно и по обе стороны поверхности разъема штампа</p>	
<p>Ступенчатость с допускается в пределах половины отрицательного отклонения допуска H на соответствующий размер a</p>	
<p>Кривизна стержня допускается не более половины отрицательного допуска H на размер d стержня</p>	
<p>Неперпендикулярность утолщения к стержню допускается не более $\text{tg } \alpha = H / D$, где H — нижнее отклонение на размер a</p>	
<p>Непараллельность торцов не должна превышать половины положительного допуска B на толщину a</p>	

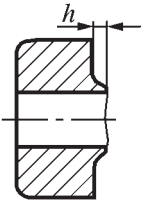
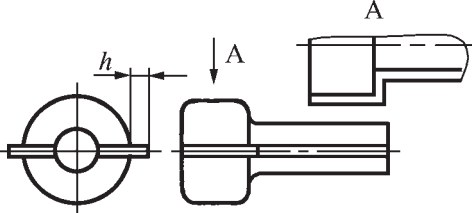
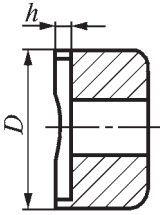
Окончание табл. 7

Отклонения формы	Эскиз
<p>Овальность $D_{\max} - D_{\min}$ не должна превышать половины положительного допуска B на размер D</p>	 $D_{\max} - D_{\min} \leq B / 2$
<p>Овальность отверстия $d_{0\max} - d_{0\min}$ допускается не более половины положительного допуска B на размер d_0</p>	 $d_{0\max} - d_{0\min} \leq B / 2$
<p>Разностенность $s_{\max} - s_{\min} = 2e$ допускается не более 0,4 номинального припуска на сторону</p>	
<p>Поверхностные дефекты — трещины, обезуглероженный слой; раковины и забоины допускаются на глубину g, но не более половины минимального припуска на сторону n</p>	 $g \leq n / 2$

8. Допускаемые величины заусенцев для поковок, штампуемых на ГМК

Заусенец	Размер заусенца, подлежащий ограничению	Указания к выбору размеров заусенцев
<p>Поперечный (кольцевой)</p>	<p>Наибольшая ширина b заусенца (в данном случае облоя), оставшегося на поковке после обрезки или не подвергавшегося обрезке</p>	 <p>Принимают по ГОСТ 7505—89 в зависимости от массы и степени сложности поковки, а также типа поверхности разреза (плоская, изогнутая)</p>

Окончание табл. 8

Заусенец	Размер заусенца, подлежащий ограничению	Указания к выбору размеров заусенцев
По периметру сквозного отверстия со стороны выхода пуансона при пробивке	Наибольшая высота h	 <p>Принимают такой же, как и наибольшая ширина b поперечного заусенца</p>
Продольный в плоскости разреза матриц	Наибольшая высота h	 <p>Соответствует удвоенной ширине b поперечного заусенца</p>
Торцовый	Наибольшая высота h	 <p>Принимается в зависимости от массы поковки, степени ее сложности и размера D (см. гл. 1)</p>

Примечание. Принцип измерения заусенца см. в гл. 1.

Пример составления чертежа поковки фланца приведен в гл. 1.

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ШТАМПОВКИ

Определение диаметра исходной заготовки, объема и длины высаживаемой части. Диаметр исходной заготовки d определяют в зависимости от группы поковок. Расчетный диаметр заготовки округляют до ближайшего большего значения, имеющегося в сортаменте.

Объем высаживаемой части прутка $V_{\text{в}}$ определяют по номинальным размерам поковки с учетом 0,5 положительного предельного отклонения для наружных размеров и 0,5 отрицатель-

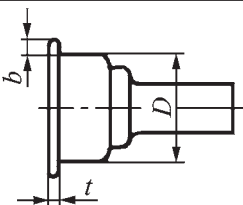
ного предельного отклонения для внутренних размеров и полостей, потерь на угар и облой (при поперечном (кольцевом) облое):

$$V_{\text{в}} = (V_{\text{п}} + V_{\text{о}}) \frac{100 + \delta}{100} = (V_{\text{п}} + V_{\text{о}})(1 + 0,01\delta), \quad (4)$$

где $V_{\text{п}}$ — объем высаживаемой части поковки, мм³, с учетом усадки и 0,5 положительного допуска для наружных размеров и 0,5 отрицательного допуска для внутренних размеров и полостей; $V_{\text{о}}$ — объем облоя (заусенца), мм³; δ — угар металла, %.

Размеры поперечного (кольцевого) облоя (заусенца) находят по табл. 9.

9. Размеры, мм, поперечного (кольцевого) облоя

	Размер заусенца	Диаметр D высаживаемой части поковки				
		До 20	Св. 20 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 160
Ширина b		5	5...8	5...10	10...12	12...14
Толщина t		1,0	1,5	2,5	3,0	3,5

Если в процессе штамповки заготовку подогревают, то в расчете угар δ увеличивают на 50 % по сравнению с первоначально принятым значением.

Длина высаживаемой части прутка

$$l_{\text{в}} = \frac{(V_{\text{п}} + V_{\text{о}})(100 + \delta)}{F100} = \frac{V_{\text{в}}}{F}, \quad (5)$$

где $V_{\text{в}}$ — по формуле (4); F — площадь сечения заготовки (прутка) с учетом усадки, мм^2 .

Расчет устойчивости высаживаемой части заготовки. При высадке на ГKM различают высадку без изгиба (свободная высадка) и с ограниченным изгибом высаживаемой части заготовки (высадка на ограниченный диаметр).

Свободная высадка. Ее возможность определяют расчетом устойчивости высаживаемой заготовки. Высадка проходит без изгиба заготовки, если ее относительная высаживаемая длина $\psi = l_{\text{в}} / d$ удовлетворяет условию: $\psi \leq \psi_{\text{д}}$, где $\psi_{\text{д}}$ — допустимое значение относительной высаживаемой длины:

$$\begin{aligned} \psi_{\text{д}} &= 4,84\sqrt{n} - 5,7\text{tg}\gamma \leq 2,7 \\ &\text{при } d \geq 50 \text{ мм;} \\ \psi_{\text{д}} &= (4,84\sqrt{n} - 5,7\text{tg}\gamma) \times \\ &\times (0,85 + 0,003d) \leq 2,7 \\ &\text{при } d < 50 \text{ мм;} \end{aligned} \quad (6)$$

в формулах n — коэффициент упрочнения, определяемый по кривой упрочнения для данного материала и со-

ответствующих температурно-скоростных режимах высадки [36]; γ — угол скоса торца заготовки.

Коэффициент упрочнения

$$n = E_{\text{к}} \varepsilon \sigma^{-1}, \quad (7)$$

где $E_{\text{к}} = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ — касательный модуль;

$\varepsilon = \frac{l_{\text{в}} - l}{l_{\text{в}}}$ — степень деформации к мо-

менту потери устойчивости; σ — напряжение, определяемое по кривой упрочнения для соответствующего ε .

Так как потеря устойчивости возможна только при $\varepsilon \leq 0,25$, то в расчетах можно принять $\varepsilon = 0,25$. Приблизительно принимают также $E \approx \Delta\sigma / \Delta\varepsilon$, где $\Delta\varepsilon$ и $\Delta\sigma$ — приращение деформации и соответствующее ему приращение напряжения по кривой упрочнения в окрестностях точки с координатой $\varepsilon = 0,25$. Тогда значение коэффициента для практического использования

$$n = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \frac{0,25}{\sigma}. \quad (8)$$

Скорость деформации $\dot{\varepsilon} = d\varepsilon / dt$ (где t — время), принятая при построении кривой упрочнения, должна соответствовать скорости деформации при высадке, которая приближенно равна

$$\dot{\varepsilon} \approx \dot{\varepsilon}_{\text{ср}} = v_{\text{ср}} / l_{\text{ср}},$$

где $\dot{\varepsilon}_{\text{ср}}$ — средняя скорость деформации; $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость деформи-

рования инструмента; $v_{cp} = 0,5(v_{нач} - v_{кон})$; $v_{нач}$ и $v_{кон}$ — скорости инструмента в начале и конце деформирования на участке деформирования со степенью деформации ε ; l_{cp} — средняя длина высаживаемой части заготовки на участке деформирования со степенью ε ; $l_{cp} = 0,5(l_{нач} - l_{кон})$; $l_{нач}$ и $l_{кон}$ — начальная и конечная длины высаживаемых частей заготовки.

Ориентировочно можно принять, что при штамповке на ГКМ $\dot{\varepsilon}_{cp} = 1 \dots 5 \text{ с}^{-1}$.

Температура, принятая при построении кривой упрочнения, должна быть по возможности близкой к максимальной температуре нагрева заготовки перед высадкой, так как потеря устойчивости характерна для начального этапа первого перехода высадки.

Пример. Определить допустимое значение относительной высаживаемой длины ψ_d для заготовки диаметром 40 мм из стали 45 при температурах высадки 1200, 1150 и 1100 °С. Угол скоса торца заготовки $\gamma = 3^\circ$.

На рис. 8 приведены кривые упрочнения стали 45, построенные при $\dot{\varepsilon}_{cp} = 5 \text{ с}^{-1}$.

По кривой для температуры 1200 °С находят, что при $\varepsilon = 0,25$ (25 %) $\sigma = 57 \text{ МПа}$. Приняв $\Delta\varepsilon = 0,1$ (10 %), определяют, что деформации $\varepsilon_{max} = 0,3$ (30 %) соответствует $\sigma_{max} = 60 \text{ МПа}$, а деформации $\varepsilon_{min} = 0,2$ (20 %) — $\sigma_{min} = 55 \text{ МПа}$. Следовательно, $\Delta\sigma = 60 - 55 = 5 \text{ МПа}$.

По формуле (8)

$$n = \frac{5}{0,1} \frac{0,25}{57} = 0,219.$$

В соответствии с кривой для температуры 1100 °С при $\varepsilon = 0,25$ (25 %) $\sigma = 76 \text{ МПа}$; при $\varepsilon_{max} = 0,3$ (30 %) $\sigma_{max} = 80 \text{ МПа}$, а при $\varepsilon_{min} = 0,2$ (20 %) $\sigma_{min} = 72 \text{ МПа}$.

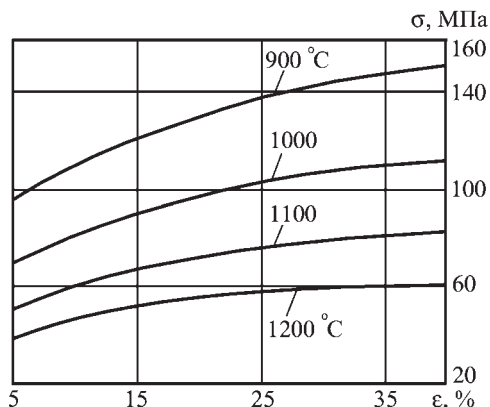


Рис. 8. Зависимости сопротивления деформации σ от степени деформации ε для стали 45 при скорости деформации $\dot{\varepsilon} = 5 \text{ с}^{-1}$ (по В.И. Зюзину)

Следовательно, $\Delta\sigma = 80 - 72 = 8 \text{ МПа}$,

$$n = \frac{8}{0,1} \frac{0,25}{76} = 0,263.$$

Для температуры 1150 °С n находят приблизительно, как среднее арифметическое значений n при 1200 и 1100 °С:

$$n = (0,219 + 0,263) : 2 = 0,241.$$

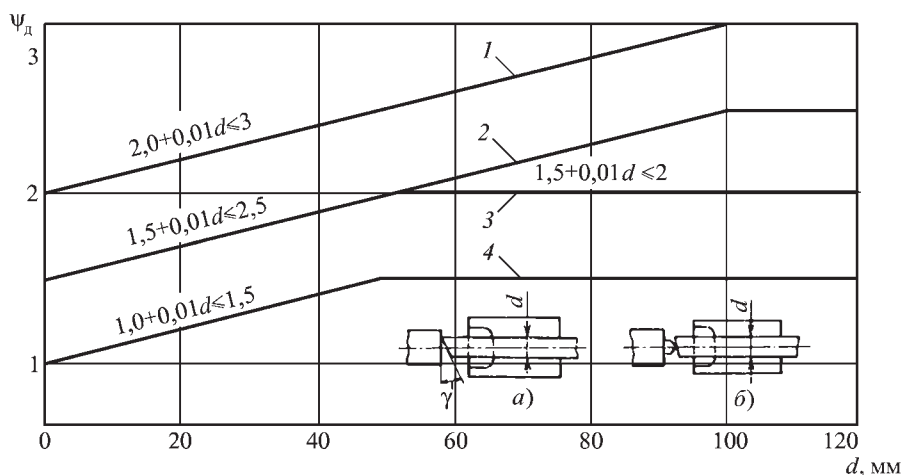
По формуле (6) допустимое значение относительной высаживаемой длины заготовки при температуре 1200 °С.

$$\psi_d = (4,84\sqrt{0,219} - 5,7 \cdot 0,0524) \times (0,85 + 0,003 \cdot 40) = 1,907 \approx 1,91.$$

Аналогичным образом находим, что $\psi_d = 2,01$ при температуре 1150 °С и $\psi_d = 2,12$ при температуре 1100 °С.

Из приведенного примера следует, что устойчивость заготовки с понижением температуры нагрева возрастает.

Практическое использование зависимостей (6) для расчета осложняется тем, что для многих материалов кривые упрочнения для температурно-скоростных условий высадки на ГКМ отсутствуют. В этих случаях используют зависимости А.В. Ребельского (рис. 9).



Эскиз	Пуансон	Геометрия торца заготовки		Номер кривой
		исходной; γ , ...°	после выполнения операций	
а	Плоский	До 2	Прошивки с наметкой	1
		2...6	Пережима и сдвига	2
б	С наметкой под прошивку	До 2	Прошивки с наметкой	3
		2...6	Пережима и сдвига	4

Рис. 9. Зависимость допускаемой относительной высаживаемой длины ψ_d прутка от его диаметра и геометрии торца заготовки из среднеуглеродистой стали при горячей высадке (по А. В. Ребельскому)

Например, для заготовки диаметром 40 мм при угле скоса торца $\gamma = 3^\circ$ по кривой 2

$$\psi_d = 1,5 + 0,001 \cdot 40 = 1,9.$$

Значение ψ_d корректируют, если в высаженном утолщении необходимо симметричное расположение волокон (рис. 10).

Для удовлетворения требования симметричного расположения волокон при высадке плоским пуансоном исходной заготовки с незначительным скосом на торце $\gamma < 2^\circ$ (торцевание на токарном станке или отрезка на пилах) рекомендуется

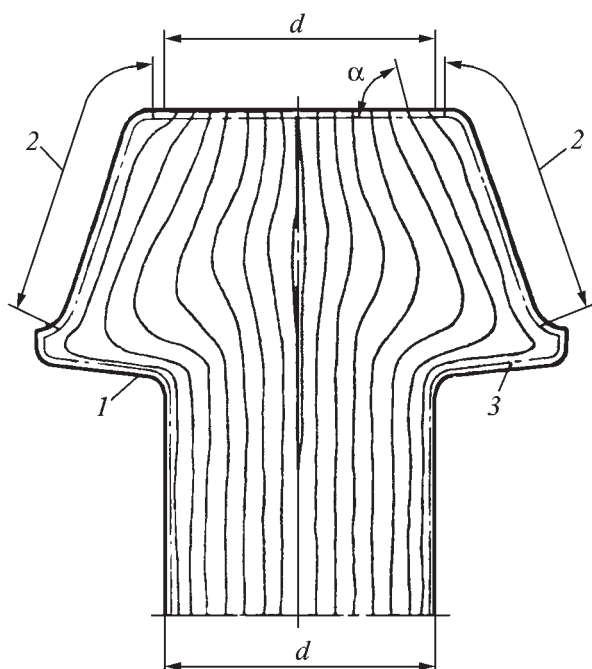


Рис. 10. Контур:

1 — поковки; 2 — рабочей детали;
3 — детали

принимать $\psi_d \leq 2,3$ (по сравнению с предельными значениями ψ_d по рис. 9). При $\gamma > 2^\circ$ высадка нежелательна.

Волокнистое строение получаемой высадкой поковки является одним из показателей ее качества. Помимо требования

симметричного расположения волокон к поковкам предъявляют также требование повторения линиями макроструктуры рабочего контура штампуемой детали. Рабочий контур детали обычно соответствует контуру высаженной поковки только частично (см. рис. 10). Расположение рабочего контура детали в верхней торцевой части поковки нежелательно на участке контура, соответствующего диаметру d заготовки, так как на этом участке линии макроструктуры наклонены к контуру детали под углом $\alpha > 0$.

Если для заготовки с высаживаемой длиной l_b и диаметром d $\psi \leq \psi_d$, то эта заготовка может быть высажена в формовочном (окончательном или предварительном) ручье с получением заданного в чертеже поковки диаметра утолщения.

Высадка на ограниченный диаметр. При $\psi > \psi_d$ утолщения на ГKM высаживают в условиях ограниченного изгиба, достигаемого ограничением диаметра высаживаемого утолщения.

Несовершенство формы и особенности волокнистого строения утолщений, высаживаемых на ограниченный диаметр, связаны с особенностями формоизменения. Наиболее часто высадку на ограниченный диаметр на ГKM проводят в конической полости пуансона (рис. 11).

Формоизменение высаживаемого в условиях ограниченного изгиба утолщения (рис. 12) в общем случае развивается в три этапа: первый этап — устойчивая осадка; второй этап — изгиб в одной плоскости; третий этап — пространственный изгиб.

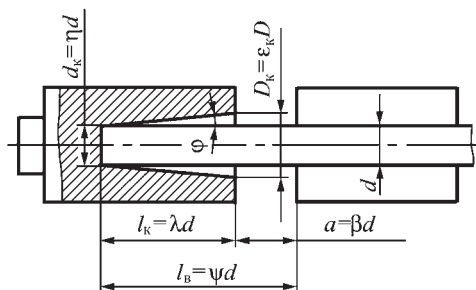


Рис. 11. Схема высадки на ограниченный диаметр в конической полости пуансона:

φ , ε_k , λ , η и β — относительные величины;
 φ — половина угла конической полости

В процессе устойчивой осадки происходит увеличение исходного диаметра заготовки и уменьшение исходной высаживаемой длины $l_b \leq \psi_d d$. Если пренебречь бочкообразностью и обозначить текущие значения диаметра d_T (см. рис. 12, а), а текущее значение высаживаемой длины l , то значение относительной высаживаемой длины $\psi_T = l/d_T$, при котором заготовка с ровным торцом теряет устойчивость, определяют из уравнения [29]

$$\psi_T = \frac{\pi}{4\nu} \sqrt{\frac{n}{\varepsilon}} = \frac{\pi}{4\nu} \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{1-K^2}}, \quad (9)$$

где ν — коэффициент приведенной длины, зависящий от условий закрепления концов высаживаемой части заготовки и при заделке с двух сторон равный 0,5; n — показатель упрочнения материала при температурно-скоростных условиях высадки, определяемый по кривым упрочнения и по формуле (8); $\varepsilon = (l_b - l)/l_b$ — степень деформации к моменту потери устойчивости; $K = d/d_T$.

Исходная относительная длина высаживаемой части заготовки ψ связана со значением ψ_T уравнением

$$\psi_T = \psi(1 - \varepsilon)\sqrt{1 - \varepsilon} \quad (10)$$

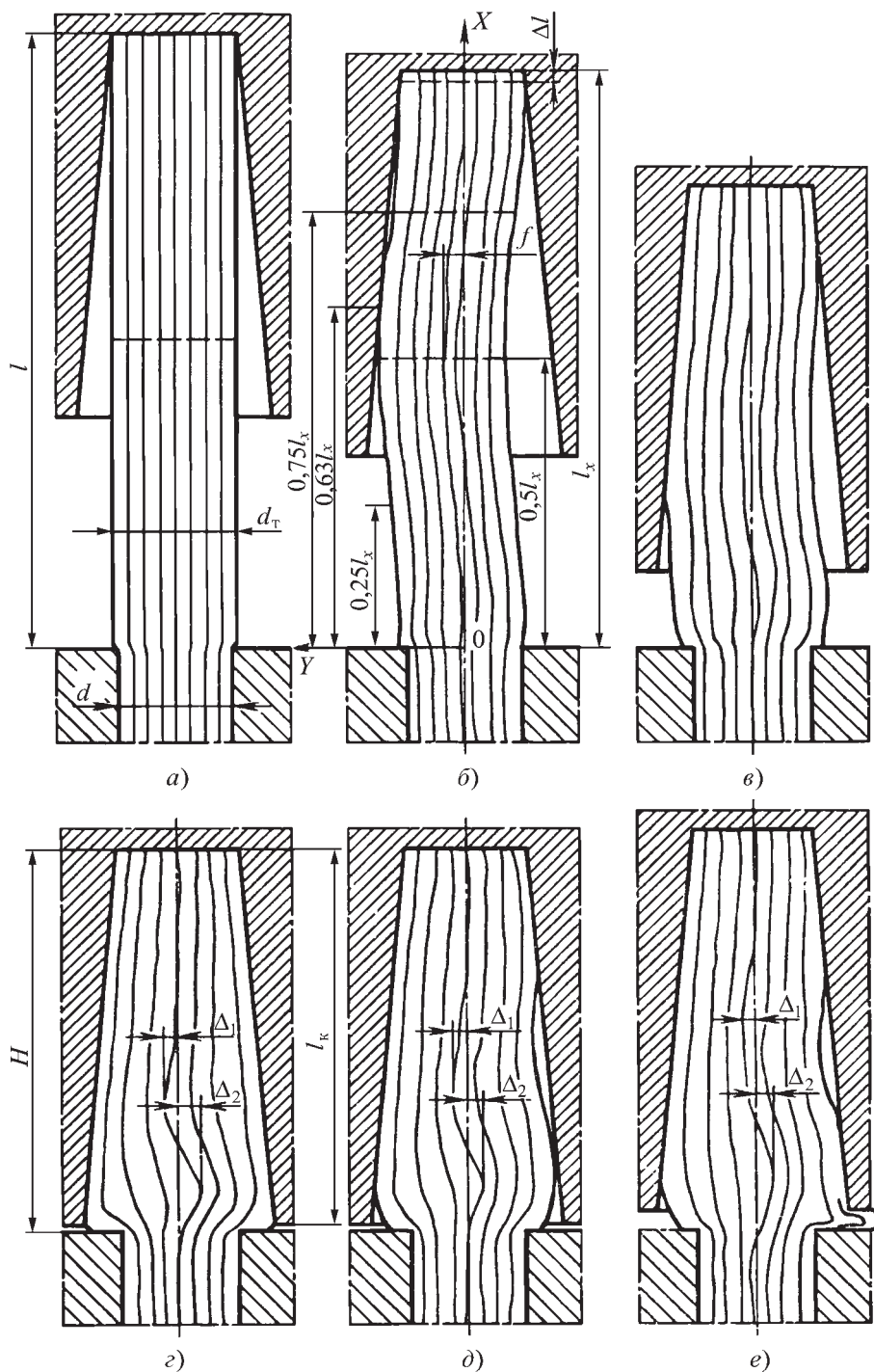


Рис. 12. Последовательность развития искажений волокнистого строения конического утолщения
 при $\psi_{кр} < \psi < \psi_{кр II}$

Уравнение (9) имеет минимум при $\varepsilon = 0,25$. Из формул (9) и (10) следует, что степень деформации, предшествующая потере устойчивости, увеличивается с увеличением показателя n и уменьшается с увеличением ψ . Если при $\varepsilon = 0,25$ заготовка не теряет устойчивость, то она будет деформироваться без изгиба и при $\varepsilon > 0,25$, т.е. при $\psi < \psi_d$ согласно формулам (6). Высадка в этом случае заканчивается на этапе устойчивой осадки.

При $\psi > \psi_d$ и при достижении согласно уравнению (9) значения ψ_T начинается второй этап формоизменения заготовки с изгибом в произвольной плоскости XOY (первая базовая плоскость) по синусоидальному закону:

$$y = \frac{f}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l_x} \right),$$

где f — максимальный прогиб (см. рис. 12, б); l_x — проекция изогнутой длины заготовки на ось X (некоторым участком заполнения конической полости к моменту потери устойчивости Δl пренебрегают).

Точки с координатами $0,25l_x$ и $0,75l_x$ являются точками перегиба, в которых направление кривизны наружного контура и волокон меняет знак. Точка с координатами $0,2\pi l_x \approx 0,63l_x$ соответствует точке начального контакта выпуклой поверхности заготовки со стенкой конической полости.

После контакта с боковой поверхностью штампа заготовка деформируется в условиях бокового подпора со стороны стенки штампа.

Если ψ не превышает некоторого критического значения, при котором начинается пространственный изгиб заготовки, то формоизменение высаживаемого утолщения заканчивается на этапе изгиба в одной плоскости. Под действием горизонтальной составляющей силы подпора горизон-

тальные сечения нижней половины высаживаемой части заготовки сдвигаются вправо, что приводит к появлению дополнительного перегиба центрального волокна в нижней части заготовки в направлении увеличения его начальной кривизны (рис. 12, в). Окончательная форма высаженного конического утолщения зависит от соотношения объема высаживаемой части заготовки V_B и полости штампа $V_{п.ш}$, а также размеров полости штампа, определяющих начальный прогиб заготовки f (см. рис. 12, б) и ход осадки, равный $l_B - l_K$, при условии, что $H \approx l_K$ (рис. 12, з).

Возможны следующие соотношения объемов:

$$1. V_B \geq V_{п.ш} \quad (11)$$

В соотношении знак неравенства соответствует штамповке с поперечным заусенцем (облоем). Размеры полости штампа выбраны так, что высаженное утолщение имеет правильную геометрическую форму (см. рис. 12, з). Соотношение (11) необходимо соблюдать при высадке в формовочном (штамповочном) ручье.

$$2. V_{п.ш} = uV_B, \quad (12)$$

где $u \geq 1,02$ — коэффициент запаса пространства полости штампа; его значение выбирают таким, чтобы не образовался заусенец (облой) при переполнении ручья вследствие колебания размеров заготовки и свободно отделялась окалина.

Этот случай соответствует обычной практике высадки в наборных (заготовительных) ручьях. Высаженному утолщению характерны отклонения от геометрически правильной формы усеченного конуса с незаполнением в средней части в плоскости изгиба и по углам в зоне большего диаметра конической полости (рис. 12, д).

При высадке в конической полости пуансона увеличение размеров полости по сравнению со случаем, когда выполняется равенство $V_B = V_{п.ш.}$, обычно осуществляют, увеличивая длину конической полости:

$$l_k = \frac{3,82uV_B}{D_k^2 + d_k^2 + D_k d_k}, \quad (13)$$

где D_k и d_k соответствуют размерам на рис. 11.

Из формулы (13) следует, что при одинаковых значениях ψ с увеличением u увеличивается l_k , уменьшается ход высадки ($a \approx l_B - l_k$). Максимальный прогиб заготовки f (см. рис. 12, б) также уменьшается, так как с увеличением l_k и при постоянных значениях D_k и d_k (см. рис. 11) угол φ уменьшается. Однако с увеличением коэффициента U и снижением интенсивности набора металла увеличиваются несовершенства формы конического утолщения, затрудняющие получение качественной поковки.

3. Объемные соотношения удовлетворяют одному из условий — (11) или (12).

Помимо отклонений от геометрически правильной формы усеченного конуса, коническое утолщение имеет односторонний поперечный заусенец (облой) (рис. 12, е). Его образование происходит в том случае, если параметры конического перехода ε_k и β (см. рис. 11) были приняты завышенными. Высаженное утолщение получают некачественным как при формовочной, так и при наборной высадке. Например, если высадку проводят в формовочном ручье, то полученное утолщение не соответствует контуру гравюры штампа (брак поковки), если же высадку осуществляют в наборном ручье, то образовавшийся заусенец может быть в дальнейшем заштам-

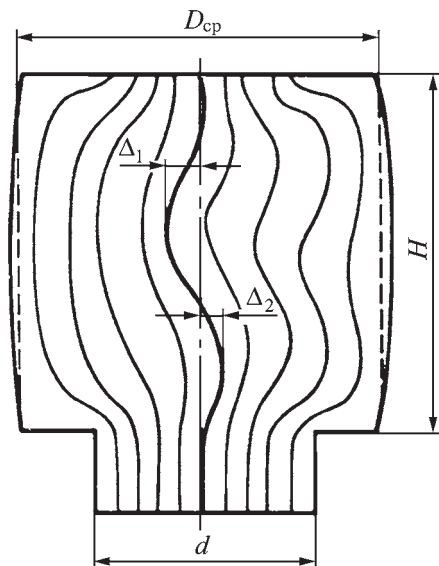


Рис. 13. Искращения волокнистого строения цилиндрического утолщения, полученного из предварительно высаженной в коническом пуансоне заготовки при $\psi_{кр} < \psi < \psi_{кр II}$

пован в поковку. Обрезка заусенца в промежуточном обрезном ручье нежелательна вследствие затрудненного центрирования конического перехода в обрезных матрицах и усложнения технологического процесса штамповки.

Если высадка заканчивается на этапе изгиба в одной плоскости (первой базовой), то отклонения от симметричности волокон в этой плоскости характеризуются смещениями Δ_1 и Δ_2 , которые для заготовки с исходными размерами l_B и d будут тем больше, чем больше начальный прогиб f (см. рис. 12, б) и ход осадки a (см. рис. 11). В плоскости, проходящей через ось X (см. рис. 12, б) перпендикулярно первой базовой плоскости (вторая базовая плоскость), а также в параллельных ей плоскостях волокнистое строение остается симметричным.

Дальнейшая высадка конических головок непосредственно на цилинд-

рическое утолщение или с повторными наборными переходами сопровождается радиальным течением металла по направлению от осевой линии к наружному контуру, что приводит к дальнейшему росту смещений Δ_1 и Δ_2 , но характер искажений волокнистого строения в первой базовой плоскости остается прежним (рис. 13).

Искажения волокнистого строения цилиндрических утолщений, высаженных с предварительными переходами, характеризуются коэффициентами относительного смещения:

максимального

$$K_{\max} = \frac{\Delta_{\max} D_{\text{cp}}}{dH} \quad (14)$$

и среднего

$$K_{\text{cp}} = \frac{\Delta_{\text{cp}} D_{\text{cp}}}{dH}, \quad (15)$$

где Δ_{\max} — наибольшее из смещений $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$; n — число смещений центрального волокна относительно центральной оси поковки; $\Delta_{\text{cp}} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n}$ —

средняя величина смещения; H — высота утолщения (см. рис. 13); $D_{\text{cp}} = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\text{в}}}{H}}$ — средний диаметр утолщения; d — исходный диаметр заготовки.

Третий этап формоизменения при высадке утолщений с ограниченным изгибом наблюдается при выполнении условия $\psi \geq \psi_{\text{кр.прост}}$, где $\psi_{\text{кр.прост}}$ — критическая относительная высаживаемая длина, соответствующая пространственному (спиралевидному) изгибу.

При высадке в конических пуансонах заготовок из высокоуглеродистых и легированных сталей $\psi_{\text{кр.прост}} \leq 5,0 \dots 5,1$. Для низко- и среднеуглеродистых сталей $\psi_{\text{кр.прост}} \leq 6,0 \dots 6,3$.

Пространственному изгибу предшествует изгиб заготовки в одной плоскости. При этом после контакта с боковой поверхностью штампа в точке с координатами $0,63l_x$ (см. рис. 12, б) заготовка осаживается на некотором участке рабочего хода пуансона с сохранением плоской формы изгиба. Величина этого участка зависит от свойств материала при температурно-скоростных условиях высадки и относительной длины $0,63l_x / d_T$ (см. рис. 12, а и б), с увеличением которой величина осадки при плоской форме изгиба уменьшается.

Пространственный изгиб начинается на участке заготовки, соответствующем $0,63l_x$ в направлении, перпендикулярном к направлению начального изгиба заготовки. Начальный и дополнительный прогибы заготовки обуславливают образование на ней спиралевидной вогнутости. При $\psi > 6 \dots 7$ (в зависимости от свойств материала заготовки) такая же вогнутость развивается и в верхней части заготовки. После контакта со стенками штампа вогнутость полностью не сглаживается, отчетливое заполнение полости штампа затруднено, а при $\psi \geq 6,8 \dots 7,3$ заполнение полости оказывается невозможным даже при штамповке с поперечным заусенцем (облоем). Поэтому формовочную штамповку при высадке с ограниченным изгибом при $\psi > 5$ проводить не рекомендуется.

При высадке в наборных ручьях спиралевидная вогнутость увеличивает опасность появления поперечного заусенца (облоя) и затрудняет формоизменение без образования зажимов на последующих переходах высадки. В связи с этим при высадке заготовок с $\psi > 7$ надежные рекомендации могут быть даны только для таких материалов, как низко- и среднеуглеродистые стали, формоизменение которых при горячей высадке приблизительно со-

ответствует формоизменению свинцовых заготовок при комнатной температуре.

Волокнистое строение утолщений, высаженных $\psi > \psi_{\text{кр.прост}}$, имеет спиралевидную направленность в соответствии с формоизменением заготовки и характеризуется искажениями симметричности в любой из меридиональных плоскостей, проходящих через центральную ось утолщения.

Таким образом, формоизменение при высадке с ограниченным изгибом в общем случае обуславливает неизбежные искажения симметричности линий макроструктуры и невозможность удовлетворения требованиям симметричности расположения волокон относительно центральной оси поковки, но при этом сохраняется возможность высадки утол-

щений с контролируемым волокнистым строением, при котором искажения симметричности волокон не превышают предельных значений, определяемых по коэффициентам K_{max} , $K_{\text{ср}}$ [формулы (14) и (15)].

Зависимости K_{max} , $K_{\text{ср}} = f(\psi)$ при $\psi \leq 7$ (рис. 14) получены экспериментально с использованием макроструктур утолщений, высаженных при условии $H \approx D_{\text{ср}}$ (см. рис. 13). Материал заготовок — алюминий АД-1, для которого в условиях высадки показатель упрочнения $n = 0,25$. Формоизменение алюминиевых заготовок примерно соответствует формоизменению при горячей высадке заготовок из высокоуглеродистых и легированных сталей.

Если при наборных переходах $u = 1...1,025$ и $\psi > \psi_{\text{кр.прост}}$, абсолютные смещения Δ_{max} и $\Delta_{\text{ср}}$ для второй базо-

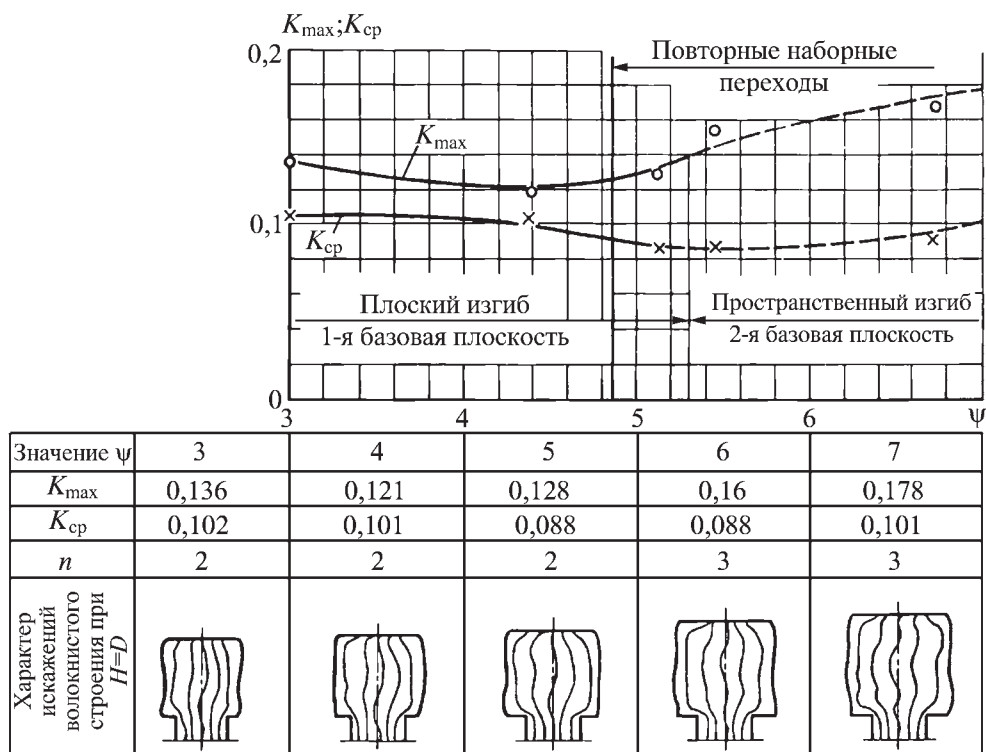
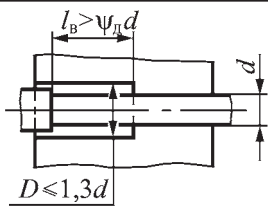
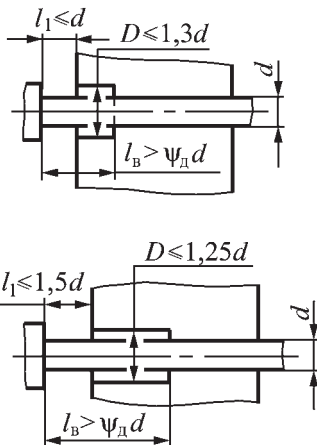
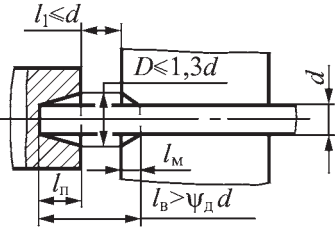
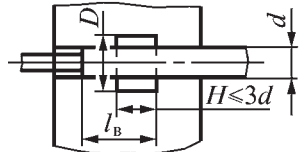


Рис. 14. Зависимость $K_{\text{max}} = f(\psi)$ и $K_{\text{ср}} = f(\psi)$ при $H = D_{\text{ср}}$

вой плоскости превышают смещения в первой базовой плоскости, поэтому на графиках рис. 14 они показаны для второй базовой плоскости. На графиках показан также участок значений ψ , на котором высадке цилиндрического утолщения предшествуют повторные наборные переходы. В таблице

10. Предельные значения диаметра утолщения и длины выступающего за пределы штампа прутка при высадке на ограниченный диаметр в матрицах и в пуансоне и матрицах

Расположение полости ручья в штампе	Предельные значения размеров	Эскиз
В матрицах	1. Диаметра D цилиндрической матрицы при высадке с $\psi > \psi_d$. При $l_b > \psi_d d$ принимают $D \leq 1,3 d$	
	2. Длины l_1 выступающей за пределы цилиндрических матриц части прутка. При $l_b > \psi_d d$ принимают: $l_1 \leq d$, если $D \leq 1,3 d$; $l_1 \leq 1,5 d$, если $D \leq 1,25 d$	
В матрицах и пуансоне	3. Выступающей за пределы конических пуансона и матриц длины l_1 прутка и глубины матриц. При $l_b > \psi_d d$ и $D \leq 1,3 d$ принимают: $l_1 \leq d$ и $l_m \leq \frac{1}{3}(l_n + l_m)$	
	При высадке прутка во внутреннюю полость диаметр утолщения D можно не ограничивать при условии $H \leq 3 d$	

(см. рис. 14) приведены экстраполированные значения K_{\max} и $K_{\text{ср}}$ при целых значениях ψ в соответствии с кривыми рис. 14.

Помимо высадки в конических пуансонах высадку на ограниченный диаметр проводят в разъемных матрицах, а также в пуансоне и матрицах. Предельные размеры диаметра утолщения и выступающей за пределы штампа длины прутка определяют по табл. 10.

Высадку в формовочном ручье на ограниченный диаметр с учетом условия (11) проводят в том случае, если $\psi > \psi_d$, а диаметр высаживаемого

в формовочном ручье утолщения $D_{\text{п}}$ меньше или равен диаметру D , определяемому по табл. 10.

При формовочной высадке в пуансоне по схеме рис. 11 ход осадки a принимают в пределах, указанных для выступающей за пределы пуансона длины l_1 прутка при высадке в цилиндрических матрицах, а максимальный диаметр пуансона — в соответствии с ограничениями для диаметра D цилиндрических матриц (см. табл. 10, п. 2).

Предварительную высадку в наборных ручьях в соответствии с условиями (12) проводят в том случае, если $\psi > \psi_d$, а диаметр $D_{\text{п}}$ высаживаемого в

11. Предельные значения размеров утолщений и хода высадки в конических наборных ручьях

Высадка	Предельные значения	Эскиз
Начальная	1. Если $l_b > \psi_d d$, $D_k \leq 1,5d$ и $d_k \approx d + 0,05d$, то $a \leq 2d$	
	2. Если $l_b > \psi_d d$, $D_k \leq 1,25d$ и $d_k \approx d + 0,05d$, то $a \leq 2,5d$	
	3. Если $l_b > 10d$, $D_k \leq 1,25d$ и $d_k \approx d + 0,05d$, то $a \leq 2,5d$, а пуансон выполняют с цилиндрической частью на длине $l_b - 10d$	
	4. Если $l_b > \psi_d d$, а набор в коническом пуансоне, имеющем керн, то $d_k > 1,1d$	

Окончание табл. 11

Высадка	Предельные значения	Эскиз
Повторная	<p>5. Если длина утолщения, высаженного в предыдущем $(n - 1)$-м переходе, $l_{к(n-1)} > \psi d_{с(n-1)}$, а $D_{кн} \leq 1,5d_{с(n-1)}$ и $d_{кн} = d_{к(n-1)}[(1,03...1,05) + (0,03...0,05)(n - 1)]$, то $a_n \leq 2d_{с(n-1)}$, где $n = 2, 3, ..., (n - 1)$; n — номер наборного перехода;</p> $d_{с(n-1)} = \frac{D_{к(n-1)} + d_{к(n-1)}}{2}.$ <p>В формуле для $d_{кн}$ предпочтительнее принимать меньшие значения указанных коэффициентов, т.е. 1,03 и 0,03</p>	

формовочном ручье утолщения больше диаметра D или $D_{кн}$, определяемого по табл. 10 и 11.

Коэффициент запаса пространства полости штампа u выбирают с учетом следующих рекомендаций:

1) при отклонении размеров поперечного сечения поступающего на высадку прутка на 5...7,5 % от номинальных, а также при осуществлении мер, уменьшающих колебания температуры начала высадки, окалинообразование, износ рабочей полости пуансонов, при жестких упорах и соответствующем выборе перехода δ_2 пуансонов до переднего крайнего положения (см. табл. 24) для первого перехода:

$$u = 1,04...1,06; \tag{16}$$

2) при повышении точности размеров поперечного сечения горячекатаного проката (например, при использовании прутков, сортированных по партиям с отклонением размеров сечения исходного проката от номинального в пределах до 2 %)

$$u = 1,02...1,04 \tag{17}$$

Меньшие значения коэффициента u в рекомендациях (16) и (17) соответствуют исходным заготовкам с $d \leq 20...30$ мм.

12. Значения коэффициента u

Номер перехода	Исходный диаметр, мм			
	До 20	Св. 20 до 40	Св. 40 до 60	Св. 60 до 80
1	1,07	1,09	1,11	1,13
2	1,05	1,06	1,08	1,09
3	1,04	1,05	1,07	1,08
4	1,03	1,04	1,05	1,08
5 и более	1,02	1,03	1,04	1,08

На последующих наборных переходах коэффициент u уменьшают с учетом объема окалины, отделяемой на первом переходе, или оставляют в указанных пределах, если окалина отделяется перед высадкой (например, в случае применения гидроочистки нагретой заготовки).

При использовании исходного проката с отклонением размеров поперечного сечения более 7,5 % от номинального и при высадке заготовок с относительной высаживаемой длиной $\psi > 7$, коэффициент u выбирают по табл. 12.

Определение размеров полости наборной части ручьев выполняют по следующей методике:

— по чертежу поковки устанавливают примерную форму переходов и диаметр исходной заготовки;

— используя указанные в расчете высадки на ограниченный диаметр положения, устанавливают размеры полости наборной части ручья (конической в пуансоне, цилиндрической в разъемных матрицах или сложной формы, располагаемой в пуансоне, в матрицах или одновременно в пуансоне и матрицах).

Набор металла в конической полости пуансона. Размеры полости (см. рис. 11) определяют следующим образом.

1. При относительной длине высаживаемой части заготовки $\psi \leq 7,0$ и угле скоса торца $\gamma < 2^\circ$ возможна посадка на конус с контролируемым волокнистым строением получаемых в формовочном переходе утолщений. По графикам рис. 14 в зависимости от ψ находят коэффициенты K_{\max} и $K_{\text{ср}}$, значения корректируют, если $D_{\text{ср}}$ не равняется H , по формулам:

$$K_{\max(D_{\text{ср}} \neq H)} = K_{\max(D_{\text{ср}} = H)} \frac{D_{\text{ср}}}{H};$$

$$K_{\text{ср}(D_{\text{ср}} \neq H)} = K_{\text{ср}(D_{\text{ср}} = H)} \frac{D_{\text{ср}}}{H},$$

где $D_{\text{ср}} = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\text{в}}}{H}}$ — по чертежу высаженного в формовочном переходе утолщения; примерные значения максимального и среднего смещений Δ_{\max} и $\Delta_{\text{ср}}$ (см. рис. 13) — по формулам (14), (15) и известным K_{\max} , $K_{\text{ср}}$, $D_{\text{ср}}$, d и H . Приблизительное число смещений центрального волокна относительно центральной оси поковки n определяют по таблице на рис. 14, используя приведенные схемы, характеризующие искажение волокнистого строения высаженных утолщений.

Размеры конической полости первого наборного перехода определяют из расчетного конуса, у которого диаметр меньшего основания $d_{\text{р}} = d$, диа-

метр большего основания $D_{\text{р}} = \varepsilon_{\text{р}} d$, где

$$\varepsilon_{\text{р}} = 1,81 - 0,0665\psi \quad (18)$$

Исполнительные размеры конуса:

— диаметр меньшего основания $d_{\text{к}} = \eta d$, где $\eta = 1,0 \dots 1,05$;

— диаметр большего основания $D_{\text{к}} = \varepsilon_{\text{к}}$, где $\varepsilon_{\text{к}} = \sqrt{(\varepsilon_{\text{р}}^2 + \varepsilon_{\text{р}} + 1) - 0,75\eta^2} - 0,5\eta$;

— длина конической полости определяется по формуле (13), а коэффициент u — по рекомендациям (16), (17) и табл. 12.

Переходы 2, 3, ..., n -й необходимы, если $\psi_n > \psi_{\text{д}}$, где

$$\psi_n = \frac{l_{\text{к}(n-1)}}{d_{\text{с}(n-1)}}, \quad d_{\text{с}(n-1)} = \frac{D_{\text{к}(n-1)} + d_{\text{к}(n-1)}}{2} -$$

средний диаметр, а $l_{\text{к}(n-1)}$ — длина конической полости в предыдущем переходе. С учетом выравнивания торца исходной заготовки на последующих переходах принимают $\psi_n = 2,5 \dots 2,6$.

Диаметр меньшего основания $d_{\text{к}n} = d_{\text{к}(n-1)} [(1,03 \dots 1,05) + (0,03 \dots 0,05) \times (n - 1)]$, где значения коэффициентов 1,05 и 0,05 принимают: при необходимости получения высаженной части с минимальной конусностью; если при таких значениях коэффициента устраняется дополнительный наборный переход. Диаметр большего основания $D_{\text{к}n} = \varepsilon_{\text{к}n} d_{\text{с}(n-1)}$, где $\varepsilon_{\text{к}n} = 1,81 - 0,665\psi_n$.

Длина конической полости

$$l_{\text{к}n} = \frac{3,82uV_{\text{в}}}{D_{\text{к}n}^2 + d_{\text{к}n}^2 + D_{\text{к}n}d_{\text{к}n}}.$$

Значения коэффициента u определяют по тем же рекомендациям, что и для первого перехода.

2. При относительной длине $\psi \leq 4,5$ и угле скоса торца $\gamma = 2 \dots 6^\circ$ размеры конуса определяют на основе расчет-

ного конуса, в котором при прочих величинах, соответствующих п. 1, принимают $\varepsilon_p = 1,5$.

3. При относительной длине $4,5 < \psi \leq 7,0$ и угле скоса торца $\gamma = 2...6^\circ$ размеры конической полости определяют в соответствии с п. 1.

4. При относительной длине $\psi > 7,0$ высадку высокоуглеродистых и легированных сталей не проводят; диаметр прутка увеличивают. Для мало- и среднеуглеродистых сталей высадка на конус возможна при $\psi > 7,0$.

Размеры конической полости первого наборного перехода определяют на основе расчетного конуса, для которого диаметр меньшего основания $d_p = d$, диаметр большего основания $D_p = \varepsilon_p d$, где

$$\varepsilon_p = 1,83 - 0,0626\psi \geq 1,25 \quad (19)$$

Исполнительные размеры конуса:

— диаметр меньшего основания $d_k = \eta d$, где $\eta = 1,0...1,05$;

— диаметр большего основания $D_k = \varepsilon_k d$, где $\varepsilon_k = \sqrt{(\varepsilon_p^2 + \varepsilon_p + 1) - 0,75\eta^2} - 0,5\eta \geq 1,25$;

— длину конической полости определяют по формуле (13); значение коэффициента u — по табл. 12.

Переходы 2, 3, ..., n -й проводят в том случае, если $\psi_n > 2,6$:

$$\psi_n = \frac{l_{k(n-1)}}{d_{c(n-1)}},$$

где $l_{k(n-1)}$ — длина конической полости в предыдущем переходе; $d_{c(n-1)} = 0,5(D_{k(n-1)} + d_k)$ — средний диаметр.

Диаметр меньшего основания на последующих переходах принимают постоянным и равным $d_{\text{св}}$ первого перехода. Допускается увеличение меньшего диаметра последнего (n -го) перехода, предшествующего формовочному, при необходимости полу-

чить высаженную часть с минимальной конусностью или в том случае, когда увеличение диаметра позволяет устранить дополнительный наборный переход, в соответствии с формулой $d_{kn} = \eta_n d_k$, где $\eta_n \leq 1,05 + 0,05(n-1)$.

Диаметр большего основания

$$D_{kn} = \varepsilon_{kn} d_{c(n-1)}$$

при $\varepsilon_{kn} = 1,83 - 0,0626\psi_n \geq 1,25$.

Длина конической полости

$$l_{kn} = \frac{3,82uV_B}{D_{kn}^2 + d_k^2 + D_{kn}d_k},$$

где значения коэффициента u принимают по табл. 12.

Если меньший диаметр увеличивают на последнем наборном переходе, то l_{kn} определяют по формуле, приведенной в п. 1.

Набор металла в цилиндрической полости в разъемных матрицах. При $\psi > \psi_d$ высадку в разъемных матрицах на цилиндр проводят по схемам, приведенным на эскизах к табл. 10. Для первого и последующих переходов диаметр цилиндрической высадки:

$$D_1 = \varepsilon_{\text{ц}} d;$$

$$D_2 = \varepsilon_{\text{ц}} D_1;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$D_n = \varepsilon_{\text{ц}} D_{n-1}.$$

При расчете каждого последующего цилиндрического набора исходными являются размеры предыдущего набора при

$$\varepsilon_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_p + 1}{3}} \leq 1,3,$$

где ε_p определяют по формуле (18). При высадке мало- и среднеуглеродистых сталей ε_p может быть определено по формуле (19). При этом принима-

ют, что пруток (или предварительная высадка) выступает за пределы матрицы на $l_1 \leq d$ (соответственно, $l_n \leq D_{n-1}$) или не выходит за пределы матрицы (внутренний упор или задний упор).

Длина цилиндрической высадки

$$l_{\text{шн}} = \frac{uV_B}{\pi D_n / 4}, \quad (20)$$

где коэффициент u определяют по формулам (16), (17) и табл. 12. При

$\psi = \frac{l_{\text{шн}}}{D_n} \leq \psi_d$ следующего наборного

перехода $(n + 1)$ -го не требуется и данный переход $(n$ -й) может быть подвергнут высадке в формовочном ручье. При $\psi_d > \frac{l_{\text{шн}}}{D_n}$ определяют раз-

меры следующего $(n + 1)$ -го перехода, а также допустимость высадки цилиндрического набора в окончательную

форму диаметром $D_{\text{ср}} = 1,13 \sqrt{\frac{V_B}{H_{\text{п}}}}$, где

$H_{\text{п}}$ — высота поковки, по условию

$$\frac{D_{\text{ср}}}{D_{(n+1)}} \leq (1 \dots 1,05).$$

Если это условие не выполняется, то набор $(n + 1)$ -й необходим.

Набор металла в полости сложной формы, расположенной в пуансоне, матрицах или в пуансоне и матрицах. При $\psi > \psi_d$ размеры наборной полости сложной формы определяют по наборному конусу (рис. 15, а) или наборному цилиндру (рис. 15, б). При этом необходимо:

— определить длину l_k конуса (рис. 15, а) по формуле (13) или длину цилиндра $l_{\text{ц}}$ (рис. 15, б) по формуле (20);

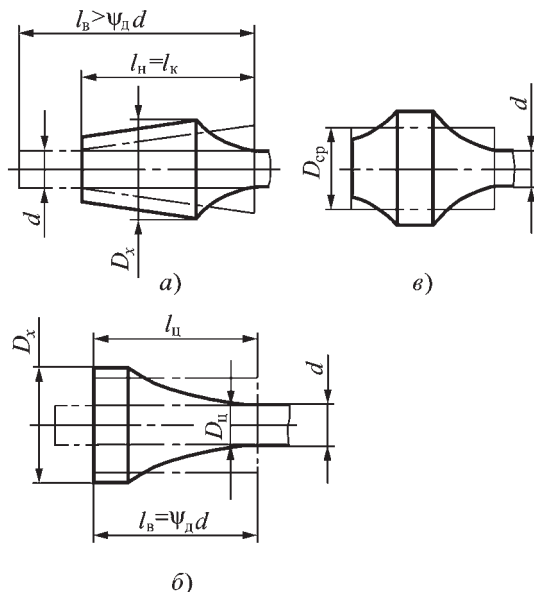


Рис. 15. Набор металла в полости сложной формы

— на этой длине построить исконую фигуру, объем которой равен расчетному объему uV_B ; обычно составляют уравнение, по которому рассчитывают максимальный диаметр D_x .

Допустимость высадки данного набора $(n$ -го) в окончательном формовочном ручье со средним диаметром $D_{\text{ср}}$ (рис. 15, в) проверяют по условию

$$\frac{D_{\text{ср}}}{D_{\text{ц}(n+1)}} \leq 1 \dots 1,05, \text{ где } D_{\text{ц}(n+1)} \text{ — диаметр}$$

наборного цилиндра, который требовалось бы высадить в $(n + 1)$ -м переходе.

Штамповка поковок I группы. При выборе варианта штамповки необходимо определить:

— диаметр заготовки по диаметру стержня поковки и техническим условиям;

— тип заготовки (мерная или прутковая);

— вариант штамповки и тип окончательного формовочного ручья, т.е. будет ли штамповка проводиться в закрытом ручье (без облоя) или в открытом ручье с облоем.

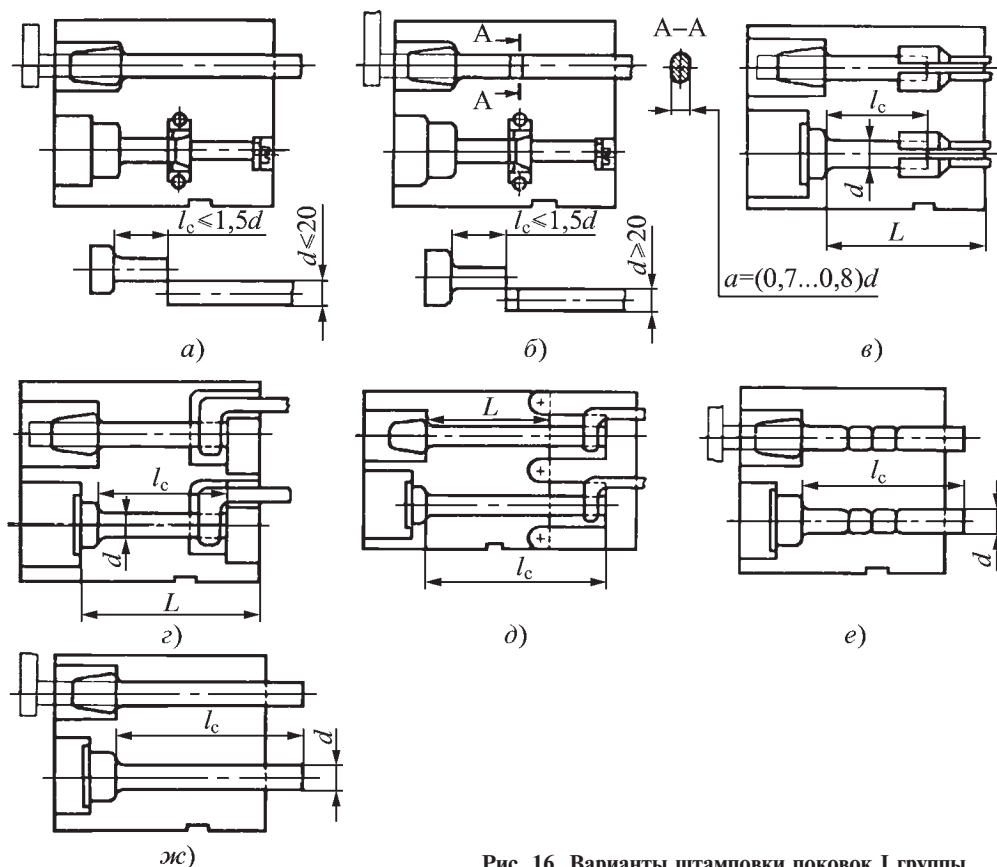


Рис. 16. Варианты штамповки поковок I группы

Штамповку проводят по одному из следующих вариантов (рис. 16):

а — от переднего упора с отделением поковки от прутка сдвигом ее при ходе подвижной матрицы (при $d \leq 20$ мм и $l_c \leq 1,5d$);

б — от переднего упора с отделением поковки от прутка сдвигом ее после пережима прутка (при $d > 20$ мм и $l_c \leq 1,5d$);

в — из штучной (мерной) заготовки с применением упора — клещей (при $l_c < L$);

г и *д* — из штучной заготовки от заднего упора, расположенного в штампе (матрице), или от заднего упора, прикрепленного к штампу или станине машины, в зависимости от длины стержня поковки l_c и матрицы L ;

е и *ж* — из штучной заготовки от переднего упора с применением соответственно рифленного и гладкого зажимного ручья.

При штамповке из штучной заготовки предпочтительно применение вариантов *в*–*д*, так как эти варианты обеспечивают получение стержня с жесткими допусками по длине.

Варианты *е* и *ж* не обеспечивают точной длины стержня; кроме того, при штамповке по варианту *е* на стержне остаются следы от канавок зажимного ручья. Поэтому применять их рекомендуется преимущественно для получения промежуточных заготовок, предназначенных для последующей штамповки на молоте или прессе.

Пределы применения вариантов штамповки указаны в диаграмме на рис. 17, где d — диаметр прутковой заготовки (стержня), мм; l_c — длина стержня поковки, мм.

Окончательные формовочные ручки при штамповке высадкой различают: по способу разъема — открытый и закрытый; по расположению полости ручки в штампе — в матрицах, пуансоне, пуансоне и матрицах. Закрытый ручей в матрицах (табл. 13, А) обычно используют в сочетании с передним упором при штамповке от прутка. Это позволяет регулировать высаживаемую длину таким образом, чтобы исключить или свести к минимуму образование торцового заусенца толщиной s . В ряде случаев возможно применение закрытого формовочного ручья со скользящим или подпружиненным пуансоном (табл. 13, Б).

При штамповке в открытых формовочных ручьях в плоскости разъема матрицы и пуансона образуется поперечный заусенец толщиной s_1 . При изготовлении поковок сложной формы расположение открытого ручья в пуансоне (табл. 13, В) позволяет предотвратить образование на по-

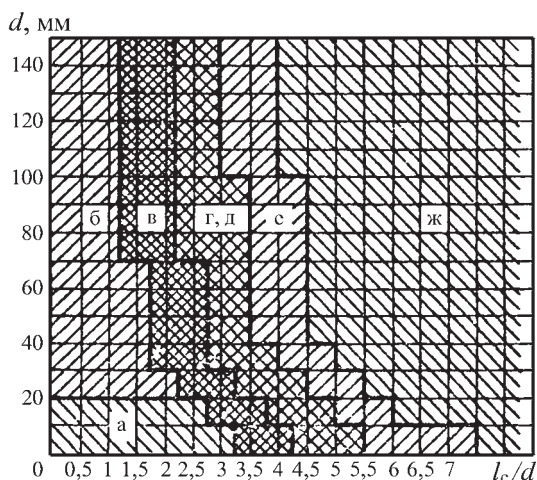
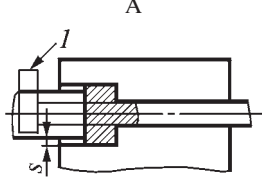
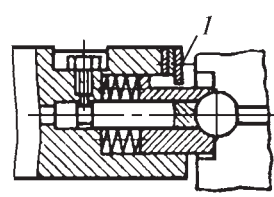


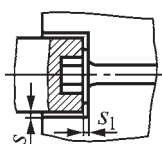
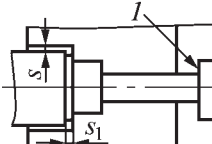
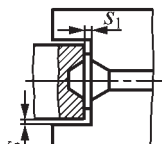
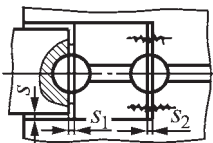
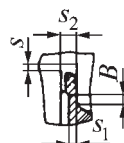
Рис. 17. Диаграмма пределов применения вариантов штамповки поковок типа стержня с утолщением (варианты см. на рис. 16)

ковке трудноудаляемого продольного заусенца, который может образоваться при расположении ручья в матрицах (табл. 13, Г).

Размещение открытого ручья в пуансоне и матрицах (табл. 13, Д) определяется особенностями конфигурации поковки и возможностью центрирования утолщения при обрезке заусенца. Использование скользящих матриц (табл. 13, Е) позволяет получать утолщения в средней части поковки.

13. Окончательные штамповочные ручки при штамповке высадкой

Разъем	Расположение полости ручья	
Закрытый	<p style="text-align: center;">А</p>  <p>В матрицах; I — передний упор</p>	<p style="text-align: center;">Б</p>  <p>В пуансоне и матрицах или только в пуансоне при использовании скользящего (подпружиненного) пуансона; I — регулировка, допускающая открытый разъем</p>

Разъем	Расположение полости ручья		
Открытый	 В пуансоне	 В матрице; l — задний упор	 В матрицах и пуансоне
	 Со скользящими матрицами	 В открытых формовочных ручьях возможно использование облойной канавки с магазином аналогично штампам КГШП	

Штамповка поковок II группы. Высадка колец. Кольцами условно называют поковки со сквозным отверстием и отношением $H/D \leq 0,7$. Штамповку колец проводят в ручье, расположенном в пуансоне или в матрицах (рис. 18).

В поковках, изготовленных в пуансоне, отсутствуют дефекты, свойственные поковкам, изготовленным в матрицах (эллиптичность наружного диаметра, смещение и др.). Для штамповки колец без облоя применяют калиброванные прутки по ГОСТ 7417–75.

Объем V_{ϕ} формовочного перехода (рис. 19):
при штамповке без облоя

$$V_{\phi} = (V_{\text{ц}} - V_{\text{нм}}) \frac{100 + \delta}{100}; \quad (21)$$

при штамповке с облоем

$$V_{\phi} = (V_{\text{ц}} + V_{\text{о}} - V_{\text{нм}}) \frac{100 + \delta}{100} \quad (22)$$

В формулах $V_{\text{ц}}$ — объем поковки кольца с учетом объема наметки

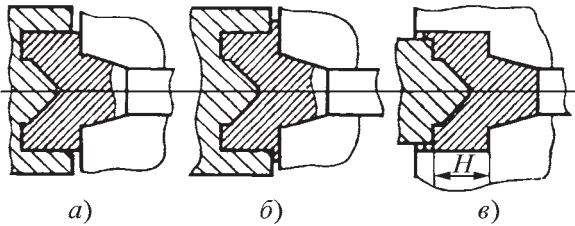


Рис. 18. Штамповка колец:
a — в пуансоне без заусенца; б — в пуансоне с заусенцем; в — в матрицах

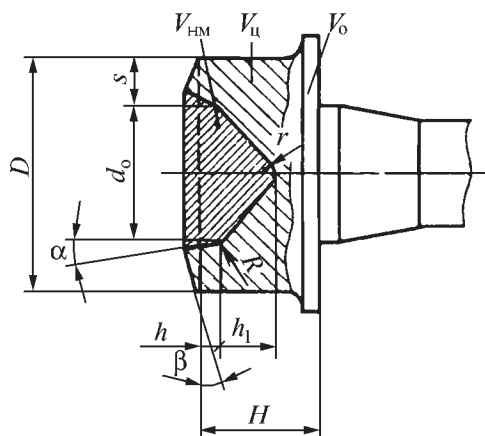


Рис. 19. Схема для расчета объема формовочного перехода (α — штамповочный уклон, $\alpha \leq 1^\circ$, β — уклон, компенсирующий возможную утяжку при прошивке отверстия в поковке)

V_{HM} (размеры наметок см. в табл. 14); V_0 — объем облоя (см. табл. 9); δ — угар. В табл. 14 приведены размеры угла, компенсирующего возможную утяжку при прошивке отверстия в поковке.

Наметки, применяемые при штамповке поковок из стали ШХ15, ШХ9, ШХ6, ШХ5СГ, приведены в табл. 15.

Диаметр исходной заготовки предварительно выбирают по формуле

$$d \leq 0,98d_0 \quad (23)$$

(d_0 — диаметр отверстия поковки) и округляют значение диаметра прутка до ближайшего меньшего по ГОСТ 2590–88 (штамповка с заусенцем) или ГОСТ 7417–75 (штамповка без заусенца). Далее опреде-

14. Размеры наметок и углов β при формовке в пуансоне и матрице

Условия применения		Эскиз	Основные расчетные параметры при деформации	
s/d_0	H/D		в пуансоне	в матрице
До 0,3	До 0,4	<p>$R \leq 0,2d_0$; $r = 0,1d_0$</p>	$h = (0,15 \dots 0,25)d_0$; $h_1 = (0,25 \dots 0,45)d_0$; $\beta = 2 \dots 4^\circ$	$h = (0,40 \dots 0,50)d_0$; $h_1 = (0,15 \dots 0,18)d_0$
	Св. 0,4 до 0,7		$h = (0,12 \dots 0,20)d_0$; $h_1 = (0,45 \dots 0,60)d_0$; $\beta = 2 \dots 4^\circ$	$h = (0,30 \dots 0,40)d_0$; $h_1 = (0,18 \dots 0,25)d_0$
Св. 0,3 до 0,5	До 0,4		$h = (0,10 \dots 0,15)d_0$; $h_1 = (0,45 \dots 0,55)d_0$; $\beta < 2^\circ$	$h = (0,30 \dots 0,40)d_0$; $h_1 = (0,18 \dots 0,20)d_0$
	Св. 0,4 до 0,7		$h = (0,08 \dots 0,12)d_0$; $h_1 = (0,50 \dots 0,60)d_0$; $\beta < 2^\circ$	$h = (0,25 \dots 0,35)d_0$; $h_1 = (0,25 \dots 0,50)d_0$
Св. 0,5	До 0,4	<p>$R = (0,2 \dots 0,3)d_0$; $r = 3 \dots 5 \text{ мм}$</p>	$h = (0,05 \dots 0,10)d_0$; $h_1 = (0,55 \dots 0,60)d_0$	$h = (0,20 \dots 0,30)d_0$; $h_1 = 0,45d_0$
	Св. 0,4 до 0,7		$h = (0,04 \dots 0,08)d_0$; $h_1 = (0,60 \dots 1,00)d_0$	$h = (0,15 \dots 0,25)d_0$; $h_1 = (0,5 \dots 0,8)d_0$

15. Основные параметры наметок при формовке в пуансоне поковок колец подшипников

Наметка	Эскиз	Основные расчетные параметры
Обычно применяемая при формовке в пуансоне		$h = (0,5...1,0) H$; $r = 3 \text{ мм}$; $r_1 = 2 \text{ мм}$; $\beta \leq 4^\circ$
При прошивке высоких и толстостенных поковок		$h = (0,5...0,65) H$; $R = (0,8...0,9) h$; α_1 и α_2 — конструктивно; r, r_1, β — как и при формовке в пуансоне
При формовке в матрице		$h = (0,4...0,5) H$; $R = 0,4h$; $\alpha_1 = 6^\circ$ $\alpha_2 = 2...3^\circ$; $\beta \leq 4^\circ$

ляют длину высаживаемой части заготовки

$$l_B = \frac{4V_{\Phi}}{3,14d^2}, \quad (24)$$

где V_{Φ} — объем формовочного перехода по формуле (21) или (22).

Число переходов штамповки, соответствующее найденным значениям d и l_B , уточняют исходя из следующих условий:

1) высадку с качественным заполнением формовочного ручья можно выполнить за один переход при штамповке:

— в ручье, расположенном в пуансоне без облоя, если $0,9 \leq \frac{l_B}{d} < 1,5$;

— в ручье, расположенном в пуансоне с облоем (заусенцем) если $1,5 \leq \frac{l_B}{d} < 1,7$;

— в закрытом ручье, расположенном в матрицах без облоя, если $\frac{l_B}{d} < 1,4$;

— в открытом ручье, расположенном в матрицах с поперечным облоем (рекомендуется применять в исключительных случаях), если $1,4 \leq \frac{l_B}{d} \leq 1,6$;

2) высадку за два перехода проводят при штамповке:

— в ручьях, расположенных в пуансоне, если $1,7 \leq \frac{l_B}{d} \leq 3,0$;

— в ручьях, расположенных в матрицах, если $1,5 \leq \frac{l_B}{d} \leq 3,0$.

Для случая, когда расчетное значение отношения $\frac{l_B}{d}$ не удовлетворяет

этим неравенствам, но близко по значению к максимальному пределу, диаметр прутка увеличивают с таким расчетом, чтобы он не превышал пробиваемого отверстия поковки более чем на 5 мм. Если необходимо большее увеличение диаметра $d > d_0$, то штамповку проводят с пережимом

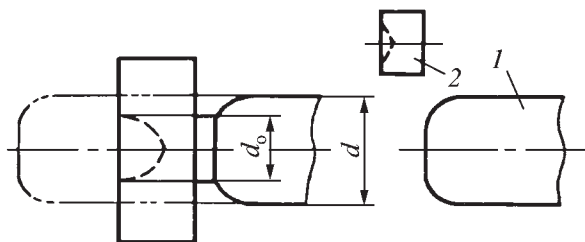


Рис. 20. Отделение «высечки» при штамповке с пережимом:

1 — пруток; 2 — высечка

прутка. Особенности этого варианта штамповки:

- возможен только при наличии наборного перехода;

- требуется более длительная и тщательная наладка инструмента по сравнению с другими вариантами (штамповка без пережима или с подъемом прутка) во избежание зажимов на поковках, а при $d/d_0 \sim 1,2$ необходим дополнительный переход — отделение отхода («высечки») от прутка в специальном ручье (рис. 20);

- необходимость отрезки отхода затрудняет механизацию и автоматизацию процесса штамповки;

- с увеличением диаметра прутка d увеличивается масса отходов на зажимные концы и ухудшаются условия пережима до размера диаметра отверстия d_0 : при $d/d_0 < 1,8$ пережим проводят за два перехода; при $1,8 < d/d_0 < 2,2$ — за три; при $d/d_0 \sim 2,2$ пережим проводить не рекомендуется.

При $l_B/d \sim 0,9$ и штамповке в пуансоне не всегда удается достичь отчетливого заполнения формующей полости, а также избежать образования кольцевого облоя. Поэтому диаметр прутка уменьшают, а штамповку проводят с его увеличением у заднего торца поковки ($d < d_0$) (см. рис. 18). При штамповке по этому варианту обычно принимают $d \leq 1,1d_0$.

Преимущества варианта: прошивка проходит легко и без каких-либо де-

фектов; легко также подобрать по сортаменту прутки с диаметром, ближайшим меньшим к диаметру отверстия кольца. Этот вариант используют также при подборе диаметра прутка при высадке в ручье, расположенном в матрицах, если необходимо увеличить высаживаемую длину прутка l_B настолько, чтобы прутки на 5...10 мм выступали за переднюю поверхность

матриц и обеспечивали этим применение переднего упора. Диаметр прутка, предварительно рассчитанный по формуле (23), уточняют, используя зависимость:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4V_{\Phi}}{3,14l_B}}. \quad (25)$$

Если корректирование проводят по требуемому значению отношения l_B/d , то используют зависимость

$$d = \sqrt[3]{\frac{4V_{\Phi}}{3,14 \frac{l_B}{d}}}. \quad (26)$$

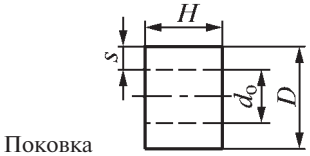
Фактический диаметр прутка устанавливают в соответствии с ГОСТом.

При высадке колец и втулок в матрице может быть применен внутренний передний упор, что позволяет в ряде случаев упростить технологический процесс заготовки относительно большего диаметра и меньшей длины.

Объем наборного перехода определяют по формуле (12), его размеры — по табл. 16. Набор проводят преимущественно в пуансоне. Более одного наборного перехода обычно не применяют, что соответствует отношению $l_B/d \leq 2,5$.

Высадка втулок. К втулкам условно относят поковки со сквозным от-

16. Наборные и формовочные переходы при штамповке поковок колец



$\frac{s}{d_0}$	Наборный переход		Формовочный переход*
	Эскиз	Формулы для определения размеров поковки	
До 0,3		$s_k \geq s_1$; $D_k = D_1 - (2...5)\text{мм}$; $d_k = D_{\text{под}} + (1...2)\text{мм}$; $\gamma_k = \gamma$; H_k — из условия: $V_n = UV_{\phi}$, но не более H_1	
Св. 0,3 до 0,5		s_k и H_k — как указано выше; $D_k = D_1 - (1...3)\text{мм}$; $d_k = d + (1...3)\text{мм}$	
Св. 0,5		s_k и H_k — как указано выше; $D_k = D_1$; $d_k = d - (1...3)\text{мм}$	

* Построение перехода выполняют по данным табл. 14. Размеры s_1 , H_1 и D_1 соответствуют размерам s , H , D с учетом усадки.

вертием и отношением высоты поковки к наружному диаметру $H / D > 0,7$. Формовочные переходы проводят в ручье, расположенном в матрицах.

Объем окончательного формовочного перехода определяют по формуле (21). Формулу (22) используют при штамповке с поперечным заусенцем поковок с жестким допуском по высоте H при условии, что высота матриц позволяет разместить такой ручей.

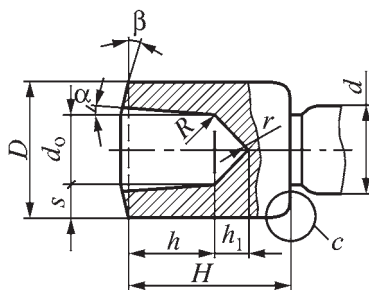
При конструировании окончательного формовочного перехода следует исходить из того, что толщина пробиваемой части поковки, как правило, не должна превышать диаметра прошиваемого отверстия. Рекомендуемые размеры прошиваемой наметки в зависимости от отношения высоты втулки

к диаметру отверстия d_0 приведены в табл. 17. Общая глубина прошивки в окончательном формовочном переходе равна $h + h_1$, где h — глубина прошитого участка с полностью оформленным отверстием; h_1 — глубина наметки под последующую пробивку. Число n прошивных переходов без учета операции формирования наметки в наборном переходе зависит от общей относительной глубины прошивки в окончательном формовочном переходе $(h + h_1) / d_0$ и может быть определено по табл. 18.

При ступенчатой форме внутренних поверхностей каждый участок рассматривают отдельно в зависимости от его длины и диаметра.

При проектировании наборных или предварительных переходов, а также

17. Размеры прошиваемой наметки



$\frac{H}{d_0}$	h	h_1	R	r	α, \dots°	β, \dots°		
						$s > 0,5d_0$	$s = (0,3\dots 0,5)d_0$	$s < 0,3d_0$
До 1,5	$(0,5\dots 0,8)d_0$	$(0,2\dots 0,3)d_0$	$0,3 d_0$		0,5		1	2
Св. 1,5 до 2	$(0,8\dots 1,2)d_0$	$(0,3\dots 0,4)d_0$	$(0,4\dots 0,5)d_0$	$0,1d_0$	1	0		
Св. 2 до 3	$(1,2\dots 1,6)d_0$	$(0,4\dots 0,5)d_0$	$(0,5\dots 0,8)d_0$		$1,0\dots 1,5$		0	0
Св. 3	Св. $1,6d_0$	Св. $0,5 d_0$	d_0		$1,5\dots 2,0$			

Примечания: 1. Если в наборных ручьях плохо заполняется угол C , табличные значения параметров h , h_1 и R следует изменить.

2. Значение h можно увеличить до 1,3 табличного значения, а параметры h_1 и R соответственно уменьшить.

18. Рекомендуемое число прошивных переходов n и глубина прошивки (по А. В. Ребельскому)

$\frac{h+h_1}{d_0}$	n	Часть окончательной глубины h , прошиваемая на переходе			
		I	II	III	IV
До 1	1		—	—	—
Св. 1 до 2	2	$(0,1\dots 0,2) h$	h	—	—
Св. 2 до 3	2	$(0,2\dots 0,4) h$	h	—	—
Св. 3 до 4	3	$(0,1\dots 0,25) h$	$(0,5\dots 0,6) h$	h	—
Св. 4 до 5	3	$(0,1\dots 0,25) h$	$(0,6\dots 0,7) h$	h	—
Св. 5 до 6	4	$(0,1\dots 0,25) h$	$(0,4\dots 0,5) h$	$(0,7\dots 0,75) h$	h

при выборе диаметра исходной заготовки необходимо учесть следующие положения:

1) прошивку следует проводить за счет радиальной раздачи металла; при образовании полости выдавливание металла навстречу движению пуансона должно быть минимальным;

2) предварительный переход, из которого может быть получен окончательный формовочный переход, при условии, что прошивку осуществляют только за счет радиальной раздачи металла, выявляют построением расчетной заготовки (рис. 21, штрихпунктирная линия), в любом характерном поперечном сечении диаметр расчетной

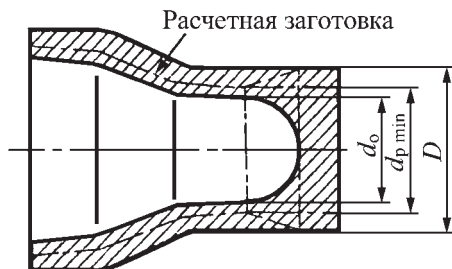


Рис. 21. Расчетная заготовка

заготовки $d_p = 1,13\sqrt{S_n}$, где S_n — площадь рассматриваемого поперечного сечения окончательного формовочного перехода; выявление конфигураций последнего наборного и формовочно-прошивных переходов может проводиться корректированием соответствующих диаметров и высот участков расчетной заготовки; целью корректировки является такое видоизменение конфигурации расчетной заготовки, при котором уменьшаются осадка, сопровождающая начальный этап прошивки, и выдавливание металла навстречу движению пуансона на конечном этапе глубокой прошивки;

3) при необходимости глубокой прошивки $(h + h_1) / d_0 > 1$, см. табл. 18] относительно толстостенных поковок в наборном ручье для уменьшения осаживания и обеспечения соосности предусматривают цилиндрический бурт (рис. 22, а), а для тонкостенных поковок — бурт с фланцем (рис. 22, б). Условия применения бурта с фланцем оп-

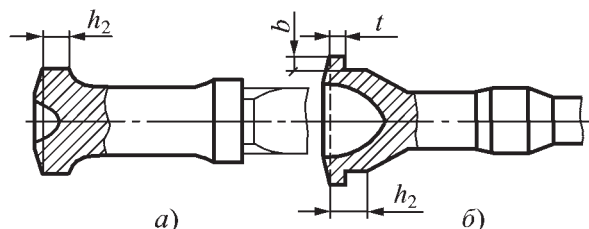


Рис. 22. Заготовка:

а — с центрирующим буртом; б — с буртом и фланцем

ределяются по диаметру прошиваемого отверстия d_0 и значению отношения D / d_0 , где D — диаметр поковки в зоне прошивки:

d_0 , мм . . .	Св. 60	60...30	До 30
D / d_0 . . .	1,3...1,1	1,4...1,2	1,6...1,3

в этом случае:

длина бурта $h_2 = 0,07(h + h_1) + 4$;

толщина фланца $t = 0,2h_2 + 1,5$;

ширина фланца $b = (1,5...2) t$;

4) в объеме формовочного перехода V_f необходимо предусмотреть дополнительный объем металла для образования фланца;

5) для лучшего оформления поковки в углах С (см. эскиз в табл. 17) предусматривают высадку бурта в наборном переходе;

6) для лучшей раздачи металла и повышении стойкости пуансона при прошивке относительно толстостенных поковок следует применять прошивной пуансон со сферической головкой, а при прошивке поковок с небольшой толщиной стенки — с более острой головкой;

7) если штамповка будет осуществляться на одной ГKM и с одного нагрева, то в зависимости от максимального диаметра поковки D_{max} рекомендуется следующее число переходов, включая пробивку:

D_{max} , мм . . .	До 100	100...160	Св. 160
Число переходов . . .	5 и менее	4 и менее	3 и менее

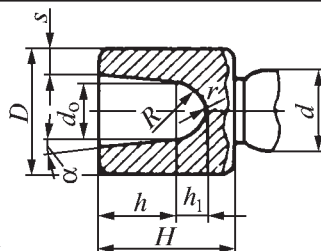
В табл. 19 приведены рекомендуемые размеры и формы наборного и предварительных переходов в зависимости от толщины стенки s , диаметра отверстия d_0 , высоты втулки H и диаметра D . Окончательную форму переходов следует скорректировать в соответствии с вышеприведенными указаниями и диаметром исходной заготовки

d , от которого зависит общее число на-
борных переходов.

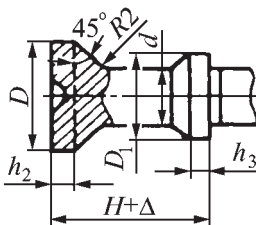
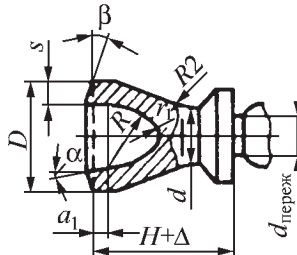
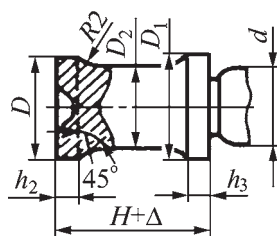
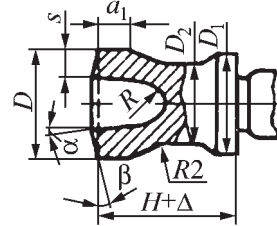
Диаметр исходной заготовки при
высадке втулок не должен превышать

минимального диаметра расчетной за-
готовки $d_{p\min}$ (см. рис. 21). В против-
ном случае возникает необходимость
уменьшения начальной избыточной

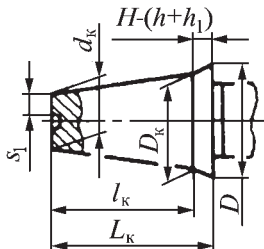
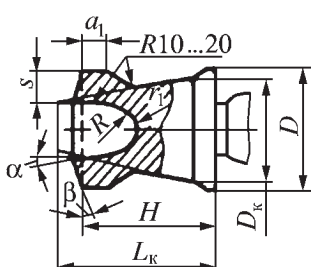
19. Выбор основных размеров и формы переходов при штамповке поковок втулок



Формовочный переход

Условия применения перехода		Заготовка	Предварительные переходы	
			I	II
$\frac{s}{d_0}$	$\frac{H}{D}$		Назначение переходов	
			Образование центрирующего пояса (осадкой) и утолщения на заднем торце (выдавливанием)	Предварительная прошивка и увеличение утолщения на заднем торце
До 0,3	Св. 1,4	На две поковки	 <p>$d_{\text{перез}} = 0,5d$; $D_1 < 1,2d$; $h_2 = 0,2d$; $h_3 = (0,15 \dots 0,2) d$; Δ — из условия равенства объемов с учетом коэфф ициента u (см. табл. 12)</p>	 <p>$d_{\text{перез}} = 0,5d$; $r_1 = (10 \dots 15) \text{ мм}$ $a_1 = (0,2 \dots 0,3)d_0$; $R = d_0$</p>
	Св. 1,1 до 1,4	Пруток	 <p>Пережим; D_1; h_2 и h_3 так же, как в предыдущем случае; D_2 — из условия равенства площадей сечения поковки и перехода; $\Delta = 2 \dots 5 \text{ мм}$</p>	 <p>$d_{\text{перез}}$; r_1, R — так же, как в предыдущем случае; $a_1 = (0,3 \dots 0,4)d_0$; D_2 — из условия равенства объемов предварительных и окончательных переходов</p>

Окончание табл. 19

Условия применения перехода		Заготовка	Предварительные переходы	
			I	II
$\frac{s}{d_0}$	$\frac{H}{D}$		Назначение переходов	
			Образование центрирующего пояса (осадкой) и утолщения на заднем торце (выдавливанием)	Предварительная прошивка и увеличение утолщения на заднем торце
До 0,3	Св. 0,7 до 1,1	—	Форма и соотношения для определения размеров наборного перехода даны в табл. 16 для $s / d_0 < 0,3$	—
Св. 0,3 до 0,5	Св. 1,1	—	Форма и определение основных расчетных параметров предварительных переходов — как указано выше для $s / d_0 < 0,3$ и $H / D = 1,1...1,4$	
	Св. 0,9 до 0,1	—		
			Пережим равен $0,5 d$; $d_k = d + (1..2)\text{мм}$; $s_1 > s$; L_k — из условия равенства объемов с учетом коэффициента u (см. табл. 12); D_k — из построения конуса с площадью сечения на расстоянии $L_k - (H - h)$, равной площади сечения формовочного перехода на расстоянии $H - h$	$d_{\text{перез.}}$; r_1 , R — так же, как указано выше; $a_1 = (0,3...0,4)d_0$; D_k — из условия равенства объемов предварительного и окончательного переходов
Св. 0,7 до 1,1	—	—	Форма и соотношения для определения параметров наборного перехода показаны в табл. 16 для $s / d_0 = 0,3...0,5$	—
Св. 0,5	—	Пруток	Форма и соотношения основных размеров те же, что и для предварительных переходов с $s / d_0 < 0,3...0,5$ и $H / D = 0,9...1,1$	

площади поперечного сечения заготовки выдавливанием металла навстречу движению пуансона.

В зависимости от соотношения размеров d_0 и $d_{\text{p min}}$ при высадке втулок возможны следующие варианты соотношения размеров d и d_0 : при $d_{\text{p min}} = d_0$ $d \leq d_0$; при $d_{\text{p min}} > d_0$ $d > d_0$ (необходим пережим прутка); при $d_{\text{p min}} < d_0$ $d < d_0$ (необходим подъем прутка у заднего торца поковки).

При штамповке втулок часто ограничивают число переходов, что приводит к увеличению диаметра заготовки с целью сокращения числа наборных операций. В крайнем случае диаметр прутка не должен быть больше минимального диаметра поковки D (см. рис. 21). При этом следует учесть, что пережим прутка при $d/d_0 > 2,2$ проводить не рекомендуется.

В некоторых случаях, особенно когда в поковке имеется фланец, ог-

раничивающий ее осадку при прошивке при $d > d_0$, возможна штамповка без пережима прутка. При штамповке поковок с $d \approx d_0$ (рис. 23, а) необходимо большое число наборных переходов; при штамповке по схеме (рис. 23, б) наборные переходы отсутствуют, постепенную отрезку поковки осуществляют боковыми ножами. При этом отчетливое оформление поковки в торцовых углах и на участке диаметра, соответствующего пробивке, возможно только при выдавливании металла навстречу движению пуансона в заключительный момент прошивки. Кроме того, штамповка с постепенной отрезкой поковки усложняет наладку штампов.

Потеря металла по длине прутка на первую в прутке штампованную поковку при штамповке с передним упором и использовании пережима или подъема прутка не должна превышать диаметра прутка.

При штамповке длинных тонкостенных втулок рационально применять заготовку (пруток), рассчитанную на две поковки, с тем, чтобы при изготовлении второй поковки клещевиной для нее служила «высечка» от первой поковки. Условия применения заготовки на две поковки:

$$1) d = K \sqrt{D^2 - d_0^2},$$

где d — диаметр прутка; $K = 0,85...0,95$ — коэффициент, обеспечивающий выход прутка за пределы матрицы на длину, равную до половины его диаметра, что позволяет применить передний упор; D и d_0 — диаметры втулки соответственно наружный и отверстия;

2) значительный пережим прутка, приблизительно равный $0,5d$ (для уменьшения длины его зажима);

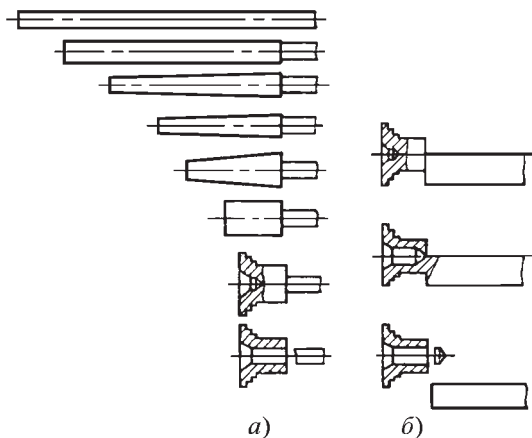


Рис. 23. Варианты высадки поковки втулки из заготовок с различными исходными диаметрами

3) длина зажимаемой части прутка не должна быть менее $1,7d$.

После выбора диаметра прутка по формуле (24) определяют длину его высаживаемой части l_b , а также $\psi = l_b / d$, число наборных переходов и их размеры (указания по определению размеров полости наборной части ручьев см. на с. 315).

Если число переходов больше допустимого при штамповке на одной ГKM (см. с. 289) и не сокращается при увеличении диаметра прутка, то обычно более рациональным оказывается корректирование процесса в целях уменьшения переходов, а не штамповка на двух машинах или использование повторного нагрева заготовки.

Число переходов штамповки может быть уменьшено при:

— увеличении длины прошивки за каждый переход примерно в 1,5 раза по сравнению с нормально допускаемой (см. табл. 18); глубина прошивки в каждом ручье не должна быть более $(3...4)d_0$ и длины рабочего хода центрального ползуна ГKM;

— уменьшении общей глубины прошивки за счет увеличения длины $H - (h + h_1)$ пробиваемой части поков-

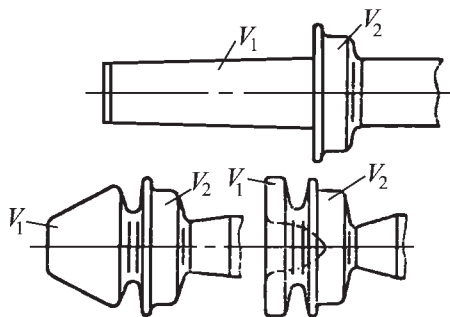


Рис. 24. Постоянство объемов ($V_1 = V_2$) металла в заготовке по разные стороны от заусенца на различных переходах

ки (см. табл. 19); допускается глубина пробивки, равная полутора диаметрам прошиваемого отверстия;

— совмещении операции пробивки с прошивкой; пробивной пуансон имеет форму прошивного; в последнем ручье (не считая отрезки и высечки) в процессе прошивки происходит раздача металла, а в последней фазе — выталкивание излишков металла, сопровождаемое проталкиванием прутка и отделением от него поковки; на этой операции возможно образование заднего долевого заусенца по контуру пробивки;

— совмещении операции отрезки поковки от прутка с пробивкой в совмещенном отрезном-пробивном ручье, в результате чего исключается дополнительный ручей для отрезки высечки; поковка сначала отделяется от прутка ножами матриц, после чего осуществляется пробивка сквозного отверстия ходом главного ползуна ГКМ.

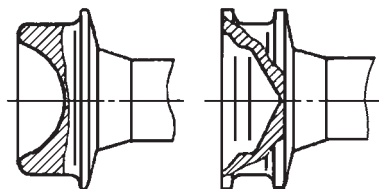


Рис. 25. Специальная форма перехода при штамповке поковки кольца с буртом

Высадка поковок колец и втулок сложной формы. При выборе формы и числа переходов используют методику, приведенную для изготовления гладких колец и втулок с учетом следующих основных положений:

— если в каком-либо предварительном переходе высадку проводят одновременно в пуансоне и матрице, а в зазоре между ними возможно образование заусенца, то объемы (V_1 и V_2) металла переходов, находящиеся по разные стороны заусенца, должны быть на всех переходах одинаковыми (рис. 24);

— при штамповке таких поковок особенно часто применяют специальные переходы (рис. 25 и 26); конфигурацию и размеры этих переходов устанавливают по расчетной заготовке.

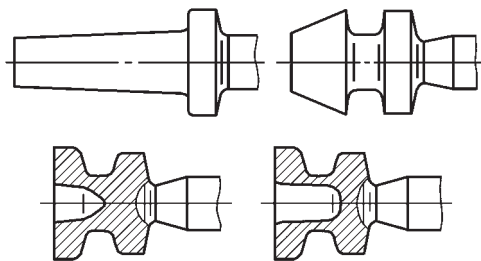


Рис. 26. Переходы при штамповке поковки втулки с буртами

Штамповка поковок III группы осуществляется по той же методике, что и штамповка поковок I и II групп. Наиболее часто поковки штампуют из длинного прутка, а отделение выполняют с предварительным пережимом прутка и с последующим сдвигом в отрезном ручье при ходе подвижной матрицы (рис. 27). Пережим рекомендуется проводить на диаметр $d_1 = (0,5...0,7) d$. В целях обеспечения более чистого среза и предотвращения перекоса прутка в штампах предусматривают пружинный или пневматический прижим.

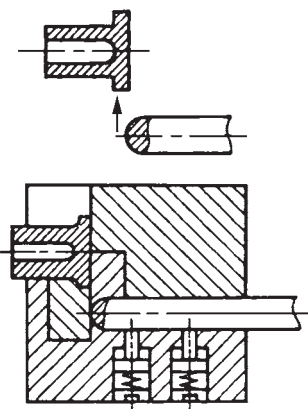


Рис. 27. Отделение поковки от прутка после его пережима сдвигом в отрезном ручье при ходе подвижной матрицы

При большой длине поковки применяют заготовку на две поковки и постепенно пережимая прутки, штампуют с поворотом. Благодаря операциям пережима становится возможным использовать ручки с длиной зажимной части, равной $(1,0 \dots 1,5)d$. После штамповки поковки соединены легкоотрезаемой перемычкой.

Схема штамповки из штучной заготовки показана на рис. 28. Штамповка таких поковок на ГКМ с горизонтальным разъемом может произво-

диться без специальных клещей, а исходную заготовку (см. рис. 6) укладывают непосредственно в формовочный ручей.

Штамповка поковок IV группы. Варианты высадки. Схемы основных технологических операций при штамповке поковок из трубных заготовок приведены на рис. 29, *a–г*.

При штамповке трубной заготовки раздачей подсадка стенки трубы в этом же переходе может оказаться не-

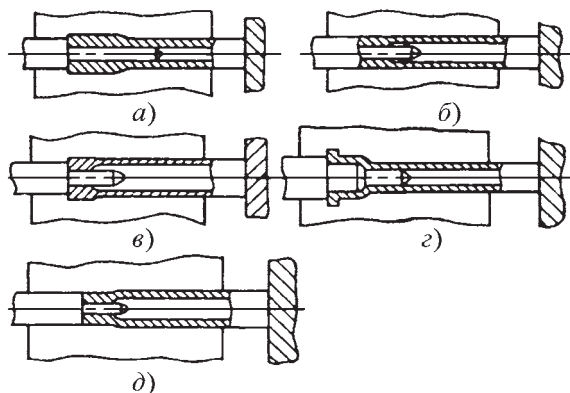


Рис. 29. Получение поковок IV группы из трубных заготовок:

a — высадкой с увеличением наружного диаметра трубы; *б* — высадкой с уменьшением внутреннего диаметра трубы; *в* — высадкой с увеличением наружного и уменьшением внутреннего диаметров трубы; *г* — раздачей; *д* — обжимом

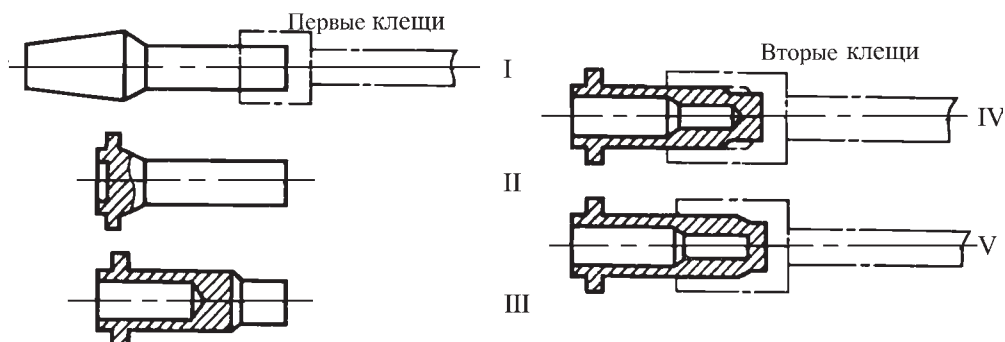


Рис. 28. Схема штамповки поковки с глухим отверстием из штучной заготовки:

I–V — переходы штамповки

возможной. Поэтому сначала утолщают стенки заготовки, а затем выполняют раздачу, чтобы избежать утяжки, разрывов и эксцентриситета, до начала раздачи на конце трубы рекомендуются высадить фланец (рис. 29, з), который затем удаляют в обрезном ручье штампа. Размеры фланца (ширину b и толщину t) выбирают так же, как и для втулок при их высадке (см. с. 313). Обжатие трубы по наружному диаметру (рис. 29, д) наиболее целесообразно проводить на ротационно-обжимных машинах. Схема высадки трубной заготовки показана на рис. 30.

Сечение исходной трубной заготовки F_0 выбирают по размерам поперечного сечения той части поковки, которая не подвергается высадке.

Объем высаживаемой части поковки V_Φ определяют по ее чертежу с учетом угара и половины положительного допуска на размеры.

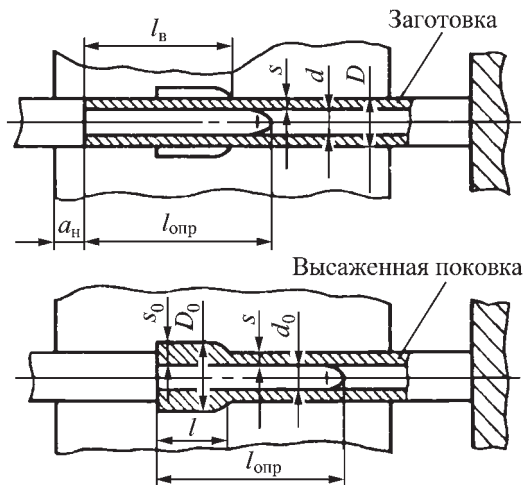


Рис. 30. Схема высадки трубной заготовки:

d и D — соответственно внутренний и наружный диаметры трубной заготовки; d_0 и D_0 — соответственно внутренний и наружный диаметры высаженной поковки; s и s_0 — толщина стенки соответственно до и после высадки; $l_\text{в}$ — длина высаживаемой части трубы; l — длина высаженного участка поковки; $l_\text{опр}$ — длина оправки; $a_\text{н}$ — направляющая часть матрицы ($a_\text{н} = 10 \dots 15$ мм)

Длина высаживаемой части поковки

$$l_\text{в} = \frac{V_\Phi}{F_0}.$$

В процессе высадки происходит вытекание металла из зоны деформации и утолщение стенок за пределами деформируемого участка. Поэтому длину $l_\text{в}$ увеличивают в зависимости от значения отношения $\frac{d_0 - d}{2s_0} = \Delta$.

При $\Delta \leq 0$ $l_\text{в}$ увеличивают на 10 %; при $\Delta > 0$ и числе переходов больше одного $l_\text{в}$ увеличивают на 15...20 %.

Допустимое увеличение толщины стенки за один переход определяют по кривым (рис. 31), соответствующим высадке: с уменьшением внутреннего диаметра — кривая 1; с увеличением наружного диаметра — кривая 2; с увеличением наружного диаметра и уменьшением внутреннего — кривая 3.

Высадку трубной заготовки за один переход в формовочном ручье проводят при $l_\text{в} \leq 2,5s$.

Возможность получения утолщения требуемых размеров устанавливают по кривым на рис. 31. Если высадку проводят с увеличением наружного диаметра (рис. 29, а), то утолщение стенок может составлять до $1,25s$.

Высадку с предварительными наборными переходами проводят в том случае, когда не выполняются условия высадки за один переход.

Длина наборного перехода

$$l_\text{н} = \frac{V_\Phi u}{F_1}, \quad (27)$$

где коэффициент $u = 1,07$;

$F_1 = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - d_1^2)$ — допустимая площадь поперечного сечения первого

наборного перехода, имеющего на-

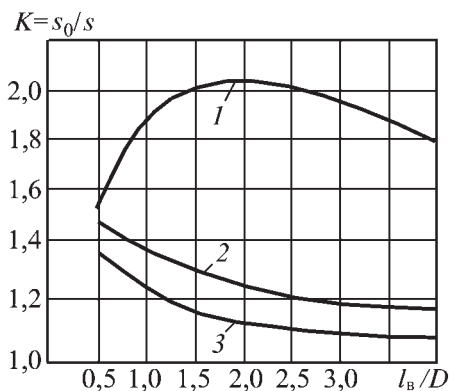


Рис. 31. Зависимость s_0/s от $l_{в}/D$ при различных вариантах высадки трубы

ружный и внутренний диаметры соответственно D_1 и d_1 .

Допустимое изменение наружного и внутреннего диаметров наборного перехода по сравнению с исходными размерами D и d определяют по отношению s_0/s из графика (см. рис. 31), где для первого наборного перехода

$$s_0 = s_1 = \frac{D_1 - d_1}{2}.$$

Аналогично рассчитывают все последующие переходы. За размеры исходной заготовки принимают размеры предыдущего наборного перехода. Размеры последнего перехода должны соответствовать «горячим» размерам окончательной поковки.

Размеры D_1 и d_1 , D_2 и d_2 и так далее принимают с учетом того, что металл лучше заполняет полость с внутренней поверхности трубы.

Ниже приведены рекомендации по штамповке с наборными переходами поковок IV группы:

1. *Высадка с уменьшением внутреннего диаметра трубы (поковки типа IV-1-A, см. табл. 1).* Если высадку проводят за два перехода, и второй переход — формовочный, то в первом пере-

ходе следует увеличить толщину стенки на 0,75 суммарного утолщения, а во втором переходе — на 0,25 суммарного утолщения. Такое ведение процесса предотвращает образование продольного и торцового заусенцев, а также способствует лучшему удалению окалины.

2. *Высадка с увеличением наружного диаметра трубы (поковки типа IV-1-B).* При $l \leq 0,75D$ и $D_0 \leq \sqrt{D^2 + 0,75d^2}$ можно проводить утолщение стенок трубы в два перехода, причем на первом переходе осуществляют высадку внутрь с уменьшением первоначального внутреннего диаметра не более чем в 2 раза, а на втором — раздачу трубы до первоначального внутреннего диаметра и требуемого наружного. При $l > 0,75D$ и $D_0 \leq \sqrt{D^2 + 0,75d^2}$ высадку рекомендуют выполнять в три перехода с двумя-тремя нагревами. Схема высадки приведена на рис. 32. При высадке с

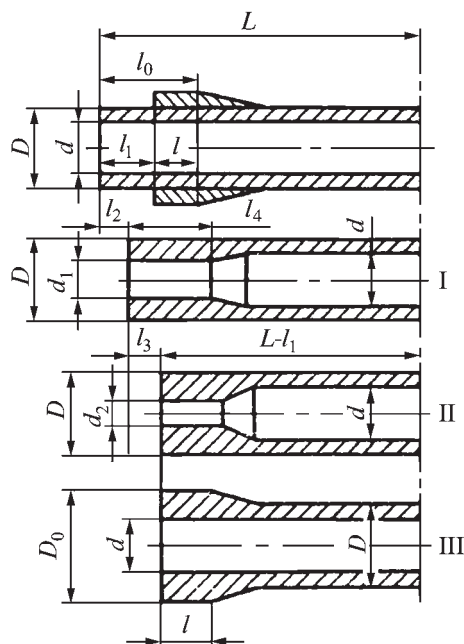


Рис. 32. Схема высадки конца трубы:
I—III — переходы штамповки

двумя нагревами их производят перед первым и третьим переходами. Практические данные по высадке поковок этого типа на концах стальных бесшовных труб в два—три перехода приведены в табл. 20 по А. Н. Дунаеву.

20. Практические данные по высадке труб (см. рис. 32)

Размеры, мм				Число	
трубной заготовки		высаженной поковки			
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>D</i> ₀	<i>l</i>	переходов	нагрева
32	35	44	20	2	2
31		43	25		
30		42	48	3	
42,5	45	58	33	2	
38,5		55	70	3	
30		51	93		
52,5	70	44			
48,5	55	68	107		2
41		65	63		
42		60	70	60	
62	65	82	56	3	
56		81	127		
47		75	40	2	
67	73	91	84	3	2
63		90	45	2	
55	73	86	137	3	3
81	89	112	90		2
89	95	120	60	2	

При разработке процесса штамповки длину участка трубы l_1 , на которую уменьшается длина L исходной заготовки (см. рис. 32), определяют по формуле

$$l_1 = \frac{D_0^2 - D^2}{D^2 - d^2} l; \quad (28)$$

внутренний диаметр трубы, при котором обеспечивается получение конечного диаметра D_0 , определяют по формуле

$$d_2 = \sqrt{(D^2 + d^2) - D_0^2}. \quad (29)$$

Если утолщение трубы получают за два перехода при уменьшении внутреннего диаметра d , то $l_1 = l_2 + l_3$, причем $l_2 \leq l_3$. Задав l_2 и $d_1 \approx \frac{d + d_2}{2}$,

находят длину l_4 внутреннего утолщения после первого перехода по формуле

$$l_4 = \frac{D^2 - d^2}{d^2 - d_1^2} l_2. \quad (30)$$

Общая длина

$$l_o = (l + l_1) Km, \quad (31)$$

где K — коэффициент, учитывающий угар металла при нагреве; $K = 1,03 \dots 1,05$; m — коэффициент, учитывающий форму наружного утолщения; для цилиндрического утолщения $m = 1$; для утолщения другой формы $m \leq 1$.

Чем больше D_0 , тем меньше d_2 [см. формулу (29)], и при $D^2 + d^2 = D_0^2$ диаметр $d_2 = 0$, т.е. при втором переходе произойдет заковка конца трубы. Поэтому указанный расчет применим при условии, что

$$d_2 \leq \sqrt{(D^2 + d^2) - D_0^2} \leq 0,5d$$

или

$$D_0 \leq \sqrt{D^2 + 0,75d^2}. \quad (32)$$

Если требуется большее утолщение трубы по сравнению с определяемым по формуле (32), то в наборных переходах необходимо предусматривать не только уменьшение внутреннего диа-

метра d , но и увеличение наружного диаметра D . В этих случаях высадку проводят в три-четыре перехода по следующей схеме: в первом переходе высаживают металл внутрь трубы с уменьшением внутреннего диаметра d на 25 %; во втором переходе — одновременно внутрь и наружу трубы с уменьшением d на 50 %; в третьем переходе происходит утолщение стенок трубы только наружу, а внутренний диаметр не меняется (остается $0,5d$). В последнем переходе проводят раздачу металла до первоначального диаметра и заданного наружного диаметра D_0 . Этим способом можно высаживать утолщения с наружным диаметром $D_0 = (1,5...2,0) D$ и длиной $l = (1,0...2,5) D$.

Значительные утолщения стенки могут быть получены также по технологической схеме, в которой первый наборный переход выполняют с небольшим увеличением наружного и значительным уменьшением внутреннего диаметра трубы. В последующих переходах проводят постепенное и равномерное увеличение внутреннего диаметра до диаметра трубы, а утолщение стенок происходит за счет увеличения наружного диаметра.

3. *Высадка с увеличением наружного и уменьшением внутреннего диаметра (поковки типа IV–I–B).* В первом переходе утолщение стенки рекомендуется проводить при уменьшении внутреннего диаметра трубы. Для выполнения последующих переходов пользуются рекомендациями, приведенными в пп. 1 и 2.

4. *Поковки с фланцем (поковки типа IV–I–Г и IV–I–Д).* Технология процесса штамповки определяется особенностями конфигурации фланца и разрабатывается на основе рекомендаций по высадке утолщений на трубных заготовках. Так, фланец с $D_0 = (2...2,5) D$ типа IV–I–Г может быть высажен из утол-

щения типа IV–I–Б с $l = (0,5...1)(D - d)$, полученного за 3–4 перехода.

При проектировании штампов для высадки труб на ГKM необходимо учесть, что: трубу следует фиксировать по заднему упору; длина оправки $l_{\text{опр}}$ должна быть больше длины l_b высаживаемой части трубы, а центрирующая часть пуансона до начала высадки должна заходить в направляющую матрицы на 10...15 мм ($a_H = 10...15$ мм, см. рис. 30); оправка должна изготавливаться с уклоном до 1° .

Штамповка поковок V группы. При штамповке поковок 1-й подгруппы (см. табл. 1) применяют операции выдавливания, расплющивания, пережима и гибки. В зависимости от типа поковки эти операции могут проводиться в сочетании с высадкой. Эти операции не являются характерными для ГKM.

Для поковок 2-й подгруппы характерны технологические особенности штамповки поковок предыдущих групп. Возможны также операции, осуществляемые при штамповке поковок 1-й подгруппы, например расплющивание, гибка и т.д.

Штамповку полых поковок со стержневой частью (типа V–2–А, см. табл. 1) проводят аналогично штамповке поковок II группы. Особенность поковок этого типа состоит в том, что диаметр стержневой части задается чертежом поковки. Поэтому могут быть случаи штамповки тонкостенных поковок с $l_b < H$ и $d_p < d$ (рис. 33, а). По использующейся при штамповке втулке технологической схеме требуется получить наборный переход с центрирующим буртом и длиной, примерно равной H , что возможно только при условии редуцирования исходного диаметра прутка на значительной длине. Выполнение этих операций на ГKM трудноосуществимо. Поэтому штамповку ведут с

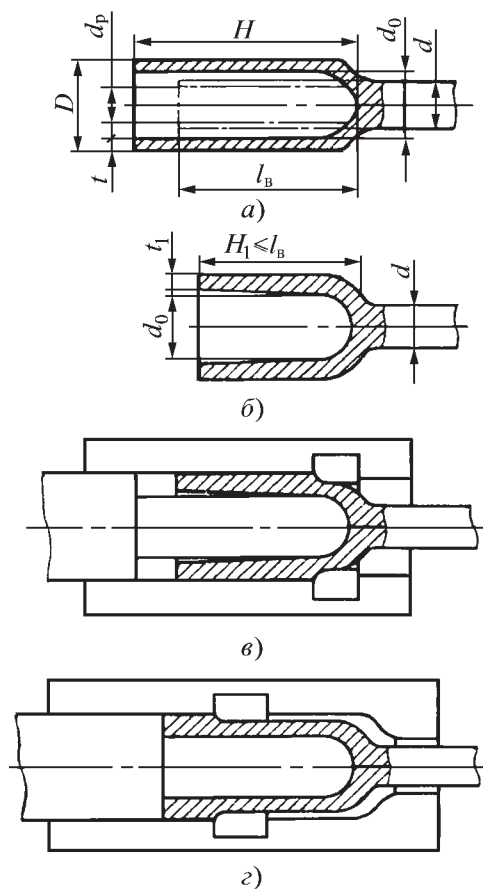


Рис. 33. Получение на ГКМ поковки (а) с полым тонкостенным утолщением на конце стержня из промежуточной заготовки (б) волочением (в) и выдавливанием (г)

получением полого утолщения промежуточной формы, толщина стенки которого превышает требуемую толщину, т.е. $t_1 > t$ (рис. 33, б), а длина утолщения равна или несколько меньше l_B . Утолщение промежуточной формы может быть получено из наборного перехода (см. рис. 22, а или б). В последнем случае должна быть предусмотрена операция обрезки фланца в обрезном ручье ГКМ.

Утонение стенки t_1 промежуточной формы (рис. 33, б) можно осуществить волочением, проталкивая промежуточ-

ное полое утолщение через кольцо (рис. 33, в), или прямым выдавливанием (рис. 33, г). При штамповке выдавливанием поковку получают с облоем, который удаляют в обрезном ручье ГКМ.

Штамповка поковок VI группы. Поковки этой группы изготавливают комбинированным способом, т. е. штамповке на ГКМ предшествует штамповка на другом оборудовании (молот, КГШП и т.д.), или наоборот. Размеры заготовки и переходы штамповки устанавливают по отдельным элементам поковки, которые соответствуют тому или иному технологическому процессу.

Конструирование ручьев штампов и деталей. Обозначения, принятые для определения расчетных параметров ручьев: D_n — диаметр пуансона; D_m — диаметр полости матрицы; l_n — длина пуансона; l_m — длина полости матрицы; l_p — длина зажимной, зажимной и пережимной или зажимной и подъемной частей ручья; l_z — закрытая высота штампа; d_y — диаметр упора.

При конструировании ручьев штампов и их элементов за исходные принимают данные, полученные при расчете переходов штамповки, а также используют рис. 34—49 и табл. 21—40.

Блоки матриц и вставки. При конструировании штампа проверяют возможность применения конструкции блоков-матриц типа I (табл. 34), и только в случаях, когда не удастся расположить все вставки в одном блоке, применяют другие конструкции блоков. Тип II является менее рациональным, так как требует применения зажимных частей ручьев без вставок и крепления соседних вставок общим болтом, что вызывает неудобства при наладке штампа. Конструкция блоков типов III—VI показана на рис. 37. Размеры рабочей полости вставок D_m , D'_m , l_m , l'_m и т.д. определяют по правилам конструирования ручьев (см. рис. 34—49 и табл. 21—40).

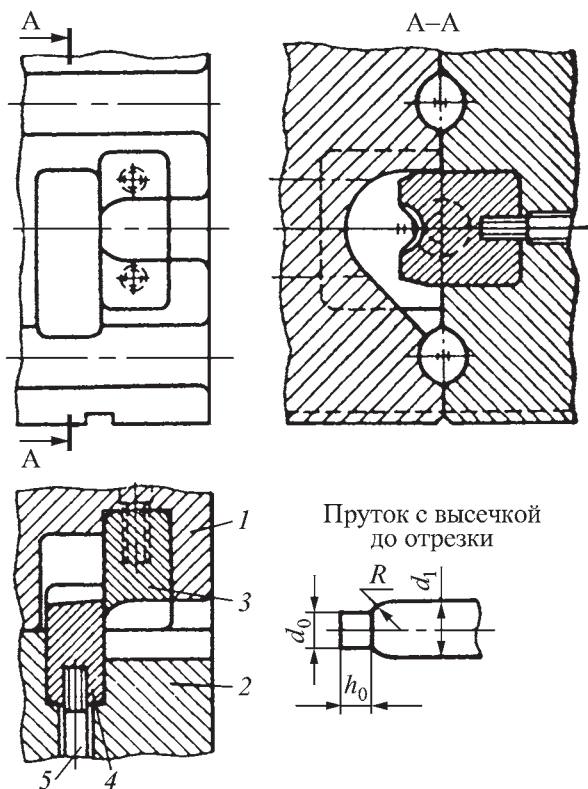


Рис. 36. Отрезной ручей для отрезки
высечки:

1 — неподвижная матрица; 2 —
подвижная матрица; 3 — непод-
вижный нож; 4 — подвижный
нож; 5 — винт

21. Зажимная часть ручья

Способ штамповки	Конструкция зажимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
<i>Гладкий ручей</i>		
С передним упором без перезима прутка		d_1 — номинальный диаметр прутка с уче- том усадки с точно- стью до 0,1 мм. При штамповке с задним упором в штампе и с задним упором в кле- щах возможно $\Delta = 0$, если установлен жест- кий допуск на стерж- невую часть. При штамповке с задним упором размер l при- нимают в зависимости от длины стержня l_c
С задним упором без пере- жима прутка		

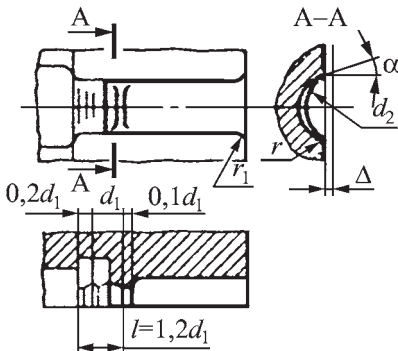
Продолжение табл. 21

Способ штамповки	Конструкция зажимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
С упор-клещами без пережима прутка		d_1 — номинальный диаметр прутка с учетом усадки с точностью до 0,1 мм. При штамповке с задним упором в штампе и с задним упором в клещах возможно $\Delta = 0$, если установлен жесткий допуск на стержневую часть. При штамповке с задним упором размер l принимают в зависимости от длины стержня l_c
С передним упором и пережимом прутка		

Рифленый ручей

С передним упором без пережима прутка		$d_2 = d_1 - 2,5$ В многоручьевом штампе зажимные пояски располагают в шахматном порядке, чтобы расстояние от оси первого пояска до переднего конца зажимной части ручья равнялось: в первом ручье c ; во втором — $c + a/2$; в третьем — c и т.д.
С передним упором и пережимом прутка		

Окончание табл. 21

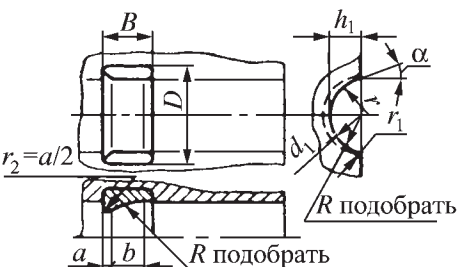
Способ штамповки	Конструкция зажимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
С передним упором и поворотом заготовки, рассчитанной на изготовление двух поковок		$d_2 = d_1 - 2,5$ В многоручьевом штампе зажимные пояски располагают в шахматном порядке, чтобы расстояние от оси первого пояска до переднего конца зажимной части ручья равнялось: в первом ручье c ; во втором — $c + a/2$; в третьем — c и т.д.

Размеры, мм, зажимной части ручья

Диаметр прутка d , мм				Δ	α°	r	r_1	l	l_2	l_3	a	b	c
До	10			0,1	20	1,0	2	60	50	40	8	3	6
Св.	10	до	20	0,2		1,5	3	100	80	60	10	4	8
»	20	»	30	0,3		5	5	120	100	80	16	5	10
»	30	»	40	0,4	15	2,0		160	120	100	20	6	12
»	40	»	50	0,5		2,5	6	200	160		25	8	16
»	50	»	60	0,6		8	8	250	200	120	32	10	20
»	60	»	70	0,7		3,0							
»	70	»	80	0,8		3,5	10	320	250	160	36	12	25

Примечание. $l > l_1 \geq 0,7l$; b — ширина выступа рифления.

22. Пережимная часть ручья

Пережим	Конструкция пережимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
Первый		d_1 — номинальный диаметр прутка с учетом усадки; d_0 — номинальный диаметр отверстия поковки с учетом усадки или диаметр окончательного пережима заготовки (перед отделением от нее поковки боковым срезом).

Окончание табл. 22

Пережим	Конструкция пережимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
Второй (на овал)		<p>При $\frac{d_1}{d_0} < 1,8$ применяют один предварительный пережим (второй); $h = \frac{d_0}{2} - 0,3$. При $\frac{d_1}{d_0} = 1,8 \dots 2,2$ применять два предварительных пережима.</p>
Окончательный (на круг)		<p>При первом пережиме $h = \frac{d_1 + d_0}{4} - 0,3$; при втором пережиме $h = \frac{d_0}{2} - 0,3$, $d_2 = d_0 - 0,5$</p>

Размеры, мм, пережимной части ручья

Диаметр прутка d , мм				D	B	a	b	α°	r	r_1
До	20			60	25	3	20	20	4	1,5
Св.	20	до	30	70	32	4	25	15	5	
»	30	»	40	80					6	2,0
»	40	»	50	100	40		32			8
»	50	»	60	110		50			5	40
»	60	»	70	120	12					
»	70	»	80	140	16					

23. Подъемная часть ручья

Конструкция подъемной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
	<p>d_1 — номинальный диаметр прутка с учетом усадки; d_0 — номинальный диаметр отверстия поковки с учетом усадки; $d_2 = d_0 - 0,5$; D — диаметр вставки</p>

Окончание табл. 23

Размеры, мм, подъемной части ручья								
d_2		D	B	a	b	r_1	r_2	α°
До	20	$d_2 + (20 \dots 30)$ с округлением до ближайшего большего диаметра	25	5	16	1,5	1,5	20
Св.	20 до 30		32	6	20	2,0	2,0	15
»	30 » 40		40	7	25	2,5		
»	40 » 50		50	8	32	3,0		
»	50 » 60						2,5	
»	60 » 80							

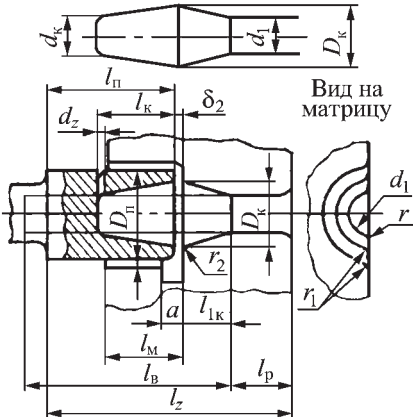
24. Наборная часть ручья

Набор металла (условия применения)	Конструкция наборной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
Ручей в матрице		
При наружном переднем упоре		D_H, l_H — размеры требуемого наборного перехода с учетом усадки; l_b — высаживаемая длина прутка; $l_b > (l_M + 10)$; $D_M = D_H$; $D_H = D_M - 2\delta$, где δ см. с. 334; $l_M = l_b - f$, где $f \leq d$, но не менее 5 мм; $l_П = l_z - (l_P + l_H)$
При внутреннем переднем упоре (d — диаметр прутка)		$l_b < (l_M + 10)$; $l_M = l_b + (5 \dots 10)$; $m = l_M - (l_b - 0,1d)$; $n = m + (10 \dots 20)$
При заднем упоре		$l_M = l_b + (10 \dots 15)$

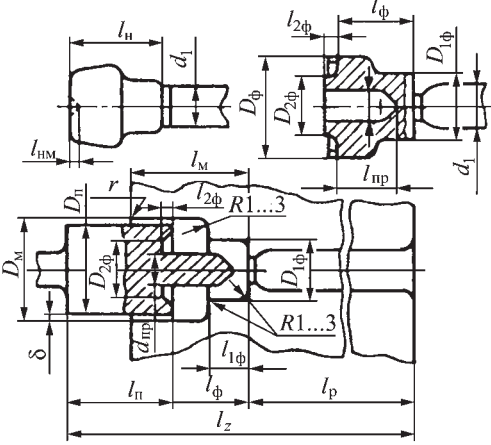
Продолжение табл. 24

Набор металла (условия применения)	Конструкция наборной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
<i>Ручей в пуансоне</i>		
При направлении пуансона в матрице		<p>D_k, d_k и l_k — размеры требуемого наборного перехода с учетом усадки;</p> <p>$D_{\text{п}} \geq D_k + 0,2(D_k + l_k) + 5$</p> <p>применяют в трех случаях:</p> <ul style="list-style-type: none"> при наборе металла в пуансоне с направлением пуансона в матрице; при условии, что наружный диаметр наборного пуансона значителен; при наборе металла в пуансоне и в матрице; <p>$D_{\text{п}} \geq D_k + 0,1(D_k + l_k) + 5$</p> <p>при наборе металла в пуансоне, закрепленном в обойме;</p>
При значительном наружном диаметре		<p>$D_{\text{м}} = D_{\text{п}} + 2\delta_1$</p> <p>при наборе металла в пуансоне с направлением пуансона в матрице и при наборе в пуансоне и матрице;</p> <p>$l_{\text{м}} \geq (l_{\text{в}} + 0,5d) - l_k$</p> <p>при направлении пуансона в матрице;</p> <p>$l_{\text{м}} \geq (l_{\text{в}} + 0,5d) - (l_k + l_{\text{п}})$</p> <p>при наборе в пуансоне и матрице; $a = 0,4l_{\text{м}}$;</p> <p>если $0,4l_{\text{м}} < 15$ мм, то $a = l_{\text{м}}$</p> <p>$l_{\text{п}} = l_z - (l_{\text{п}} + \delta_2)$ при направлении пуансона в матрице и значительном наружном диаметре;</p> <p>$l_{\text{п}} = l_z - (l_{\text{п}} + l_k + \delta_2)$</p> <p>при наборе в матрице и пуансоне</p>
При закреплении пуансона в обойме для обеспечения строгой соосности между частями ручья и матрицы		

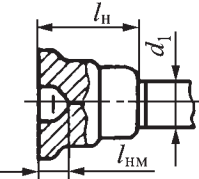
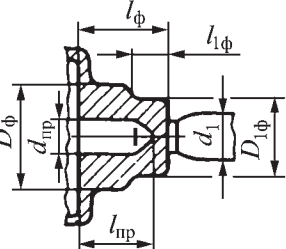
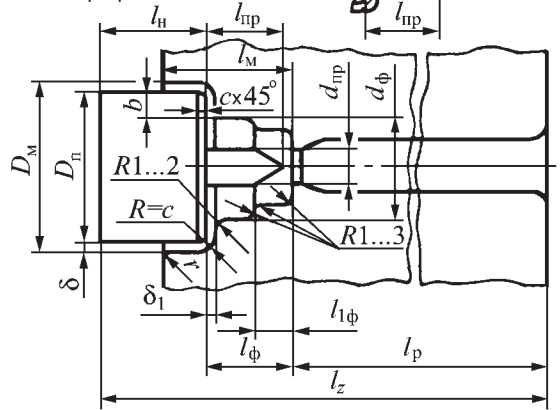
Окончание табл. 24

Набор металла (условия применения)	Конструкция наборной части ручья	Основные расчетные размеры, мм																																																
—	<p><i>Ручей в пуансоне и матрице</i></p>  <p>Вид на матрицу</p>	Те же, что и для набора металла в пуансоне (кольцевой зазор между пуансоном и матрицей — δ_1)																																																
	<p><i>Размеры, мм, наборной части ручья</i></p> <table><tr><th>D_n или D_k</th><th>δ</th><th>δ_1</th><th>δ_2</th><th>r</th><th>r_1</th><th>r_2</th><th>c</th><th>d_2</th></tr><tr><td>До 50</td><td>0,3</td><td>0,6</td><td>2,5</td><td>3</td><td rowspan="2">2</td><td>2</td><td>2</td><td rowspan="2">3</td></tr><tr><td>Св. 50 до 80</td><td>0,35</td><td>0,7</td><td>3,0</td><td>4</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>» 80 » 100</td><td>0,4</td><td>0,8</td><td>3,5</td><td>5</td><td rowspan="2">3</td><td>4</td><td>4</td><td rowspan="2">4</td></tr><tr><td>» 100 » 120</td><td>0,5</td><td>1,0</td><td>4,0</td><td>6</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td>» 120 » 160</td><td>0,6</td><td>1,2</td><td>5,0</td><td>8</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr></table>		D_n или D_k	δ	δ_1	δ_2	r	r_1	r_2	c	d_2	До 50	0,3	0,6	2,5	3	2	2	2	3	Св. 50 до 80	0,35	0,7	3,0	4	3	3	» 80 » 100	0,4	0,8	3,5	5	3	4	4	4	» 100 » 120	0,5	1,0	4,0	6	5	5	» 120 » 160	0,6	1,2	5,0	8	4	5
D_n или D_k	δ	δ_1	δ_2	r	r_1	r_2	c	d_2																																										
До 50	0,3	0,6	2,5	3	2	2	2	3																																										
Св. 50 до 80	0,35	0,7	3,0	4		3	3																																											
» 80 » 100	0,4	0,8	3,5	5	3	4	4	4																																										
» 100 » 120	0,5	1,0	4,0	6		5	5																																											
» 120 » 160	0,6	1,2	5,0	8	4	5	5	5																																										

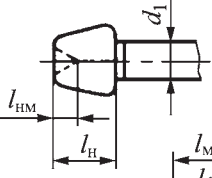
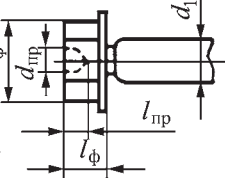
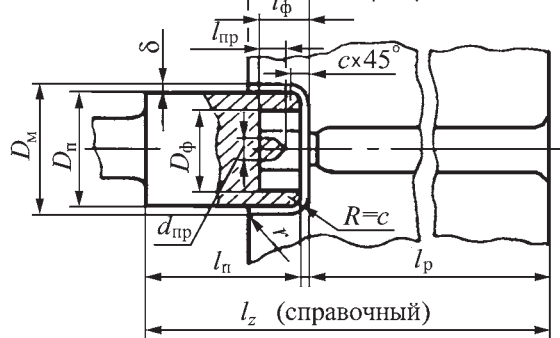
25. Формовочная часть ручья

Условия применения	Конструкция формовочной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
В закрытом ручье	<p><i>Формовочный ручей в матрице или в матрице и пуансоне</i></p> 	<p>$l_n, l_{нм}$ — размеры наборного перехода; $D_{\phi}, l_{\phi}, d_{пр}, l_{пр}$ — размеры требуемого формовочного перехода; $D_m = D_{\phi};$ $D_n = D_m - 2\delta;$ $l_n = l_z - (l_p + l_{\phi});$ $l_m = (l_n + l_{пр} + 0,5d_1) - l_{нм}$</p>

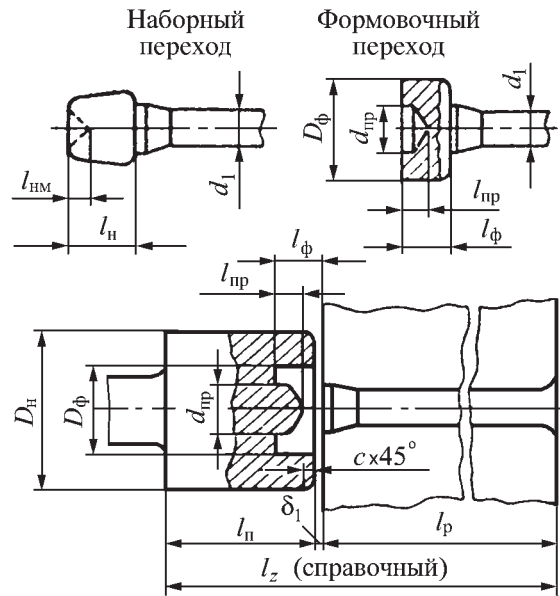
Продолжение табл. 25

Условия применения	Конструкция формовочной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
В открытом ручье	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Наборный переход</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Формовочный переход</p>  </div> </div> 	$D_m = D_\phi + 2b;$ $D_m = D_n + 2\delta;$ $l_n = l_z - (l_p + l_\phi);$ $l_m = (l_n + l_{np} + 0,5d_1) - l_{nm}$

Формовочный ручей в пуансоне

С направлением в матрице	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Наборный переход</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Формовочный переход</p>  </div> </div> 	$D_n \geq D_\phi + 0,4(D_\phi + l_\phi) + 10;$ $D_m = D_n + 2\delta;$ $l_m = (l_n + l_{np} + 0,5d_1) - l_{nm};$ $l_n = l_z - (l_p + \delta_1);$ <p>(δ_1 — торцовый зазор между пуансоном и матрицей)</p>
--------------------------	---	--

Окончание табл. 25

Условия применения	Конструкция формовочной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
Без направления в матрице		$D_{\pi} \geq D_{\Phi} + 0,4(D_{\Phi} + l_{\Phi}) + 10;$ $D_{\text{м}} = D_{\pi} + 2\delta;$ $l_{\text{м}} = (l_{\text{н}} + l_{\text{пр}} + 0,5d_1) - l_{\text{нм}};$ $l_{\text{н}} = l_z - (l_{\text{п}} + \delta_1);$ (δ_1 — торцовый зазор между пуансоном и матрицей)

Размеры, мм, формовочной части ручья

D_{Φ}				δ	δ_1	c	b	r
До	20			0,25	1,0	2	5	2
Св.	20	до	50	0,3	1,2		7	3
»	50	»	80	0,35	1,5	3	8	4
»	80	»	100	0,4	1,7		10	5
»	100	»	120	0,5	2,0	4	12	6
»	120	»	160	0,6	2,5	5	14	8

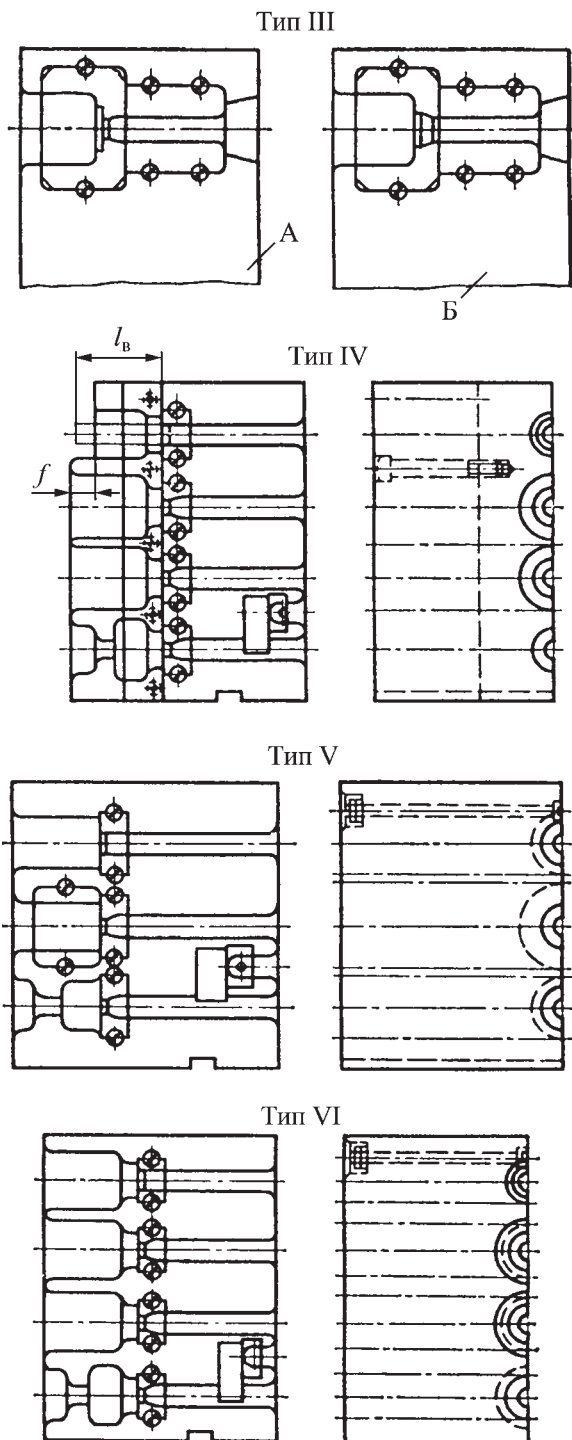
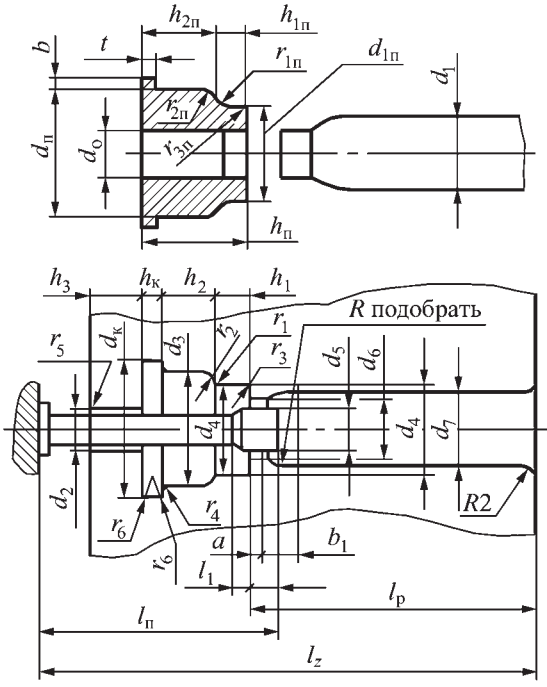
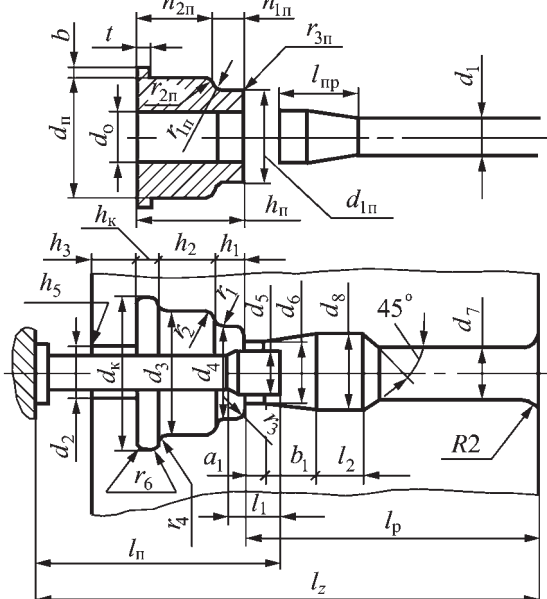
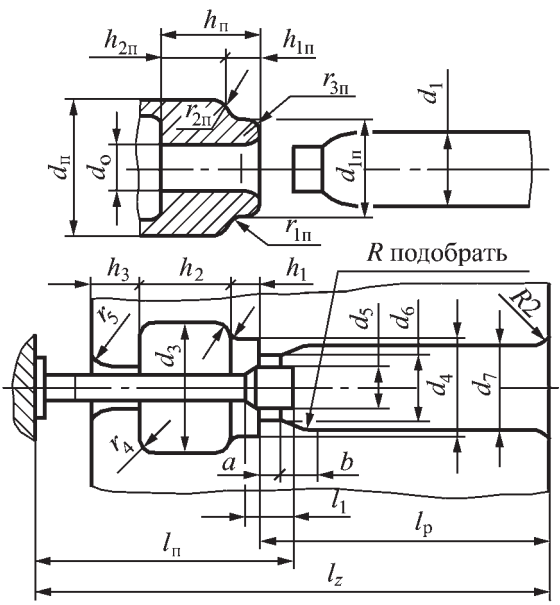
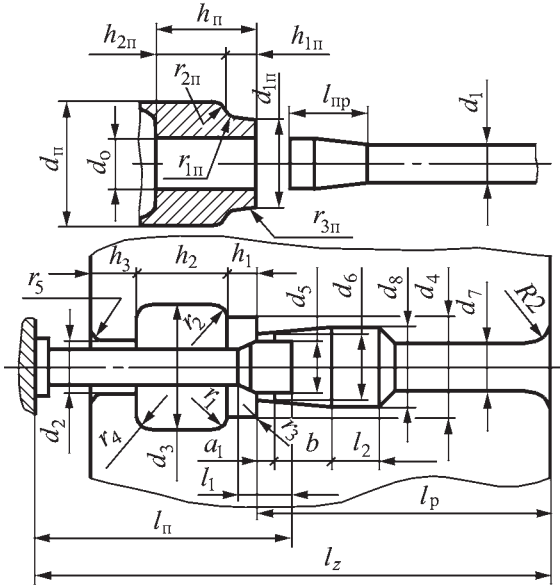


Рис. 37. Варианты конструкций матриц со вставками

26. Пробивная часть ручья

Способ изготовления поковки	Конструкция пробивной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
В открытом ручье с пережимом прутка		<p>d_0; $d_п$; $h_п$ — размеры поковки (формовочного перехода с учетом усадки); t, b — размеры заусенца (облоя);</p> <p>$d_2 = d_0 + (1..2)$; $d_3 = d_п + x$;</p> <p>где x — верхнее отклонение допуска на размер $d_п$;</p> <p>$d_4 = d_{1п} + x$; $d_5 = d_0$; $d_6 = 1,0 d_0 + 0,1$; $d_7 = 1,02 d_1 + 1$; $d_8 = d_6 + 0,17 b$; $d_k = d_п + 3b + 5$; $h_1 = h_п + y$,</p>
В открытом ручье с подъемом прутка		<p>где y — нижнее отклонение допуска на размер $h_п$;</p> <p>$h_2 = h_{2п} - (5..10)$; $h_k = 10..15$; $h_3 = 25..35$; $l_1 = 0,3 h_п + (10..20)$; $l_2 = (l_{пп} - b_1) + 20$; $l_п = (l_z - l_p) + (10..15)$; $r_1 = r_{1п} + (2..3)$; $r_2 = r_{2п} - (0,5..1)$; $r_3 = r_{3п} - 1$; $r_4 = 2..3$; $r_5 = 0,2 h_3$; $r_6 = 0,2 h_k$</p>

Продолжение табл. 26

Способ изготовления поковки	Конструкция пробивной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
В закрытом ручье с пережимом прутка		<p>Те же, что и для открытого ручья</p> $h_2 = h_{2п} + (15 \dots 20)$
В закрытом ручье с подъемом прутка		

Окончание табл. 26

Размеры, мм, пробивной части ручья

d_o				D^*				B^*	a	a_1	b_1
До	20			От	55	до	60	25	3	5	20
Св.	20	до	40	Св.	60	»	90	32	4	6	25
»	40	»	60	»	90	»	120	40	4	7	32
»	60	»	80	»	120	»	160	50	5	8	40

* См. эскизы к табл. 27.

27. Вставки пробивной части ручья

Условия применения	Конструкция пробивной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
После пережима прутка		d_1 — номинальный диаметр прутка с учетом усадки; d_o — номинальный диаметр отверстия с учетом усадки;
После подъема прутка		$d_2 = 1,02d_1 + 1$; $d_3 = 1,01d_o + 0,1$ (остальные размеры указаны в табл. 26)

28. Обрезная часть ручья

Расположение заусенца на поковке	Конструкция обрезной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
На переднем торце		<p>d_n, h_n, l_c — размеры окончательного формовочного перехода с учетом усадки; t, b — размеры заусенца (облая);</p> <p>$d_2 = d_n + 0,5x$,</p> <p>где x — верхнее отклонение допуска на размер d_n;</p> <p>$d_3 = d_2 - 2\delta$,</p> <p>где δ — по табл. 29;</p> <p>$d_4 = d_n + 3b + 5$;</p> <p>$d_5 = 1,01d_2$ — округлять в большую сторону до 0,1;</p> <p>$d_6 = d_2 + 0,17(B - a)$,</p> <p>где a и B — по табл. 30;</p> <p>$d_7 = 1,02d + 1$; $h = 0,1d_n + 10$;</p> <p>$h_1 = 5t$;</p> <p>$h_2 = h_n + 20 - B$, но h_2 не должно быть менее 10;</p> <p>$l \geq d$;</p> <p>$l_p = l + 0,5(d_6 - d_7) + h_2 + B$;</p> <p>$l_n = (l_z - l_p) + (10 \dots 15)$</p> <p>($d_7$ — диаметр направляющего отверстия)</p>
На незначительном расстоянии от переднего торца		<p>$D_1 = d_{1n} + (1 \dots 2)$;</p> <p>$D_2 = d_{2n} + (1 \dots 2)$;</p> <p>$H_1 = h_{1n} + 1$</p> <p>($H_1$ — глубина полости пуансона)</p>

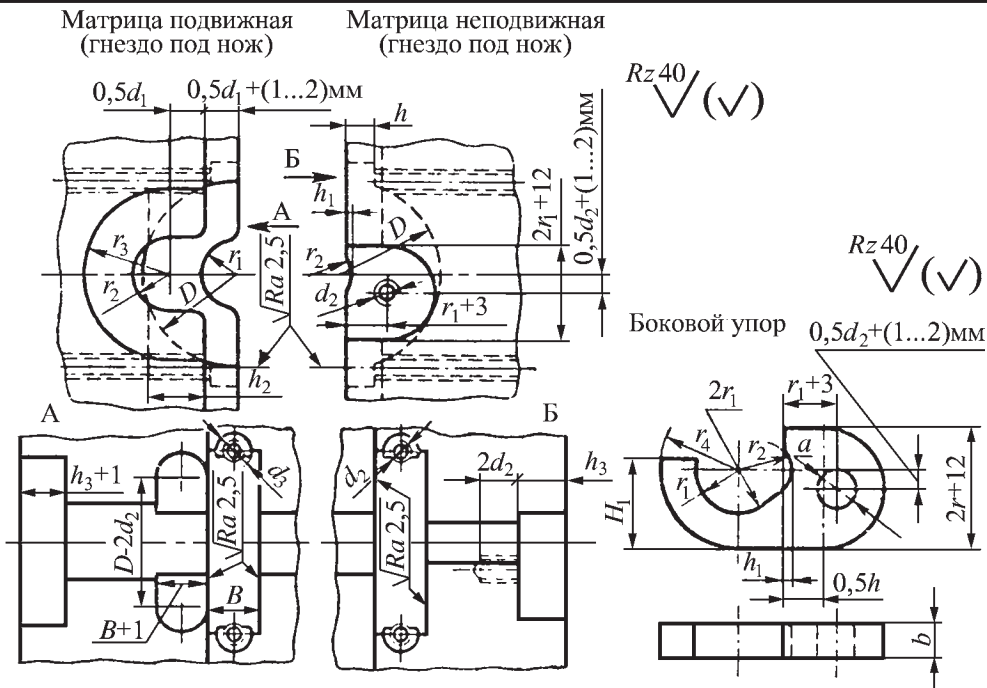
Окончание табл. 31

Диаметр заготовки с учетом усадки, мм	D	B	a	b	$h; d_2$	h_1	h_3	d_3	d_4	r
	Поле допуска h8									
До 20	$(2,2...3,0)d_1$	$(1,0...1,4)d_1$	2	4	11	$r_1 + 6$	6	16	M10	3
Св. 20 до 40	$(2,2...3,0)d_1$	$(1,0...1,4)d_1$	3	5	13	$r_1 + 8$	8	19	M12	4
Св. 40 до 60	$(1,8...2,2)d_1$	$(0,7...1,0)d_1$	4	6	17	$r_1 + 10$	10	25	M16	5

Примечания: 1. $r_1 = 0,5d_1 + (1...2)$ мм и $r_2 = r_1 + a$.

2. Ручьи используют при отрезке прутков диаметром более 30 мм. На первом переходе прутки надрезают; на втором — отрезают окончательно.

32. Размеры, мм, элементов ручьев для отрезки со сдвигов поковки за один переход

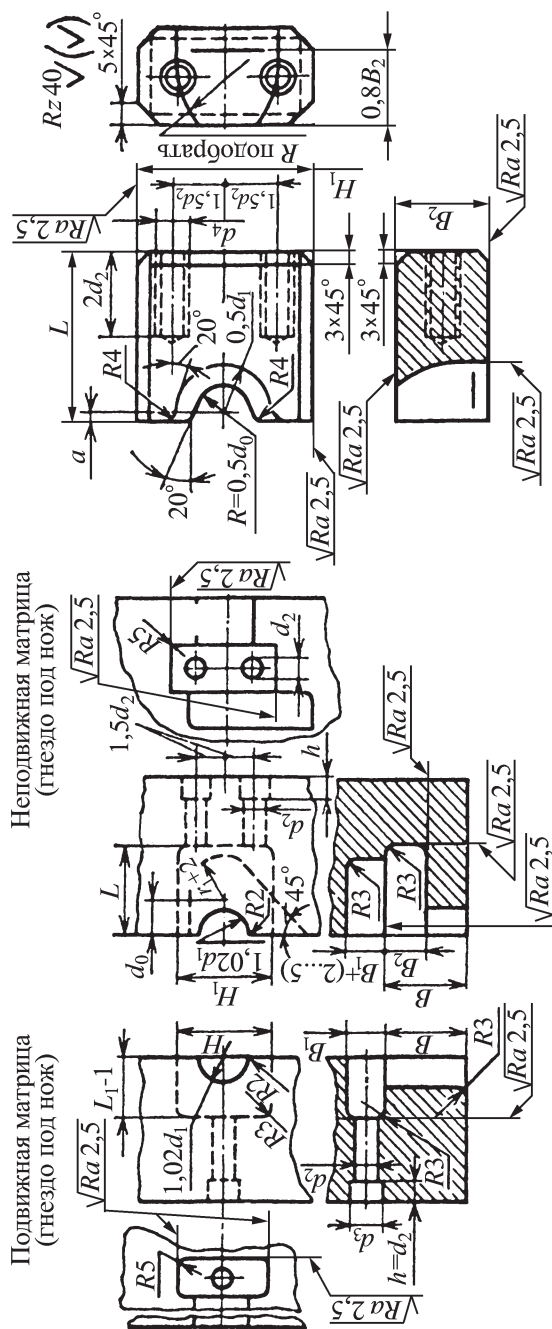


Диаметр заготовки с учетом усадки d_1 , мм				D	B	H_1	$h; d$	h_1	
				Поле допуска Н8					
До	20			$(2,2...3,0) d_1$	$(1,0...1,4) d_1$	$r_1 + 16$	11	2	
Св.	20	до	40			$r_1 + 20$	13	3	
»	40	»	60	$(1,8...2,2) d_1$	$(0,7...1,0) d_1$	$r_1 + 24$	17	4	
Диаметр заготовки с учетом усадки d_1 , мм				h_2	d_2	d_3	r_2	r_3	r_4
До	20			$r_1 + 6$	M10	16	$r_1 + 2$	$r_1 + 12,5$	$r_1 + 12$
Св.	20	до	40	$r_1 + 8$	M12	19	$r_1 + 3$	$r_1 + 16$	$r_1 + 14$
»	40	»	60	$r_1 + 10$	M16	25	$r_1 + 4$	$r_1 + 20$	$r_1 + 16$

Примечания: 1. $r_1 = 0,5d_1 + (1...2)$ мм; $h_3 = 0,6d_1$, но не менее 20 мм; $b = 0,3d_1$, но не менее 10 мм.

2. Ручей используют для отрезки прутка диаметром до 30 мм за один переход.

33. Размеры, мм, ручья для отрезки высечки после прошивки отверстия в поковках со сквозным отверстием

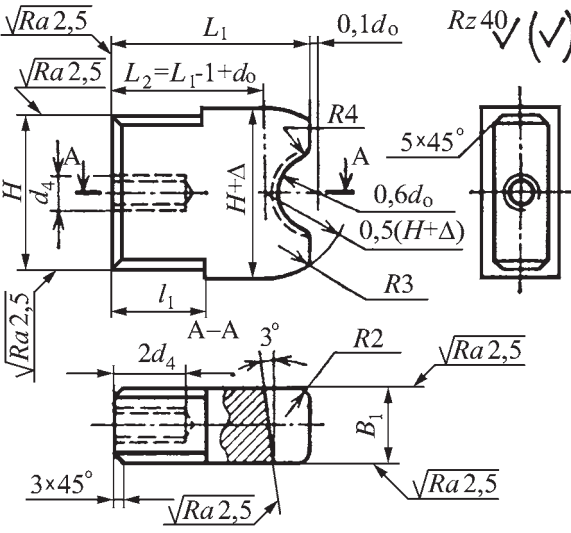


Поле допуска размеров H_1 , B , B_2 и L Н8

Поле допуска размеров H_1 , B_2 и L h8

Диаметр заготовки с учетом усадки d_1 , мм	H_1	B	B_2	L	d_2	d_3	d_4
До 30	(2,0...3,0) d_1	(2,0...2,5) d_1	(1,2...1,4) d_1	(2,5...3,2) d_1	13	21	M12
Св. 30 до 50		(1,5...2,0) d_1	(0,8...1,2) d_1	(2,0...2,5) d_1	17	26	M16
Св. 50 до 70	(1,8...2,0) d_1	(1,3...1,5) d_1	(0,7...0,8) d_1	(1,7...2,0) d_1	21	32	M20

Окончание табл. 33

					Диаметр высечки d_0 , мм		a
Св.	16	до	25				3
»	25	»	30				4
»	30	»	40				5
»	40	»	50				6
»	50	»	60				7

Диаметр высечки d_0 , мм				H	B_1	L_1	Δ	l_1
				Поле допуска Н6				
Св.	16	до	25	$(1,8...2,2) d_0$	$(1,1...1,2) d_0$	$(3,0...3,5) d_0$	5	$(1,4...1,8) d_0$
»	25	»	40	$(1,5...1,8) d_0$	$(0,9...1,1) d_0$	$(2,5...3,0) d_0$		$(1,0...1,4) d_0$
»	40	»	60	$(1,2...1,5) d_0$	$(0,8...0,9) d_0$	$(2,0...2,5) d_0$	10	$(0,8...1,0) d_0$, но не более $2d_4$

Габаритные размеры вставок.

$$D_{\text{вс}} = D_{\text{м}} + 2t,$$

где t соответственно равно минимально допустимой толщине t_1 стенки наборной вставки; t_2 — то же, формовочной вставки; t_3 — то же, поддерживающей вставки (см. табл. 34).

Минимально допустимые размеры пережимных, подъемных и пробивных вставок определяются по табл. 22 и 23, а также табл. 26 и 27.

Диаметр зажимной вставки (табл. 34) следует принимать равным диаметру пережимной или подъемной вставки. Длину зажимной вставки $l_{\text{зж}}$ определяют в зависимости от необходимой длины зажимного ручья.

Размеры блоков матриц. Минимально допустимая толщина стенки

блока матриц (см. табл. 34) в зависимости от длины матриц L равна: $t = 10...15$ мм; $T \geq 15...20$ мм.

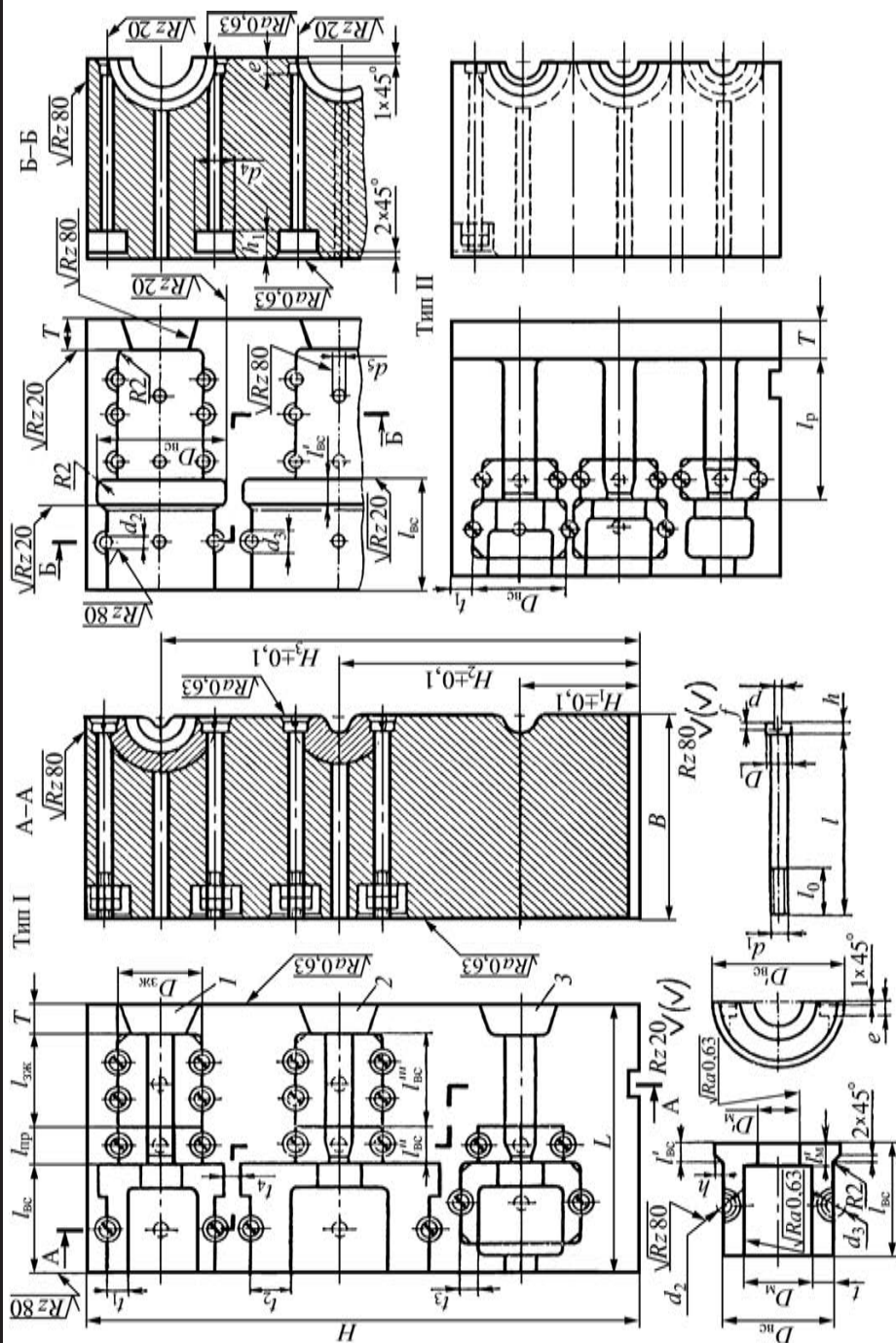
Высоту блока H определяют как сумму размеров — диаметров вставок и минимально допустимых толщин стенок. Полученное таким образом значение уточняют в соответствии с характеристикой штампового пространства ГKM (см. табл. 2).

Размер блока по длине L находят как сумму длин вставок с учетом толщины стенки в долевом направлении блока:

$$L = l_{\text{вс}} + l_{\text{пр}} + l_{\text{зж}} + T$$

и уточняют по размерам штампового пространства данной ГKM (см. рис. 3). Размер блока по толщине B определяют по характеристике штампового про-

34. Размеры, мм, блоков матриц и вставок



Ручьи 1 — наборный; 2 — формовочный; 3 — пробивной

Окончание табл. 34

Максимальный диаметр ручья матрицы				Толщина стенок и бурта				Размеры винта и отверстий в блоке						
				t_1	t_2	t_3	h	d_1 (min)	d_2	d_3	d_4	d_5	h_1	e
До	20			8	10	8	5	M12	13	19	40	10	30	10
Св.	20	до	40	10	12	8	6	M12	13	19	40	10	30	10
»	40	»	50	12	14	10	7	M14	15	22	40	10	33	12
»	50	»	70	13	15	11	8	M14	15	22	40	10	33	12
»	70	»	90	15	17	13	9	M16	17	25	46	12	35	13
»	90	»	120	18	20	17	10	M16	17	25	46	12	35	13
»	120	»	150	23	25	20	11	M20	21	31	52	15	40	16
»	150		200	28	30	26	12	M20	21	31	52	15	40	16
»	200	»	250	30	32	28	13	M24	25	37	60	15	50	19
»	250	»	300	32	35	30	14	M24	25	37	60	15	50	19

Примечания: 1. Тип I — рабочие части ручьев расположены во вставках; тип II — отсутствуют вставки для зажимной части ручьев; некоторые рабочие вставки крепят общими винтами.

2. Размеры H_1 , H_2 и H_3 выбирают конструктивно.

3. Острые кромки матричных блоков притупить фаской $2 \times 45^\circ$, кромки отверстий под вставки скруглить радиусом 1 мм.

странства ГKM, для которой предназначен данный штамп (табл. 2). Размеры отверстий в блоках матриц и винты крепления вставок принимают по табл. 34.

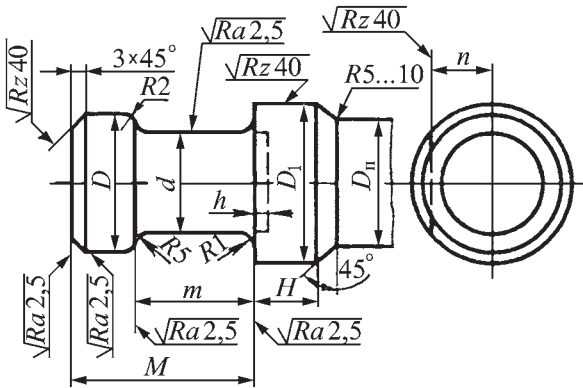
Хвостовики пуансонов конструируют в соответствии с табл. 35.

Сборные пуансоны. Пуансоны формовочные. В зависимости от диаметра пуансона (или диаметра поковки), диаметра и длины прошиваемой полости

(если требуется прошить полость) рекомендуются три различные конструкции сборного формовочного пуансона (рис. 38 и табл. 36 и 37).

Пуансоны пробивные. В зависимости от диаметра пуансона (или диаметра поковки), диаметра и длины пробиваемой полости рекомендуются две различные конструкции сборного пробивного пуансона (рис. 39 и табл. 38).

35. Размеры, мм, хвостовиков пуансонов

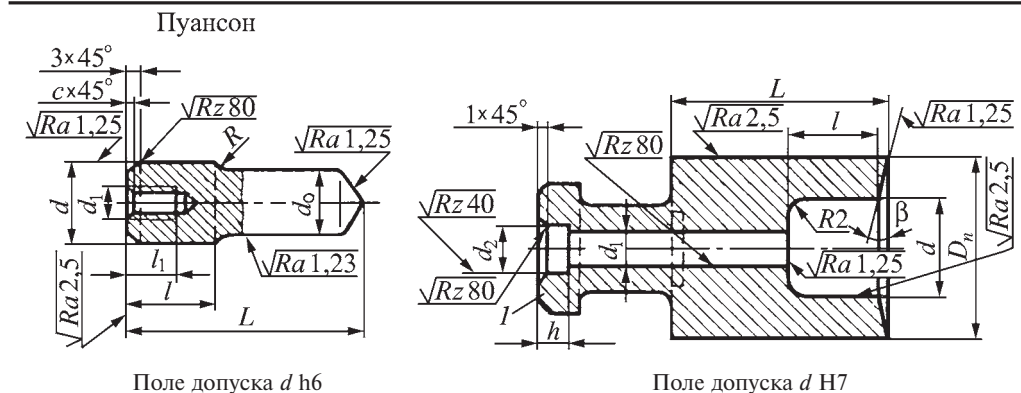


Окончание табл. 35

Сила ГКМ, МН	D	d	m	M	H	n	h
	Поле допуска			Пред. откл. +0,5	Поле допуска		
	h12	h8	H11		h14	h11	H14
1	50	36	39	55	12	23	4
1,6	55	40	42	60		25	
2,5	60	45	50	70		28	
4	70	50	58	80	16	32	6
6,3	80	55	65	90		36	
8	90	60	72	100		40	
10	100	70	78	110	20	50	8
12,5	110	80	79	115		60	

Примечание. D_n — диаметр пуансона — конструктивный размер, зависящий от диаметра паковки. При $D_n > (1,5...2,0)d$ утолщение D_1 не выполняют, $D_1 > (1,5...2,0)d$, но не более ширины блока пуансона.

36. Размеры, мм, элементов формовочного пуансона при $\frac{D_n}{D_0} > 1,5$



Диаметр прошиваемого отверстия d_o , мм				d	Пуансон					Державка			
					d_1	l	l_1	c	R	d_1	d_2	l	h
До	32			$d_o + 3$	M16	40	25	1,5	$\frac{d-d_o}{2}$	17	26	42	16
Св.	32	до	40	$d_o + 4$	M20		32	2		21	32	52	20
»	40	»	50	$d_o + 5$		50							
»	50	»	60	$d_o + 6$	M24	60	36			25	38	63	24
»	60	»	80	$d_o + 8$		80			85				

Примечания: 1. L — конструктивный размер; β принимают по эскизу перехода.

2. Размеры и обработка хвостовой части (поз. 1 на эскизе) — по табл. 35.

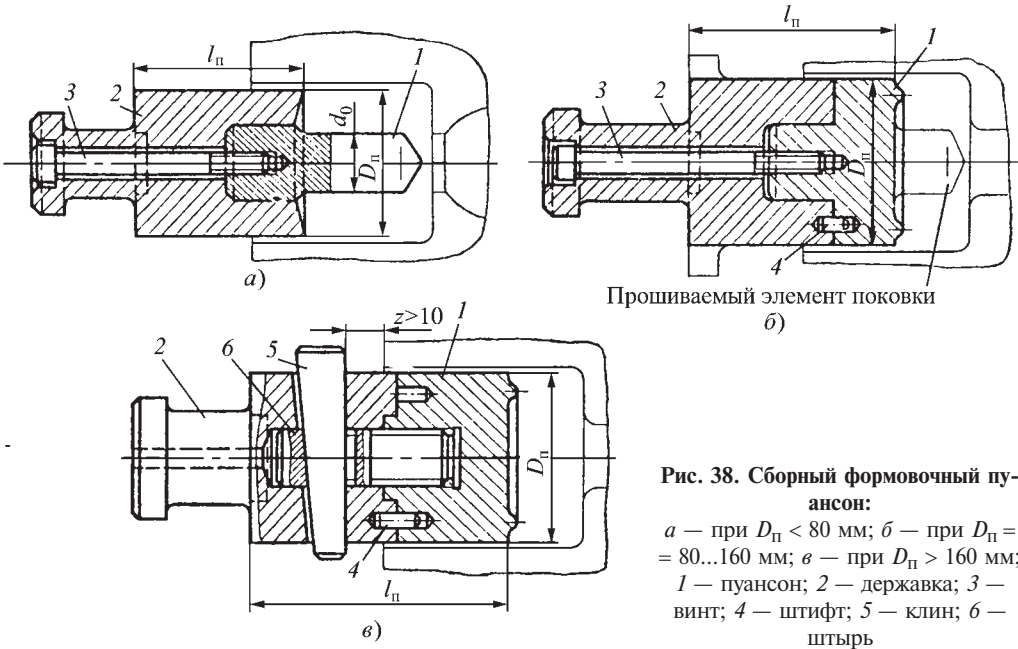
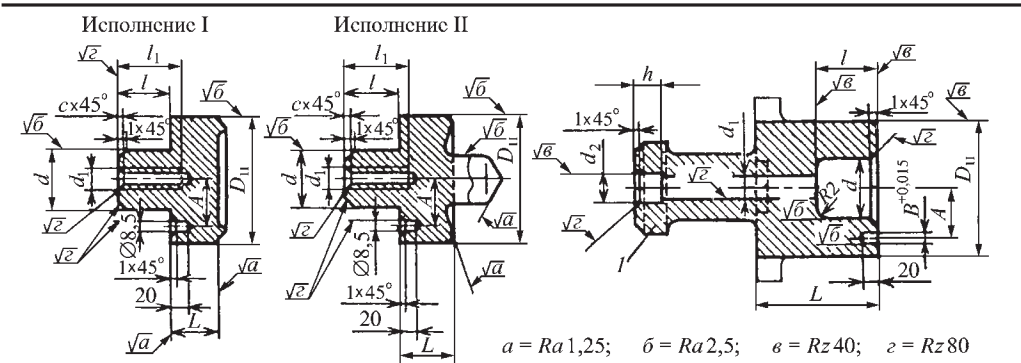


Рис. 38. Сборный формовочный пуансон:
а — при $D_{\text{п}} < 80$ мм; б — при $D_{\text{п}} = 80 \dots 160$ мм; в — при $D_{\text{п}} > 160$ мм;
1 — пуансон; 2 — державка; 3 — винт; 4 — штифт; 5 — клин; 6 — штырь

37. Размеры, мм, элементов формовочного пуансона



Поле допуска d h6						Поле допуска d H7							
Диаметр пуансона $D_{\text{п}}$						Пуансон				Державка			
						d_1	l	l_1	c	d_1	d_2	l	h
Св.	80	до	100	50	32	M20	19	32	2	21	32	20	20
Св.	100	до	120	60	40	M24	24	36	2	25	38	25	24
»	120	»	160	80	50	M30	30	40	2,5	31	44	32	30

Примечания: 1. Размер L выбирают конструктивно; $L = 0,3D_{\text{п}}$, но не менее 30.
2. Размеры и обработка хвостовой части (поз. 1 на эскизе) — по табл. 35.

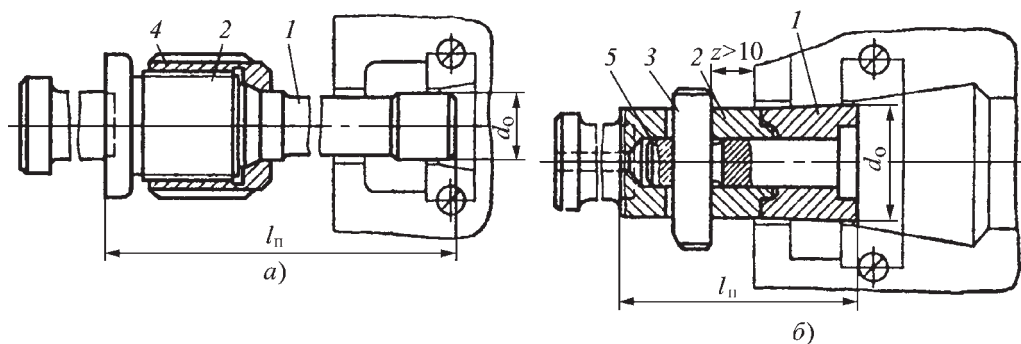


Рис. 39. Сборный пробивной пуансон:

а — при $d_0 \leq 80$ мм; б — при $d_0 > 80$ мм; 1 — пуансон; 2 — державка; 3 — клин; 4 — гайка; 5 — штырь

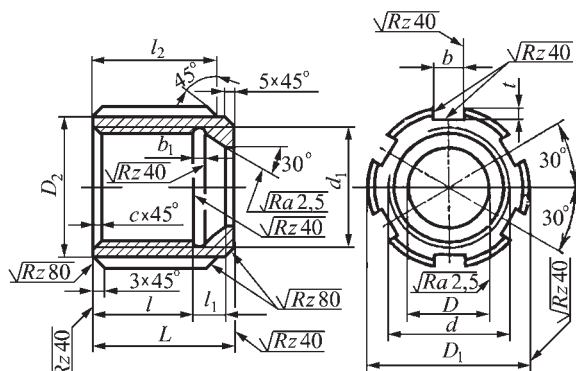
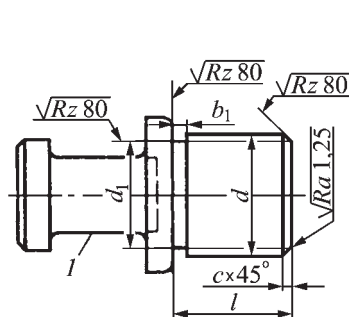
38. Размеры, мм, элементов пробивного пуансона

Пуансон			Диаметр прошиваемого отверстия d_0		D	D_1	l	l_1	c	R
	До	30	32	40	10			16	0,4	
	Св.	30 до 38	40	50	12					
	»	38 » 48	50	65	16					$\frac{D-d_1}{2}$
	»	48 » 68	70	85	20	0,6				
	»	68 » 78	80	100	20					

Поле допуска D h8; h^* — высота прошиваемой поковки; размер $l_п$ выбирают конструктивно

Державка

Гайка



После допуска D H8

Окончание табл. 38

Диаметр прошиваемого отверстия d_o				d	Державка		Гайка										
					d_1	l	d_1	D_1	D_2	L	l	l_1	l_2	t	b	b_1	c
До	30			M48×3	43,5	55	48,6	80	60	70	45	14	60		6	2	
Св.	30	до	38	M60×4	54	65	60,8	90	70	80	50	18	65	8	20	8	3
»	38	»	48	M76×4	70	75	76,8	110	90	100	60	22	80				
»	48	»	68	M95×4	89	85	95,8	130	110	110	70		90				
»	68	»	78	M115×4	109	100	115,8	150	130	125	85	26	100	10	25	8	3

Примечание. Размеры и обработка хвостовой части (поз. 1 на эскизе) — по табл. 35.

Пуансоны обрезные. Конструкция сборного обрезного пуансона, его деталей и их размеры при диаметре пуансона (поковки) $D_{\Pi} = 80...160$ мм даны на рис. 40 и в табл. 39.

Задние упоры. Задние упоры применяют при изготовлении поковок из штучных заготовок (прутков). В зависимости от длины стержня l_c , диаметра d , отношения l_c / d и числа переходов штамповки применяют задние упоры (табл. 40):

- располагаемые в штампе (если стержень поковки или прутка не выступает за задний край блока матриц) при небольшой массе поковок, штампуемых не более чем в трех ручьях; отношение $l_c / d = 2...3$;

- прикрепляемые к штампу при условии, что стержень поковки или прутка несколько выступает за задний край блока матриц;

- прикрепляемые к станине машины (если стержень поковки или прутка

выступает за переднюю поверхность машины).

Последовательность проектирования штампов. Штампы для ГКМ проектируют с использованием правил и рекомендаций, приведенных выше, в следующем порядке:

- по чертежу детали и программному заданию составляют чертеж поковки и разрабатывают технические требования, которым она должна удовлетворять;

- проводят расчет и выбор штамповочных переходов, а также диаметра исходной заготовки;

- определяют необходимую силу штамповки и выбирают ГКМ по максимальной силе штамповки и габаритным размерам штампового пространства;

- в соответствии с выполненными расчетами находят размеры ручьев штампов и разрабатывают конструкцию отдельных его деталей и элементов,

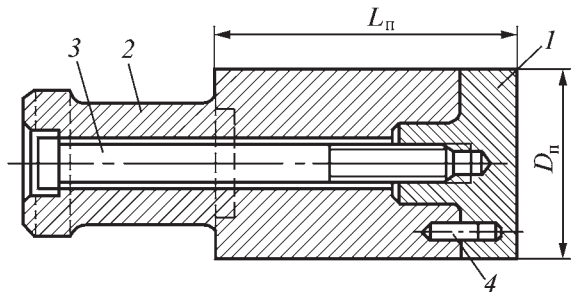
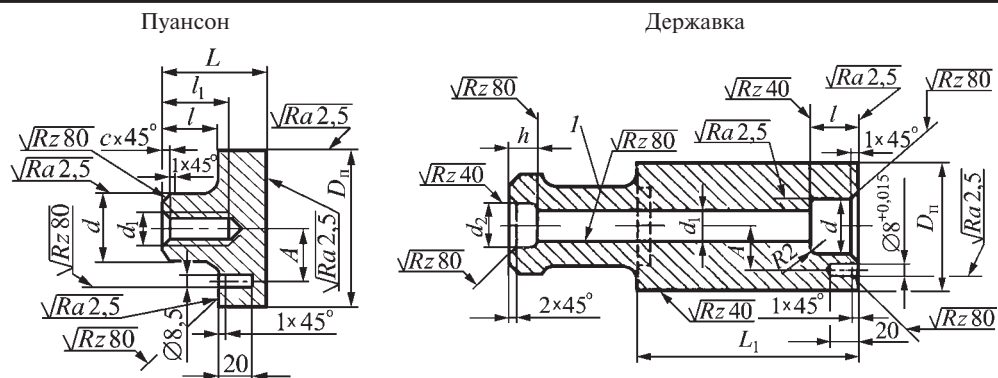


Рис. 40. Сборный обрезной пуансон ($D_{\Pi} = 80...160$ мм):
1 — пуансон; 2 — державка; 3 — винт;
4 — штифт

39. Размеры, мм, элементов обрезающего пуансона

Поле допуска d h6Поле допуска d H7

Диаметр пуансона D_n	d	A (доп. откл. $\pm 0,1$)	Пуансон					Державка			
			d_1	L	l	l_1	c	d_1	d_2	l	h
Св. 80 до 100	50	32	M20	54	19	32	2	21	32	20	22
» 100 » 120	60	40	M24	58	24	36	2	25	38	25	26
» 120 » 160	80	50	M30	62	30	40	2,5	31	44	32	32

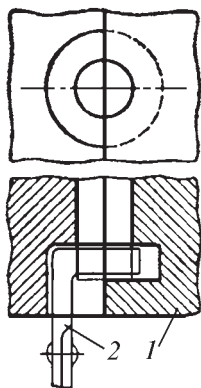
Примечания: 1. Размер L_1 выбирают конструктивно.

2. Размеры и обработка хвостовой части (поз. 1 на эскизе) — по табл. 35.

40. Задние упоры

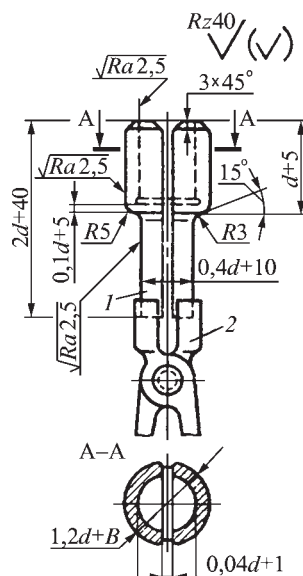
Упоры, располагаемые в штампе

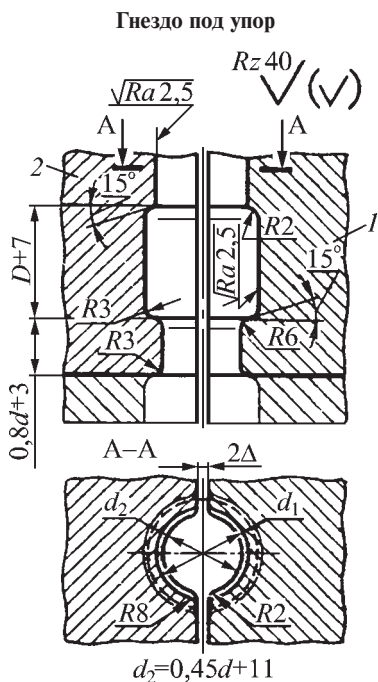
Упор в неподвижной матрице



1 — неподвижная матрица; 2 — клещи

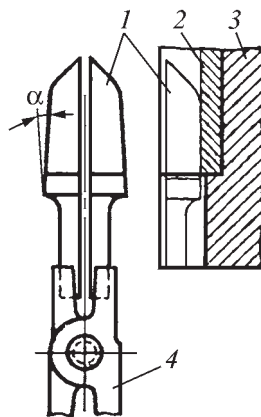
Упор-клещи

1 — упор; 2 — клещи; d — номинальный диаметр стержня



1 — неподвижная матрица; 2 — подвижная матрица; d_1 — диаметр стержня с учетом усадки

Схема штамповки кольца в матрице с упором в заднюю стенку и с клещами-оправкой

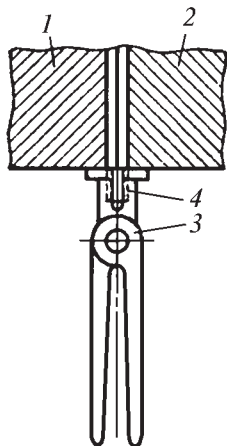


1 — оправка; 2 — поковка; 3 — матрица; 4 — клещи

Упоры, прикрепляемые к штампу

Упор клещи-фиксатор

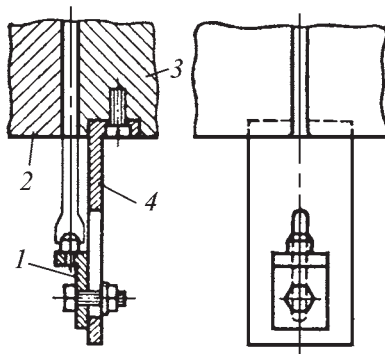
Применяют в том случае, если не требуется точно выдерживать заданную длину стержня



1 — подвижная матрица; 2 — неподвижная матрица; 3 — клещи; 4 — задний торец заготовки

Упор «с переставляемой ползушкой»

Применяют при необходимости фиксирования положения поковки при штамповке ее противоположного конца

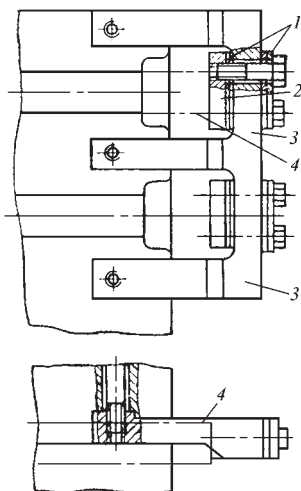


1 — упор-ползушка; 2 — подвижная матрица; 3 — неподвижная матрица; 4 — планка

Продолжение табл. 40

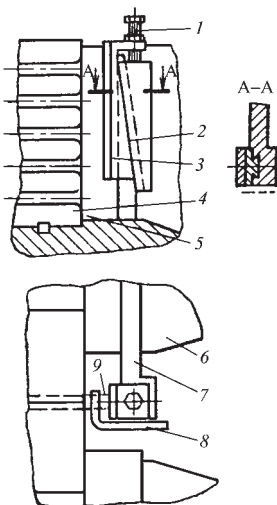
Упор-«рамка»

(применяют, когда необходимо регулировать длину в нескольких ручьях)



1 — прокладка; 2 — опорная рамка;
3 — рамка-упор; 4 — контур заготовки

Упор-рамка с клиновой регулировкой (применяют, если необходимо регулировать длину стержня во всех ручьях на одну и ту же величину)

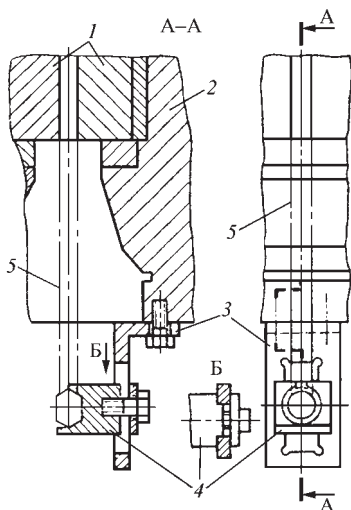


1 — регулировочный болт; 2 — упор; 3 — упорная планка; 4 — штамп; 5 — опорная грудная плита; 6 — станина; 7 — плита; 8 — клещи; 9 — заготовка

Упоры, прикрепляемые к станине машины

Упор с фиксатором-ползушкой

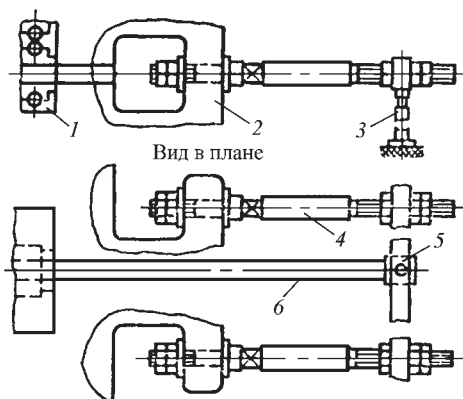
Применяют, если длина стержня поковки или прутка, выступающая за край станины машины, незначительна



1 — штамп; 2 — станина; 3 — планка; 4 — фиксатор-ползушка; 5 — контур поковки

Внешний упор с регулировкой шпилькой

Применяют при значительной длине стержня или прутка

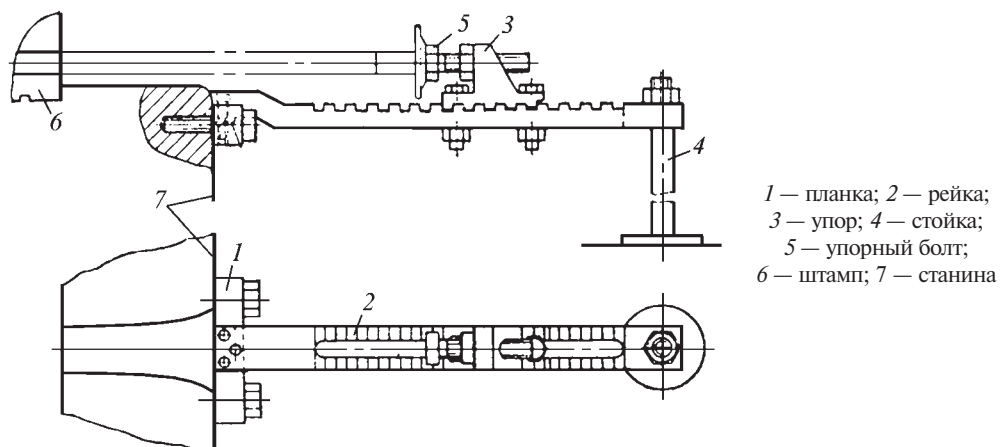


1 — штамп; 2 — станина; 3 — стойка; 4 — шпилька; 5 — упорная планка; 6 — заготовка

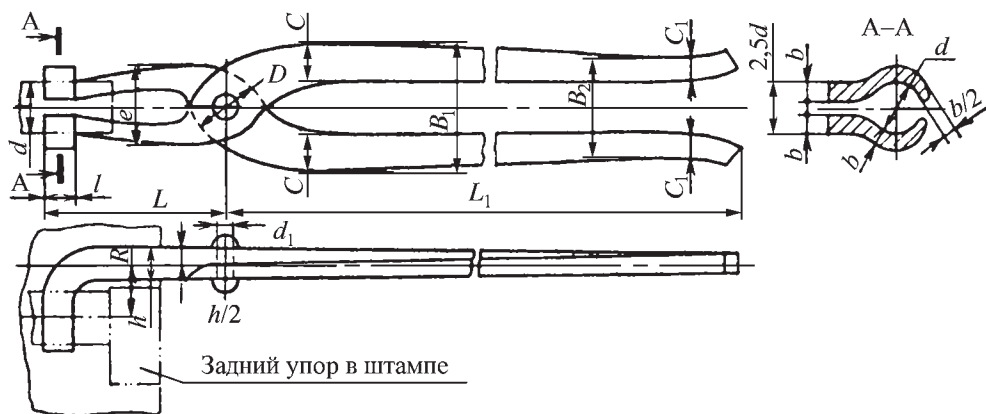
Окончание табл. 40

Внешний упор с регулируемой рейкой и шпилькой

Универсален, позволяет устанавливать поковки, значительно отличающиеся по длине



Клещи для работы от заднего упора в штампе



Размеры, мм

d	L	L_1	l	D	d_1	b	B	B_1	B_2	C	C_1	h	K
До 20	60	400...600	18	24	10	6	28	50	40	13	10	12	20
21...40	75	500...700	20	28	12	8	32	55	45	15	12	18	32
41...50	80	550...750	22	30	14	10	35	65	50	18	12	20	40
51...75	90	600...800	25	35	16	12	40	70	60	20	15	24	52

выбирают наиболее рациональное взаимное расположение ручьев, конструкцию и размеры пуансонодержателя;

— вычерчивают общий вид штампа, проставляют его габаритные размеры

и закрытую высоту, а также другие размеры и требования, необходимые для детализирования штампа;

— производят детализирование штампа с указанием марок материалов,

твердости, допусков на изготовление, шероховатости поверхности и других данных, необходимых для изготовления всех деталей и элементов штампа.

Ручьи штампов горизонтально-ковочных машин изготавливают, как правило, по 4-му классу точности (ОСТ 1014) с шероховатостью поверхности Ra 2,5 и 1,25, причем формовочные, формовочно-прошивные ручьи и детали прошивных ручьев (пуансоны и матрицы) должны быть изготовлены с шероховатостью поверхности Ra 1,25. В остальном все узлы и детали штампов должны быть изготовлены в соответствии с заводскими нормами.

7. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ШТАМПОВ

Конструирование штампов для поковки I и V групп:

1) по чертежу детали составляют чертеж поковки (рис. 41), используя методику, приведенную в гл. 1;

2) на основании чертежа поковки находят диаметр и длину заготовки (прутка), а также длину стержня. При определении длины заготовки учитывают угар и объем облоя, если штамповку проводят с облоем;

3) по длине стержня l_c и его диаметру, используя диаграмму (см. рис. 17), выбирают вариант штамповки (в данном случае штамповку мерной заготовки с применением заднего упора, прикрепленного к штампу);

4) для найденного варианта штамповки и по составленному чертежу поковки уточняют ее массу, проверяя правильность выбранного интервала масс поковок, для которого проводился расчет; в данном случае стержневая часть поковки в массу поковки не входит; при необходимости проводят дополнительный расчет;

5) находят объем высаживаемой части прутка V_b по формуле (4) и выса-

живаемую длину прутка l_b по формуле (5). Для данной поковки объем облоя $V_o = 0$, угар $\delta = 2\%$; с учетом размеров поковки $l_b = 55$ мм;

6) по рекомендациям к расчету высадки определяют число наборных переходов и их размеры; для изготовления данной поковки достаточно иметь два наборных ручья и один формовочный, не считая ручья для расплющивания головки;

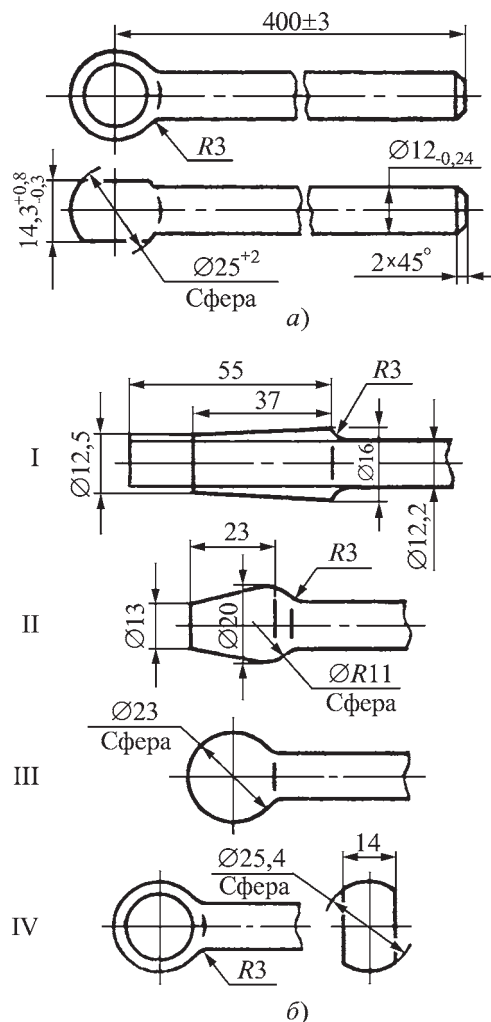


Рис. 41. Поковка типа стержня с расплющенным утолщением:

a — поковка; *б* — переходы штамповки (I–IV)

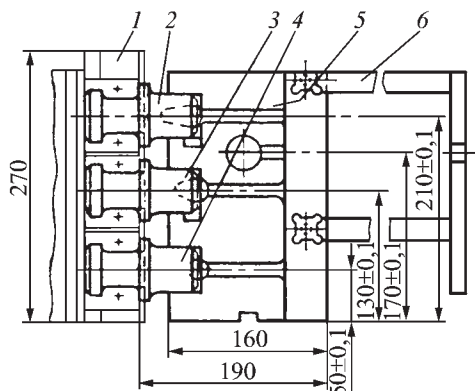


Рис. 42. Высадочный штамп для поковки типа стержня с расплюснутым утолщением:

1 — блок пуансонов; 2 и 3 — наборные пуансоны; 4 — формовочный ручей; 5 — блок матриц; 6 — задний упор-рамка

7) рассчитывают наибольшую силу штамповки в формовочном ручье. В данном случае материал поковки сталь 45, температура окончания штамповки $680...700^{\circ}\text{C}$. Штамповка проводится в открытом ручье, но без облоя, что приближенно позволяет использовать данные табл. 4 для операций типа I, выполняемых в закрытых ручьях. На основе этих данных сила штамповки равна приблизительно 150 кН; выбирают ГKM с

силой 1 МН (наименьшая сила по ГОСТ 7023—89);

8) проверяют габаритные размеры штампового пространства ГKM в целях выявления возможности размещения необходимого числа ручьев по высоте блока матриц и блока пуансонов.

На рис. 42 приведен общий вид штампа для изготовления данной поковки.

Конструирование штампов для поковок II группы:

1) по чертежу детали составляют чертеж поковки (рис. 43);

2) по чертежу поковки уточняют ее массу, проверяя правильность выбранного интервала масс поковок, для которого проводился расчет; при необходимости проводят дополнительный расчет;

3) используя табл. 14 и 15, составляют эскиз последнего формовочно-прошивного перехода и определяют его объем, в данном случае по формуле (21) в связи с принятым для данной поковки кольца способом штамповки без облоя;

4) при штамповке поковок колец диаметр исходного прутка предварительно определяют по формуле (23) с

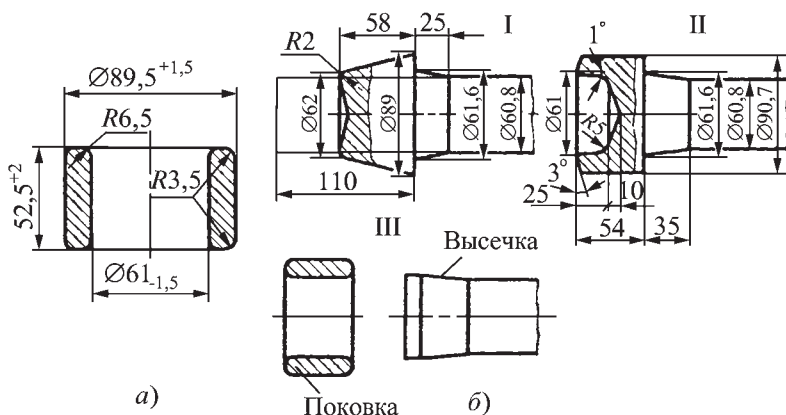


Рис. 43. Поковки типа гладкого цилиндрического кольца:

а — поковка; б — переходы штамповки (I—III)

округлением диаметра прутка до ближайшего меньшего по соответствующему ГОСТу. В данном случае диаметр прошиваемого отверстия $d_0 = 61$ мм, диаметр прутка $d = 60$ мм;

5) определяют длину высаживаемой части прутка по объему формовочно-прошивного перехода и принятому диаметру прутка, используя формулу (24);

6) определяют $\psi = l_b / d$ и корректируют (если это необходимо) по формуле (26) диаметр прутка d , изменяя длину l_b соответственно принятому по п. 1 способу штамповки, определяемому последовательностью формоизменения; в отдельных случаях целесообразно скорректировать на основе найденного значения ψ принятую последовательность формоизменения; в данном случае корректировки не требуется, поскольку $\psi = 110 / 60 = 1,83 < 3,0$, что соответствует принятой последовательности формоизменения с одним наборным переходом;

7) выбирают ГKM по расчетному значению силы штамповки, числу технологических переходов и габаритным размерам штампового пространства машин; для данной поковки необходима ГKM силой 6,3 МН;

8) конструируют узлы и детали штампа.

На рис. 44 показан штамп (вставки цилиндрической формы) для изготовления поковки гладкого цилиндрического конца. Если исходная заготовка или поковка имеет небольшие размеры, то в отдельных случаях рационально изготавливать

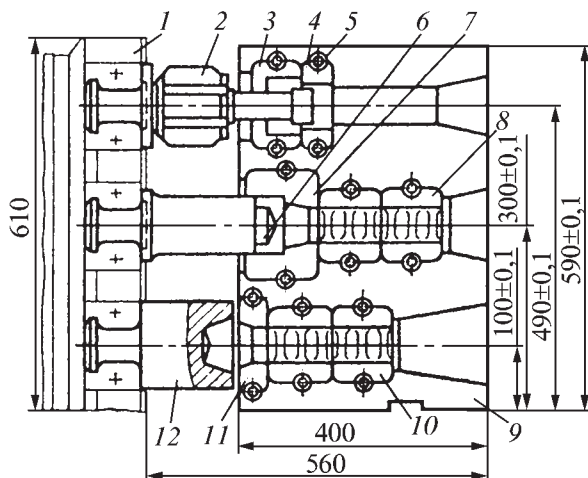


Рис. 44. Высачный штамп для поковки типа кольца: 1 — блок пуансонов; 2 — сборный просечной пуансон; 3 и 4 — просечные вставки; 5 — винт для вставок; 6 — формовочный пуансон; 7 — формовочная вставка; 8 и 10 — зажимные вставки; 9 — матрица; 11 — подъемная вставка; 12 — наборный пуансон

прямоугольные вставки, так как в них можно предусмотреть ручки с двух сторон (рис. 45).

Примеры конструкций штампов. На рис. 46 изображен штамп для изготовления поковки цилиндрической шестерни и переходы штамповки.

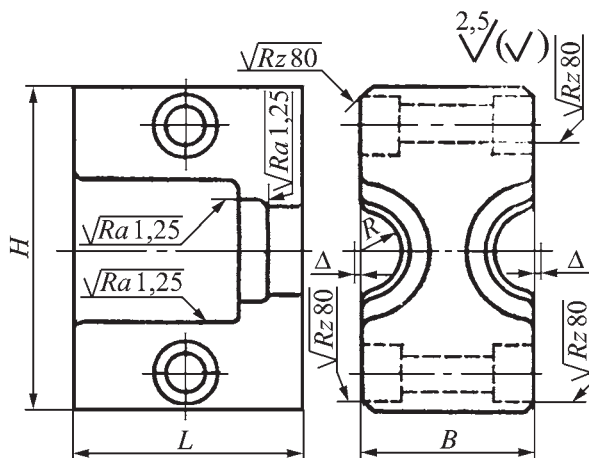


Рис. 45. Вариант прямоугольных вставок к высачному штампу

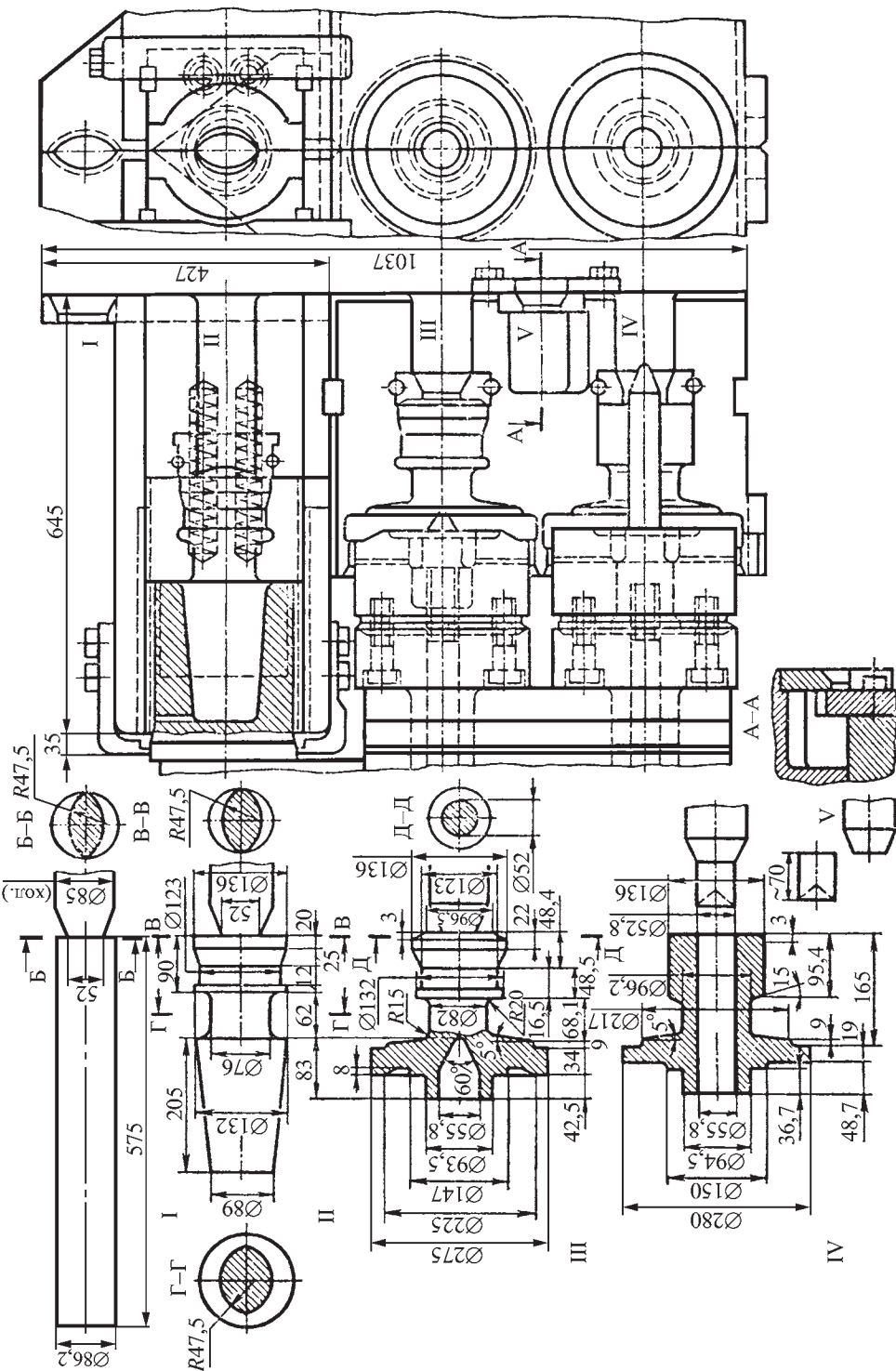


Рис. 46. Штамп со скользящими матрицами для изготовления поковки цилиндрической шестерни и переходы штамповки

С помощью скользящей матрицы за один ход получают набор под передний бурт, располагаемый в полости пуансона, и утолщение под задний бурт, располагаемое в полости скользящей матрицы; одновременно осуществляют пережим исходной заготовки на участке между передним и задним буртами (сечение Г—Г).

Недостатком штампов со скользящими вставками является более высокая стоимость их изготовления, трудности их отладки, более частая смена рабочих элементов штампа (главным образом пружин и скользящих вставок).

При разработке конструкций скользящих вставок следует предусмотреть возможность смазки их трущихся поверхностей.

На рис. 47 показан штамп для обжатия концов труб. В I ручье проводят правку и предварительное обжатие одного конца трубы, во II — его формовку, в III — калибровку. В таком же порядке обжимают второй конец трубы.

На рис. 48 приведена схема штампа с горизонтальным разъемом матриц. Матрицы 6 и 7 крепят зажимными клеммами 8 и планками 4, смещение матриц предотвращается шпонками 5. Для регулирования положения матриц предусмотрен стол 2, который перемещается и фиксируется клином 1 и болтом 3.

Заготовка с утолщением диаметром 59,9 мм может быть получена вальцовкой исходного прутка вместо получения его высадкой на ГКМ.

На рис. 49 показан штамп для автоматической штамповки за четыре перехода поковки карданного вала. Особенностью штампа является расположение ручьев строго по переходам штамповки сверху вниз. Холостой ручей 2 с передним упо-

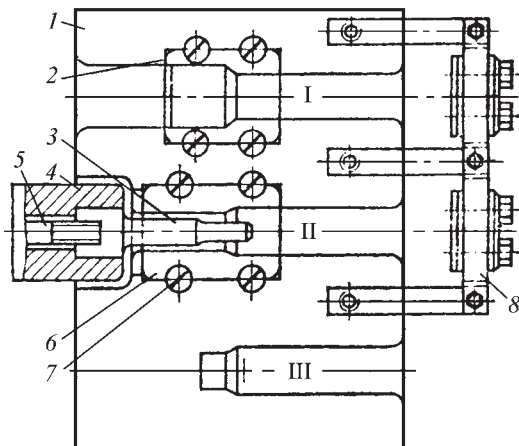


Рис. 47. Штамп для обжатия концов труб:

1 — блок матриц; 2 — вставка правочная; 3 — пуансон; 4 — державка; 5 — винт; 6 — вставка формовочная; 7 — винт крепления вставки; 8 — упор планка; I—III — переходы штамповки

ром 1 необходим для размещения и ориентации исходного прутка. Для поковки с относительно коротким стержнем используют задние упоры 3. Клеши переключника расположены в пазах полуматриц шириной 100 мм. По трубам 4 к форсункам 5 подводят смазочную смесь, форсунки направлены на пуансоны и в полости ручьев; смазка подается во время пауз, когда в ручьях нет заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 19591 (СССР). Автомат для высадки изделий с большим объемом металла головки / В.И. Барбот // БИ. 1974. № 15.
2. А.с. 119424 (СССР). Устройство для высадки головок на стержнях / П.А. Плескановский // Б.И. 1974. № 15.
3. Биба Н.В. Эффективность применения моделирования для разработки технологии штамповки // КШП. ОМД. 2001. № 5. С.39—44.

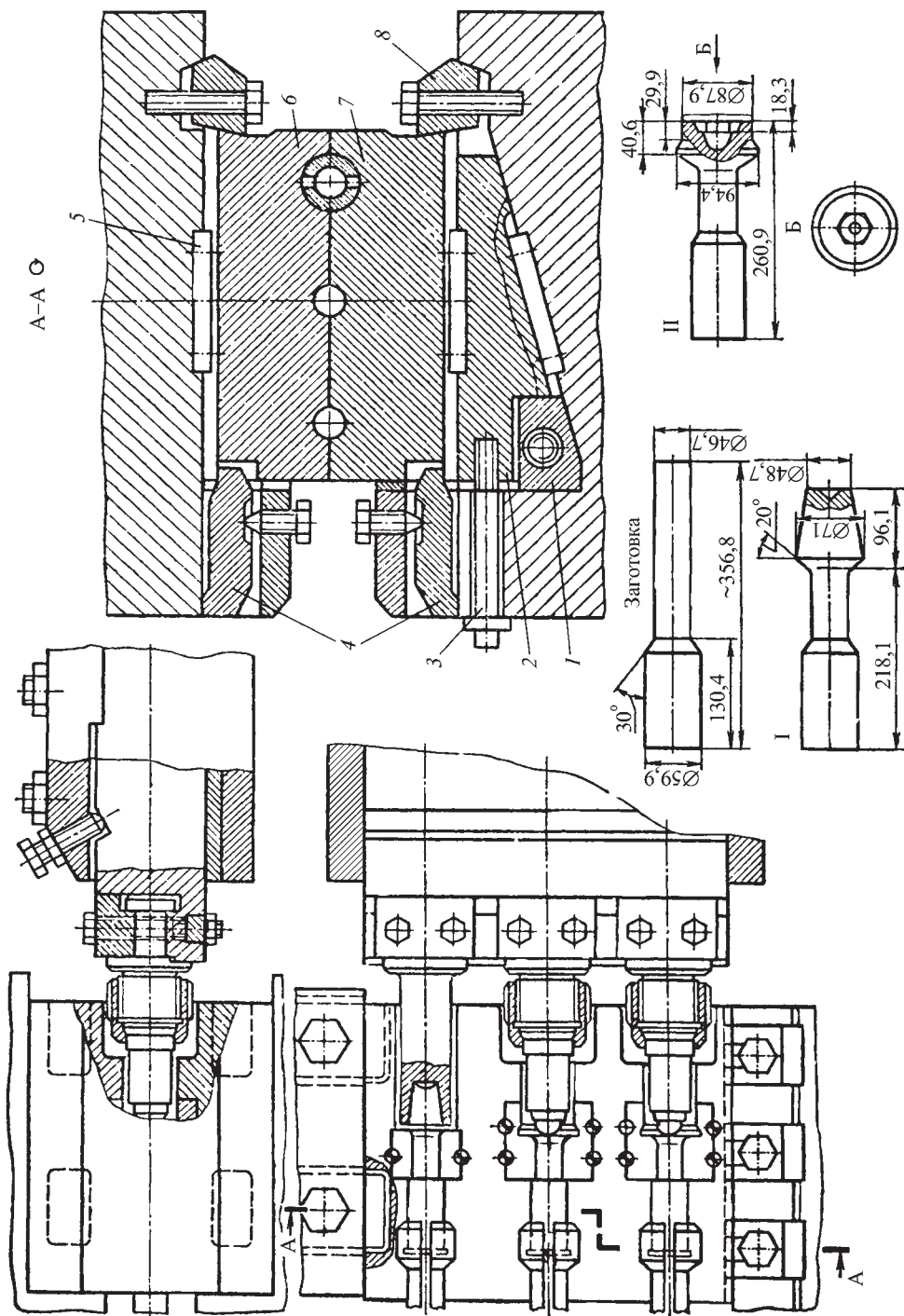


Рис. 48. Штампы с горизонтальным разъемом матрицы для изготовления поковки шлицевого конца вала

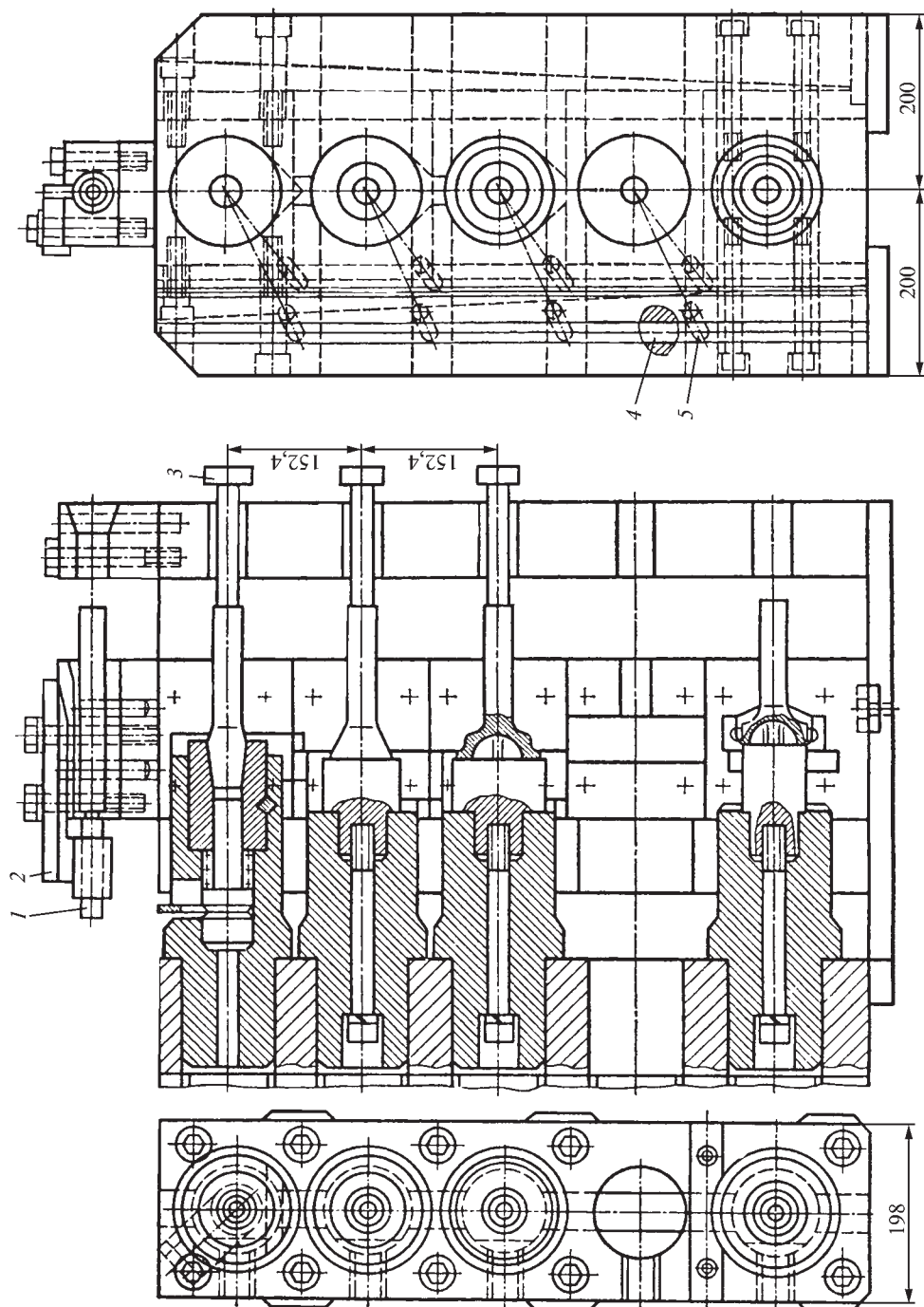


Рис. 49. Штампы для автоматической поковки концов карданного вала за четыре перехода

4. **Высадка** головок на стержнях за один переход / Е.И. Семенов, С.И. Рождественский, В.И. Буздин, И.С. Зиновьев // КШП. 1972. № 2. С. 42–43.

5. **Ковка** и штамповка: справочник. В 4 т. / Ред. совет Е.И. Семенов и др. М.: Машиностроение, 1986–1987.

6. **Колотенков И.В.** К вопросу о влиянии макроструктуры металла на долговечность подшипников качения // Труды ВНИИПП. 1965. Вып. 2. С. 5–17.

7. **Охрименко Я.М.** Технология кузнечно-штамповочного производства. М.: Машиностроение, 1976. 560 с.

8. **Раузин Я.Р.** Влияние макроструктуры металла на контактную выносливость и долговечность подшипников качения // Контактная прочность машиностроительных материалов: сб. научн. тр. М.: Наука, 1964. С. 51–55.

9. **Расчет** и проектирование технологических процессов объемной штамповки на прессах: учебн. пособие / В.Н. Субич, Н.А. Шестаков и др. М.: МГИУ, 2003. 180 с.

10. **РТМ 39-61.** Штампы для горизонтально-ковочных машин. Расчеты и конструирование. М.: Стандартгиз, 1964. 140 с.

11. **Семенов Е.И.** Ковка и штамповка: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1972. 352 с.

12. **Семенов Е.И.** Определение размеров конусных пуансонов при высадке на ГKM. Машины и технология обработки металлов давлением // Тр. МВТУ им. Н.Э. Баумана. 1969. № 128. С. 189–194.

13. **Семенов Е.И., Зиновьев И.С.** Формоизменение при высадке в конической полости пуансона // Вестник машиностроения. 1978. № 3. С. 71–75.

14. **Смирнов-Аляев Г.А., Кроха В.А.** К вопросу об определении устойчивости цилиндрических заготовок при холодной высадке // Исследования в области пластичности и обработки металлов давлением: сб. трудов. Тула, 1974. С. 41–51.

15. **Технологические** процессы изготовления поковок с фланцами на прессах для штамповки в разъемных матрицах / В.Г. Кондратенко, М.В. Блинов, М.А. Илинич и др. // КШП. 1985. № 4. С. 11–14.

16. **Штамповка** поковок с направленным волокнистым строением / О.А. Банных, В.Ю. Лавриненко, Е.И. Семенов и др. // Вестник машиностроения. 2000. № 10. С. 33–37.

Глава 8

ПОЛУГОРЯЧАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

В серийном и массовом производстве изделий машиностроения все большее применение находят труднодеформируемые высокоуглеродистые конструкционные, легированные, коррозионно-стойкие стали, цветные металлы и сплавы с особыми механическими и физическими свойствами.

Эффективным методом обработки указанных материалов является неполная горячая (полугорячая) объемная штамповка, применение которой способствует существенному улучшению структуры, свойств и эксплуатационных характеристик изделий [1, 2, 12, 13, 17].

Полугорячая штамповка труднодеформируемых сталей требует правильного выбора и соблюдения определенного сочетания температуры, степени и скорости деформации, а также разработки принципиально новых технологий, штамповой оснастки и специализированного оборудования.

Технологическими особенностями, определяющими преимущества полугорячей штамповки, являются:

- повышение пластичности и снижение удельных сил на инструмент, что дает возможность получать детали из высокоуглеродистых и легированных сталей с большей степенью деформации, чем при холодной объемной штамповке;

- формирование заданных механических свойств деталей путем варьирования термомеханических параметров процесса;

- получение деталей по точности и шероховатости поверхности, несущественно уступающих деталям, полученным холодной штамповкой;

- возможность выполнения процесса полугорячей штамповки с одного нагрева исходной заготовки за три—четыре перехода;

- возможность осуществления отдельных операций технологического процесса на высокопроизводительных автоматических линиях.

Температурно-скоростной режим штамповки. Нижней границей применения полугорячего выдавливания являются температуры 550...600°C, при которых у углеродистых конструкционных сталей наблюдается заметное снижение предела текучести. Резкое уменьшение сопротивления деформированию продолжается до 800 °C. Эта температура является верхней границей области применения полугорячего выдавливания.

Стали и сплавы, широко применяемые в машиностроении, для которых полугорячее деформирование достаточно эффективно, делят на пять основных групп (табл. 1).

Нагрев малоуглеродистых сталей и цветных сплавов до температуры полугорячей обработки обеспечивает снижение сопротивления деформированию не более чем на 25 %. Эти сплавы достаточно хорошо деформируются и в холодном состоянии. Их полугорячая обработка целесообразна в целях повышения технологической пластичности, расширения размерных характеристик штампуемых деталей, улучшения структуры и механических свойств материала изделий.

Наиболее целесообразна полугорячая штамповка сталей второй и третьей групп, обладающих относительно высоким сопротивлением деформиро-

1. Рекомендуемые температурные интервалы полугорячего деформирования

Номер группы	Стали и сплавы, деформируемые в режиме полугорячей штамповки	Рекомендуемый температурный интервал полугорячего деформирования, °С	Снижение сопротивления деформирований по сравнению с холодным деформированием, %
1	Стали малоуглеродистые	$(0,4...0,7)T_{пл}$	20...25
2	Стали высокоуглеродистые и низколегированные	500...800	50...65
3	Стали легированные и инструментальные типа P18, P6M5	650...800	65...75
4	Коррозионно-стойкие стали аустенитного класса	200...400	35...50
5	Латуни, медно-никелевые сплавы	$(0,3...0,4)T_{пл}$	15...20

Примечание. $T_{пл}$ — температура плавления.

ванию по сравнению с другими группами сталей. Снижение сопротивления деформированию до 75 % позволяет изготавливать полугорячей штамповкой в условиях серийного и массового производства широкую номенклатуру деталей автомобильной, подшипниковой, химической и других отраслей промышленности.

За оптимальный интервал температур полугорячей штамповки принимается зона температур, где не наблюдается интенсивного окалинообразования и в то же время имеет место максимальное снижение прочностных и увеличение пластических свойств обрабатываемого материала.

Окалинообразование. Учитывая температурные интервалы полугорячей штамповки сталей и основные количественные показатели потерь железа от окисления (угара), иначе окалинообразования (см. т. 1, гл. 5, п. 5), имеем:

— поверхностный угар — количество окисленного металла, отнесенное к поверхности нагреваемой заготовки, $\text{кг}/\text{м}^2$,

$$\Delta m_F = (m_H - m_K) / F,$$

где m_H , m_K — масса заготовки до и после нагрева, кг ; F — площадь поверхности заготовки, м^2 ;

— $S_{ок}$ — толщина окалины, связанная с поверхностным угаром выражением

$$S_{ок} = \Delta m_F / \rho_{\text{Ф}_{\text{Fe}}},$$

где c — плотность окалины, $c = (3,9...4,0)10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$; Ф_{Fe} — среднее содержание железа в окалине, $\text{Ф}_{\text{Fe}} = 0,715...0,765 \%$ (можно расчетным путем спрогнозировать толщину предполагаемой окалины).

Для сталей при температурах ниже 650°C окисление практического значения не имеет, хотя поверхность темнеет. С повышением температуры угар возрастает. Если при температуре 900°C интенсивность окалинообразования принять за единицу, то при нагреве до 1100°C она увеличивается в три раза.

Зависимость поверхностного угара от температуры (при $600...1150^\circ\text{C}$) и времени нагрева для среднеуглеродистых сталей выражается уравнением

$$\Delta m_F = 6,3\sqrt{\tau} e^{-\frac{9000}{T}},$$

где τ — время нагрева, мин; T — температура, $^\circ\text{C}$.

Для приведенного класса сталей $\tau = 500...800\text{ }^{\circ}\text{C}$ и усредненное время нагрева заготовки в производстве в индукционных нагревательных устройствах составляет 1,5 с (0,025 мин), определим значение $S_{\text{ок}} = (4...5)10^{-7}\text{ м}$.

Механические свойства сталей при повышенных температурах. Истинное сопротивление деформированию является необходимым параметром при исследовании напряженно-деформированного состояния, определении оптимальной деформируемости, потребной энергии при полугорячей обработке.

При степенях деформации до 20...25 % корректные результаты дают испытания на одноосное растяжение, свыше 20 % — испытания на одноосное сжатие.

Механические свойства некоторых марок стали при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ приведены в табл. 2.

Испытания на одноосное растяжение (при повышенных температурах)

2. Механические свойства некоторых сталей при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Марка стали	Механические свойства			
	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}} (\sigma_{0,2})$, МПа	δ , %	ψ , %
15	380	230	27	55
35	540	320	20	45
45	610	360	16	40
50	640	380	14	40
65Г	750	440	9	—
40Х	1000	800	10	45
20ХГНР	1300	1100	10	55
18ХГТ	1000	900	9	50
12ХН3А	950	700	11	55
30ХН3А	1000	800	10	50
30ХГСА	1100	850	10	45
У12А	680	600	25	—
Р6М5	850	(510)	12	14

сталей в состоянии поставки рекомендуется проводить на универсальных испытательных машинах типа Р-5 силой 50 кН. Для испытаний используют цилиндрические образцы по ГОСТ 1497–84 с диаметром рабочей части 0,005 м и расчетной начальной длиной 0,05 м. Температуру в печи поддерживают с точностью $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Деформация проводится в предварительно установленном температурном интервале (см. табл. 1), характерном для стали при ее полугорячей обработке, через каждые $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По данным индикаторных диаграмм «сила—путь», полученных на машине, определяют значения временного сопротивления разрыву $\sigma_{\text{в}}$, условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ и относительного удлинения δ [6].

Анализ графических зависимостей величин $\sigma_{0,2}$ и δ от температуры (рис. 1) показывает, что численные значения предела текучести снижаются для всего исследованного диапазона температур, а показатель пластичности — относительное удлинение, увеличивается вплоть до $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ для всех без исключения марок сталей, затем с увеличением температуры (около $800\text{ }^{\circ}\text{C}$) происходит некоторое падение пластичности.

Интенсивность снижения прочностных и увеличения пластических свойств тем выше, чем больше содержание углерода в сталях. На основании полученных результатов и после соответствующей обработки данных построены зависимости изменения истинного сопротивления деформированию σ , от скорости деформации $\dot{\epsilon}$ при различных температурах испытаний (рис. 2).

Полученные значения механических свойств сталей при испытаниях на растяжение в интервале температур $500...800\text{ }^{\circ}\text{C}$ рекомендуются к использованию при разработке процессов

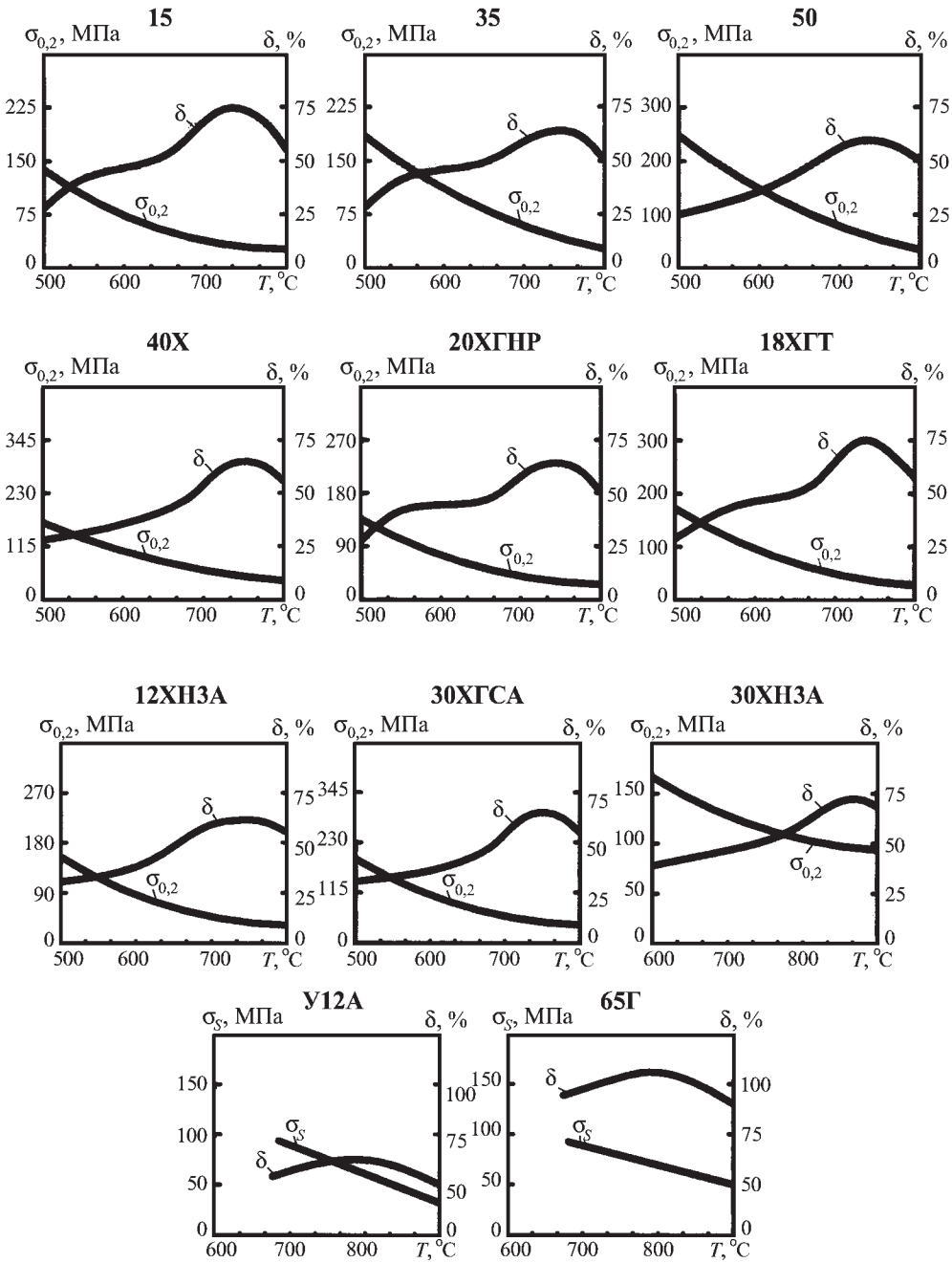


Рис. 1. Зависимости условного предела текучести $\sigma_{0.2}$ (предела текучести σ_T) и относительного удлинения δ сталей от температуры

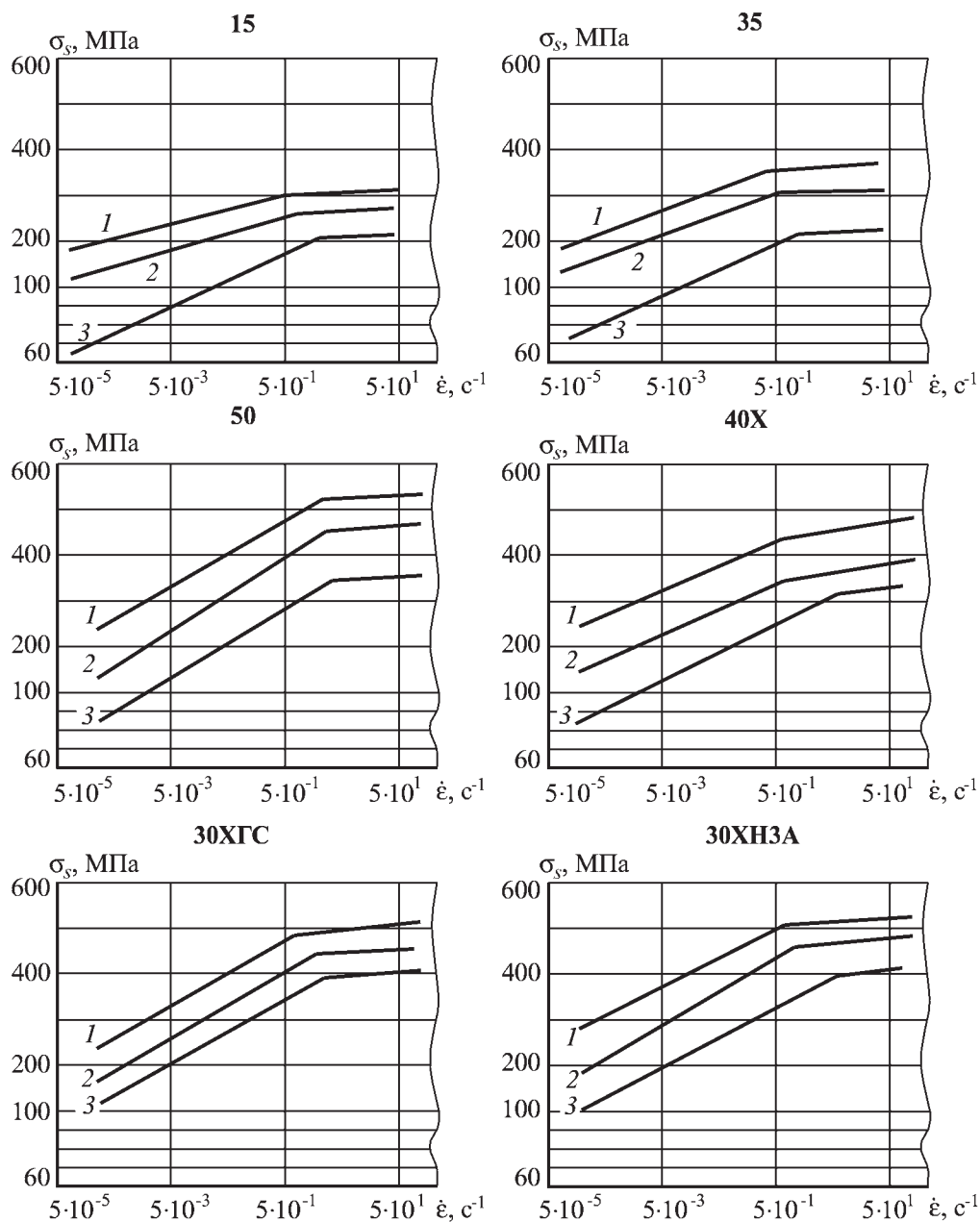


Рис. 2. Зависимости скоростного упрочнения сталей при степени деформации $\epsilon = 20\%$ и $T, ^\circ\text{C}$:
1 – 600, 2 – 700, 3 – 800

полугорячего деформирования, характеризующихся относительно невысокими степенями деформации.

Для большинства процессов полугорячего деформирования сталей и сплавов характерно развитие весьма значительных пластических деформаций при интенсивном воздействии напряжений. Для построения кривых упрочнения при больших степенях деформации, с целью исключения влияния контактного трения, целесообразно проводить испытания на одноосное сжатие (осадку) цилиндрических образцов с торцевыми выточками, заполняемыми термостойкой смазкой.

Деформационная способность труднодеформируемых сталей марок 50, 30ХН3А, 65Г, У12А, Р6М5 при повышенных температурах оценивалась осадкой указанных образцов в интервале температур 600...820 °С через каждые 20 °С [9]. Опыты проводили на экспериментальной установке. Запись силы осадки производили с помощью тензометрирования. Требуемую температуру образца задавали и поддерживали с помощью хромель-алюмелевой термопары, включенной в цепь электронного потенциометра ЭПР-09мз с электрическим позиционным регулятором. Точность измерения прибора составляет $\pm 2,5$ °С.

Испытания производили при скоростях деформации: $1,1 \cdot 10^{-2}$; $1,7 \cdot 10^{-2}$; $2,1 \cdot 10^{-2}$ с⁻¹ на испытательной машине ГМС-50 и 66,5; 128,1; 171,9 с⁻¹ на механическом копре.

Для построения кривых упрочнения при различных температурах осадки используют известные соотношения Е.П. Унксова и В.Л. Колмогорова.

На рис. 3–6 приведены значения истинного сопротивления деформированию σ_s сталей марок 15, 50, 30ХН3А, У12А, Р6М5 в зависимости от логарифмической степени деформации e_i

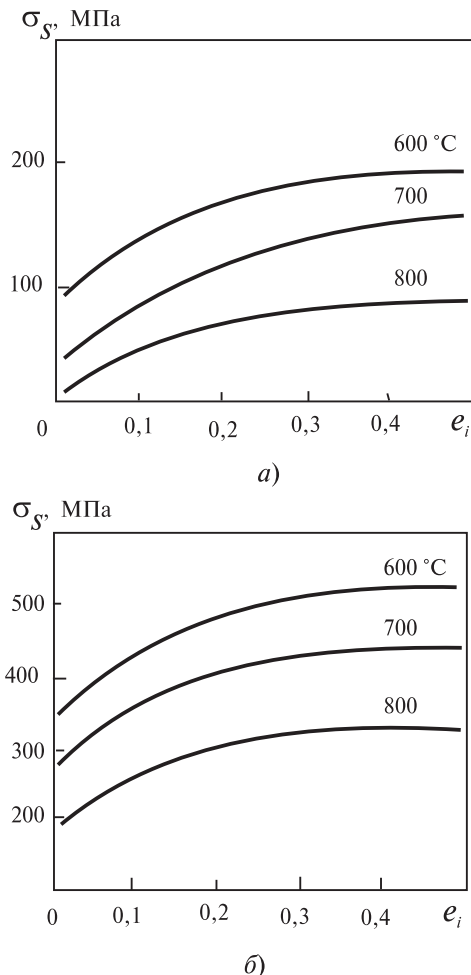


Рис. 3. Кривые упрочнения стали 15:
а — $\dot{\epsilon} = 1,1 \cdot 10^{-2}$ с⁻¹; б — $\dot{\epsilon} = 2,1 \cdot 10^2$ с⁻¹

и скорости деформации при различных температурах испытания. Как видно из приведенных кривых, интенсивность упрочнения увеличивается с понижением температуры и ростом скорости деформации.

При изменении скорости деформации на 4 порядка сопротивление деформированию возрастает в 3–4 раза. Причем разница скоростного и статического сопротивления деформированию тем выше, чем выше скорость деформации и температура.

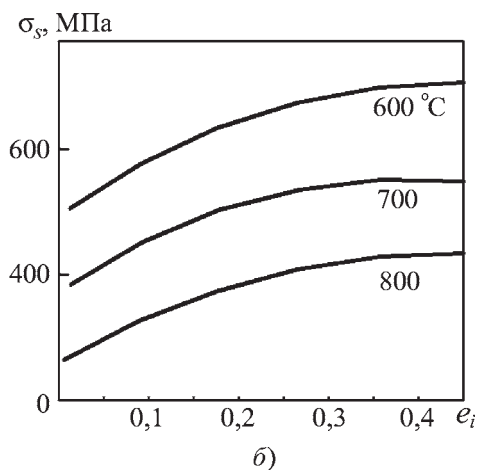
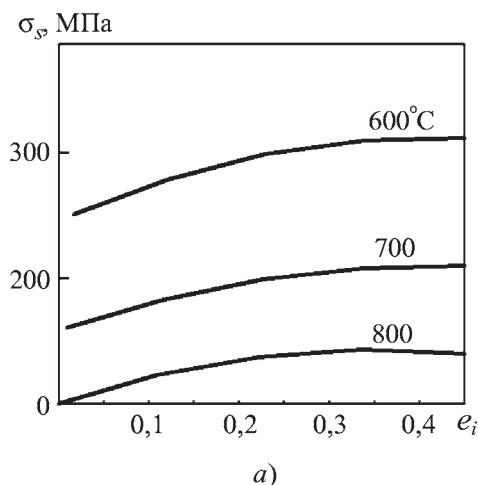


Рис. 4. Кривые упрочнения стали 50:
а — $\dot{\epsilon} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$; б — $\dot{\epsilon} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$

С повышением температуры и скорости деформации сопротивление деформированию легированных сталей типа 30ХН3А незначительно отличается по величине от малоуглеродистых сталей.

Увеличение процентного содержания углерода (сталь 50) приводит к росту сопротивления деформированию во всем температурно-скоростном интервале осадки.

Кривые упрочнения исследованных марок сталей показывают, что при ин-

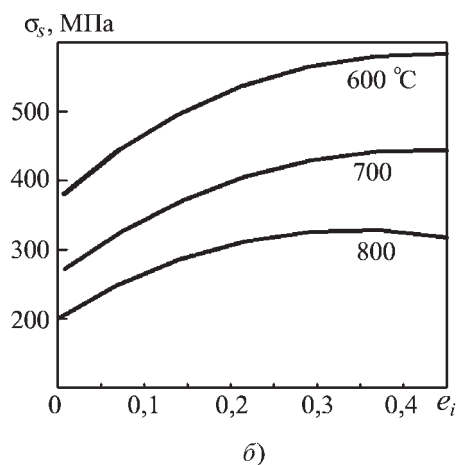
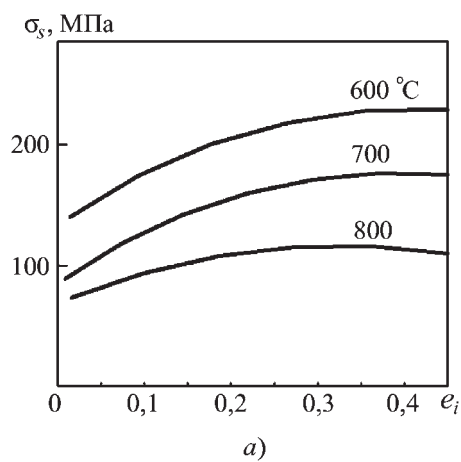


Рис. 5. Кривые упрочнения стали 30ХН3А:
а — $\dot{\epsilon} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$; б — $\dot{\epsilon} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$

тенсивности деформации больше 0,4 происходит снижение сопротивления деформированию вследствие повышения температуры на 80...100 °С за счет тепловыделения при деформировании.

Заготовки для полугорячей штамповки, их смазывание и нагрев. Эффективность применения процессов полугорячей штамповки, особенно их автоматизации, зависит от правильного выбора исходной заготовки и способа ее получения. Заготовки для полугорячей штамповки при крупно-

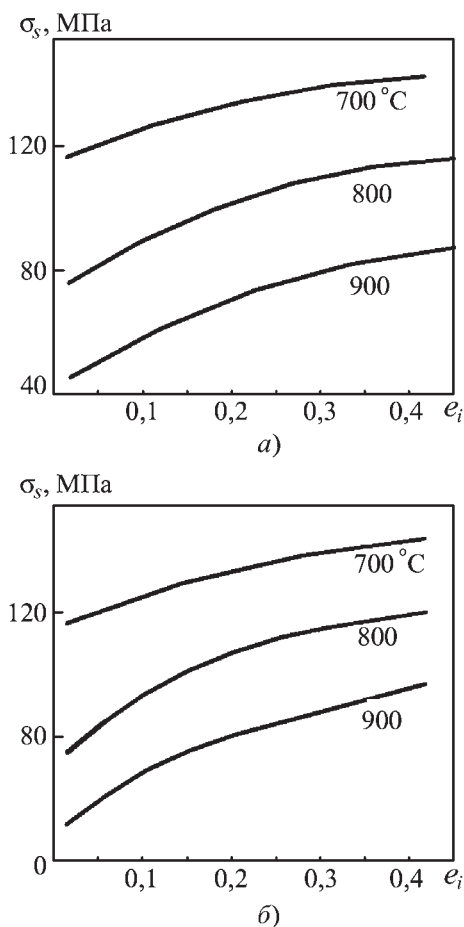


Рис. 6. Кривые упрочнения при сжатии стали У12А (а), стали 65Г (б) со скоростью деформации $\dot{\epsilon} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$

серийном и массовом производстве получают рубкой пруткового материала в специальных штампах или на ножницах с дифференцированным зажимом прутка и заготовки [8, 9], а также рубкой проволочных заготовок диаметром до 0,01 м на высокопроизводительных автоматах вихревой рубки типа ЛВР.

Наиболее приемлемыми, по данным В.Д. Ильича, В.П. Мулина, Е.Н. Ланского, с точки зрения транспортирования от автомата питания через индуктор до рабочей позиции обработки, являются заготовки шаровые, цилиндрические, трубчатые и проволочные (с соотношением $H_{зг}/D_{зг} \geq 1...2$, $H_{зг}$ — высота заготовки, $D_{зг}$ — диаметр заготовки).

Деформирование металлов при повышенных температурах осуществляется с применением смазочного материала (табл. 3).

При полугорячей штамповке должна обеспечиваться стабильность температуры нагрева и равномерность ее распределения по всему объему заготовок [5, 9], что обеспечивают индукционные нагревательные устройства.

При полугорячей штамповке на автоматах применяют электроконтактный нагрев [12, 14].

Применение газопламенного нагрева и нагрева в электропечах сопро-

3. Применяемые смазочные материалы

Смазочный материал	Способ нанесения	Основные преимущества и недостатки
КБЖ — водный 20 %-ный раствор концентрата сульфитно-спиртовой барды ГОСТ 5818—78 с серебряным графитом ГОСТ 5279—74 в пропорции 3:1 по объему	Окунание заготовок в ванне шнекового агрегата с последующей сушкой	Хорошая сцепляемость с поверхностью заготовок, низкая шероховатость поверхности изделия, исключение окалинообразования
Густая, водная суспензия графита 75 % и мела 25 %	Погружение заготовок в ванну перед нагревом	
Графит карандашный	Галтовка заготовок в барабане перед нагревом	Преимущества те же. Засорение гравюры штампа, матрицы

Окончание табл. 3

Смазочный материал	Способ нанесения	Основные преимущества и недостатки
Раствор соли в воде (100 г соли в 1 л воды)	Погружение нагретых заготовок	Хорошее смазывающее действие. Низкие экранизирующие свойства
Водный раствор минерального масла с графитом	Распыление на инструмент	Хорошее смазывающее действие и термостойкость, высокие экранирующие свойства. Образование нагара
Смесь цилиндрического масла 60 %, графита 20 % и дисульфида молибдена 20 %	Распыление на инструмент	Преимущества те же. Опасность возгорания
Дисульфид молибдена	Нанесение на инструмент	Значительное уменьшение износа инструмента. Дефицитность

тивления при полугорячей штамповке весьма ограничено.

Силовые параметры полугорячей штамповки. В практике инженерных расчетов для прогнозирования максимальной технологической силы процесса полугорячей штамповки (осадки, прямого, обратного и комбинированного выдавливания) используют формулу

$$P = pF, \quad (1)$$

где p — удельная сила на инструмент; F — площадь поверхности воздействия деформирующего инструмента.

На рис. 7–9 приведены графики изменения удельной силы в зависимости от технологических факторов: T , $H_{\text{зг}}/D_{\text{зг}}$ и α , где α — угол конусности пуансона при вершине для выдавливания. Из графиков видно, что значение удельной силы снижается в интервале температур 600...800 °С примерно на 25...35 % и возрастает с увеличением отношения высоты к диаметру заготовки. Установлено, что если к внутренней полости детали с точки зрения геометрии не предъявляется жестких требований, то целесообразно для выдавливания использовать пуансон с углом конусности при вершине $\alpha = 140...160^\circ$.

Все кривые на графиках показывают также рост удельной силы с увеличением степени деформации φ ($\varphi = (F - f)/F$, где F — полная площадь поперечного сечения заготовки, мм²; f — площадь поперечного сечения заготовки по выдавливаемой стенке, мм²).

Значения удельной силы применительно к процессам прямого полугорячего выдавливания сталей марок 20, 35, 40X, 60C2, У12А определены на основе экспериментальных данных, приведенных в работах Е.Н. Ланского, Б.М. Позднеева, и представлены на рис. 10. Графики дают возможность выявить температурный интервал прямого выдавливания. Для сталей 20, 35, 40X это интервал 650...700 °С, для сталей типа У12А — 780...800 °С при скорости деформирования 0,1...0,2 м/с и степенях деформации 0,8...0,9 [9].

При проектировании технологических процессов изготовления высокоточных деталей (элементов приводных цепей, изделий оборонного назначения, штамповочного инструмента) из сталей с содержанием углерода 0,18...0,22 % и инструментальных сталей с применением ключевых операций полугорячей штамповки целесообразно пользоваться графическими и ана-

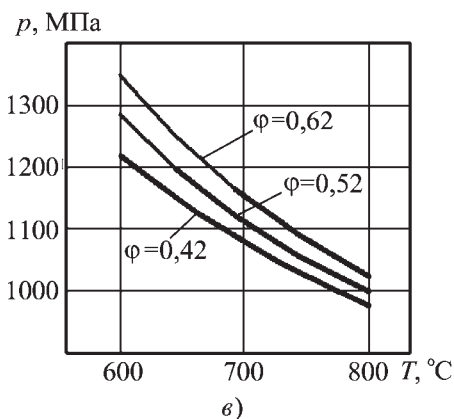
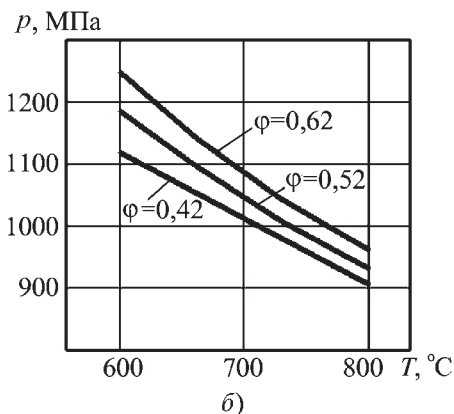
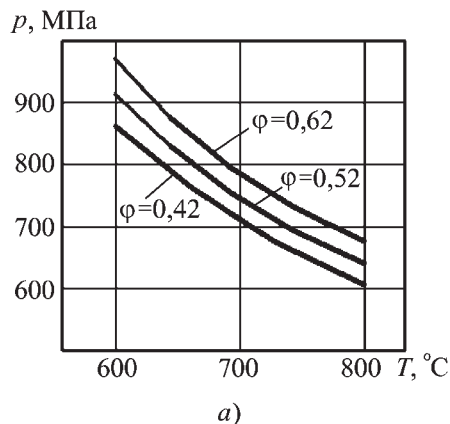


Рис. 7. Зависимость p от температуры
($H_{зг} / D_{зг} = 0,57$; $\alpha = 180^\circ$):

а — сталь 15; б — сталь 50; в — сталь 30ХН3А

литическими зависимостями удельной силы, действующей на инструмент, от степени деформации при

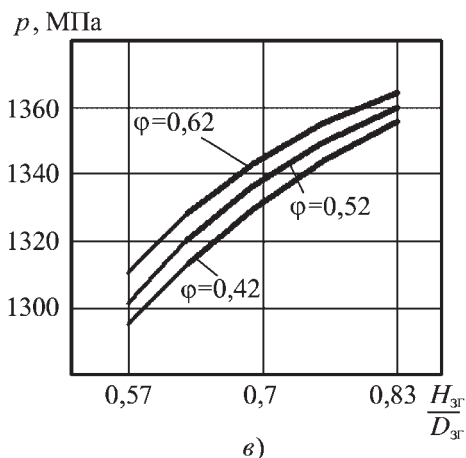
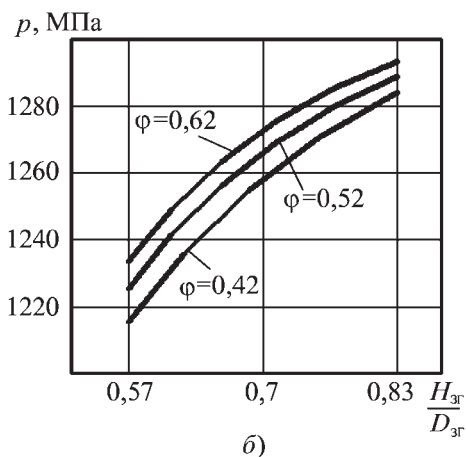
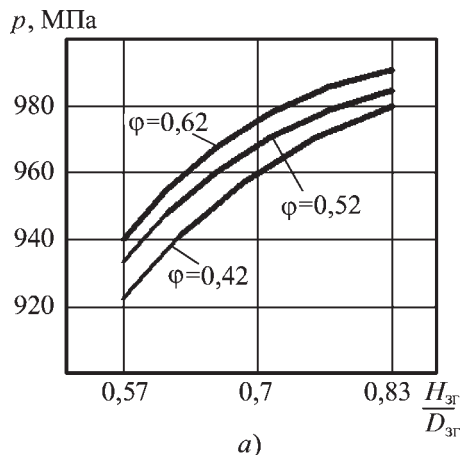
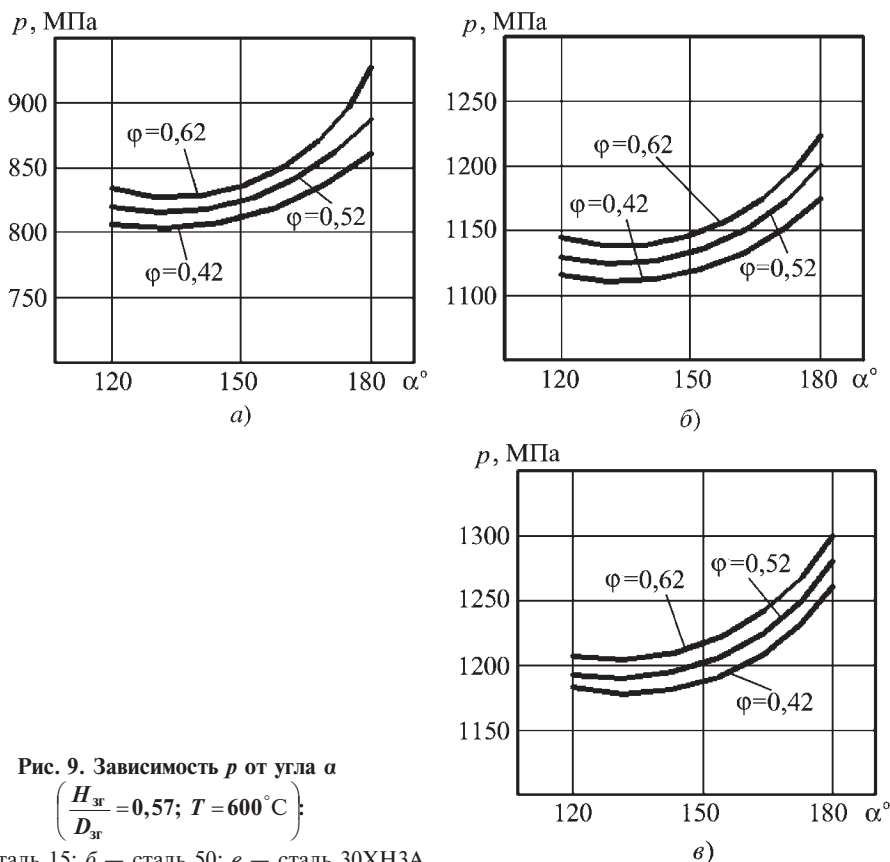


Рис. 8. Зависимость p от отношения $H_{зг} / D_{зг}$
($T = 600^\circ\text{C}$, $\alpha = 180^\circ$):

а — сталь 15; б — сталь 50; в — сталь 30ХН3А

Рис. 9. Зависимость p от угла α

$$\left(\frac{H_{\text{гр}}}{D_{\text{гр}}} = 0,57; T = 600^\circ \text{C} \right);$$

a — сталь 15; $б$ — сталь 50; $в$ — сталь 30XN3A

оптимальном температурном интервале штамповки.

Из графика, представленного на рис. 11, видно, что удельная сила растет с увеличением степени деформации

наиболее значительно при увеличении радиуса закругления пуансона. Однако даже при достаточно высоких степенях деформации, определяемых отношением площадей сечения заго-

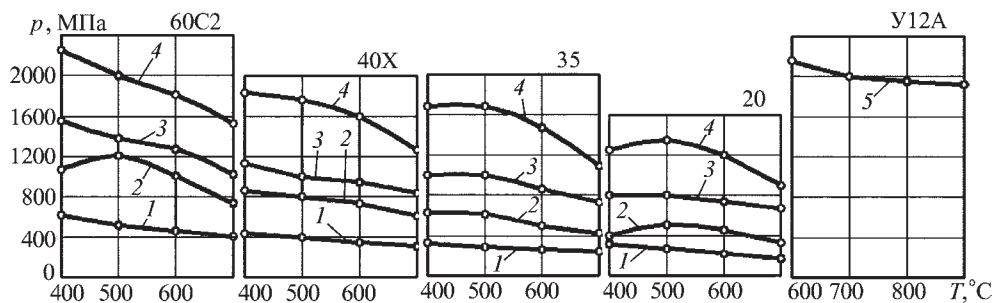


Рис. 10. Зависимость удельной силы деформирования от температуры при прямом выдавливании при степенях деформации:

1 — $\varphi = 0,2$; 2 — $\varphi = 0,4$; 3 — $\varphi = 0,6$; 4 — $\varphi = 0,8$; 5 — $\varphi = 0,97$

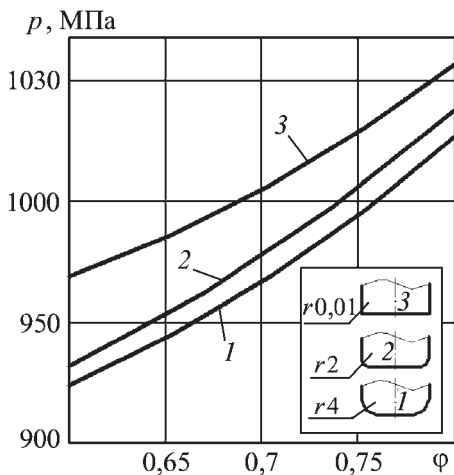


Рис. 11. Зависимость удельной силы, действующей на пуансон, от степени деформации и геометрии инструмента при обратном выдавливании малоуглеродистой стали

товки и выдавливаемой стенки, величина удельной силы не превышает предельно допустимых значений.

На рис. 12, 13 представлены графические зависимости удельной силы от степени деформации при полугорячем

выдавливании сталей У12А, Р6М5 применительно к использованию высокоскоростного оборудования.

Примеры проектирования технологических процессов. Инструмент и штампы для полугорячей штамповки.

Полугорячее обратное выдавливание элементов приводных и тяговых цепей. Число технологических переходов полугорячей штамповки в каждом конкретном случае зависит от марки обрабатываемого металла, используемого оборудования, технико-экономических показателей и др.

Эффективное внедрение в производство полугорячей штамповки тесно связано с получением качественных заготовок, параметры которых мало отличались бы от заготовок, выполненных на металлорежущем оборудовании. Качество заготовок определяется величинами относительной овальности и косины.

Рассмотрим типовой технологический процесс на примере изготовления ролика приводной цепи с шагом 25,4 мм (табл. 4). Исходным материа-

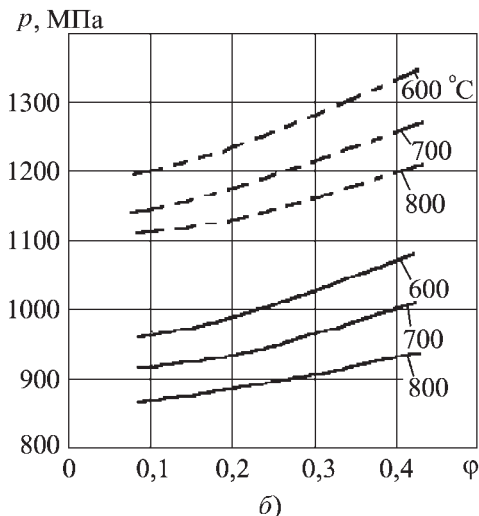
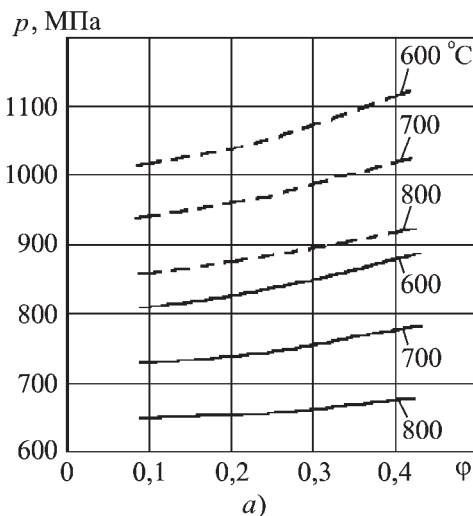


Рис. 12. Зависимость удельной силы от степени деформации при полугорячем выдавливании для стали У12А:

$a - v_0 = 1 \text{ м/с}; b - v_0 = 7 \text{ м/с}; \text{ — — — } D_{3T} = 25 \text{ мм}; \text{ - - - - } D_{3T} = 18 \text{ мм}$

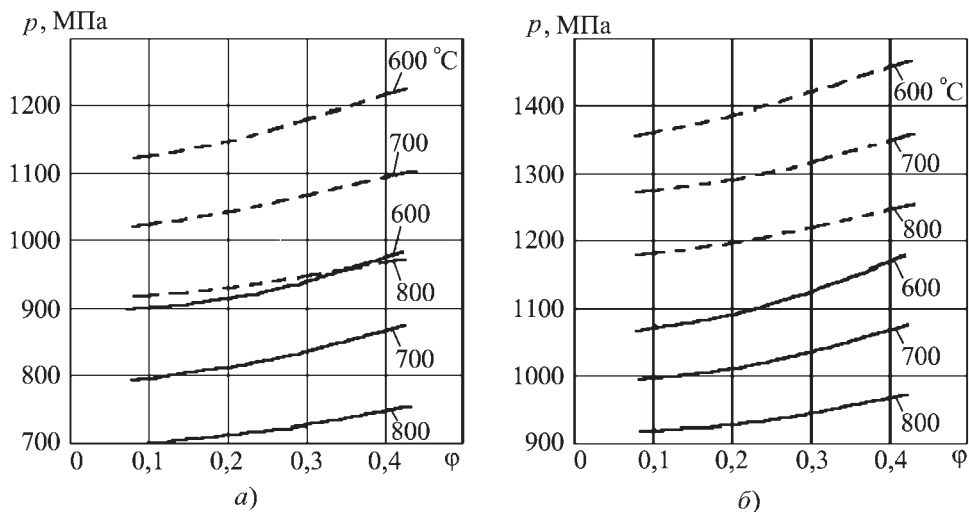


Рис. 13. Зависимость удельной силы от степени деформации при полугорячем выдавливании деформирования для стали Р6М5:

$a - v_0 = 1$ м/с; $b - v_0 = 7$ м/с; — — — $D_{3T} = 25$ мм; — — — — $D_{3T} = 18$ мм

4. Технология изготовления элементов цепей

Ролики приводной цепи с шагом 25,4 мм		Ролики и втулки тяговых цепей с шагом 160 мм	
Эскиз	Переход	Эскиз	Переход
	Рубка заготовки		Отрезка заготовки
	Калибровка		
	Полугорячее обратное выдавливание		Полугорячее обратное выдавливание
	Просечка перемычки		Просечка перемычки

лом служит круглая калиброванная сталь марки 30ХН3А по ГОСТ 4543–71 в состоянии поставки. Учитывая параметры готовой детали и механизм деформации при полугорячем обратном выдавливании, заготовки выполняли с размерами: диаметр $D_{зг} = 15,7$ мм, высота $H_{зг} = 9,0$ мм, $H_{зг}/D_{зг} = 0,57$.

Отрезку заготовок от прутка осуществляли в многопозиционном штампе с дифференцированным зажимом на механическом прессе К2130Б.

Перед выдавливанием заготовки смазывали в галтовочном барабане. В ходе исследований хорошо зарекомендовала себя термостойкая смазка КБЖ — водный 20 %-ный раствор концентрата сульфитно-спиртовой барды с серебристым графитом. Предварительно, до смазывания, исходные заготовки проходили операцию очистки поверхности от грязи, окалины и масла. Очистку производили в ваннах с щелочным раствором повышенной концентрации при температуре 60...80 °С.

Нагрев заготовок из сталей марок 50, 30ХН3А под выдавливание осуществляли в индукционных установках до температуры 730...750 °С.

Обратное выдавливание роликов, являясь ключевой операцией в технологическом процессе, производилось на установке, включающей кривошипный пресс, штамп выдавливания, механизм питания индуктора штучными заготовками с приводом от электродвигателя через червячный редуктор и бункерное устройство. Индукционный нагреватель работал от высокочастотной станции ОКБ–903Б (30 кВт/8000 Гц).

Формирование размеров поковки происходит в штампе, основной особенностью которого является верхнее расположение матрицы (рис. 14).

При полугорячем обратном выдавливании по обычной схеме из-за колебания объема заготовки, получаемой рубкой от прутка, высота ролика может быть неточной. Для получения в процессе выдавливания высоты ролика в пределах требуемого допуска разработана усовершенствованная конструкция штампа [9], обеспечивающая подсадку торцов поковки после выдавливания за один ход ползуна пресса (рис. 15).

Экспериментально установлена возможность применения заготовок не-

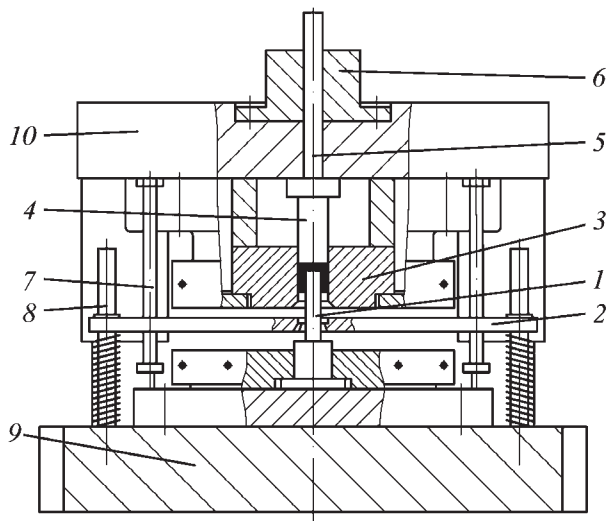


Рис. 14. Штамп для полугорячего выдавливания роликов приводных цепей (шаг 25,4 мм):

1 — пуансон; 2 — съемник; 3 — матрица; 4, 5 — толкатели; 6 — хвостовик; 7 — тяги; 8 — направляющие съемника; 9 — нижняя плита; 10 — верхняя плита

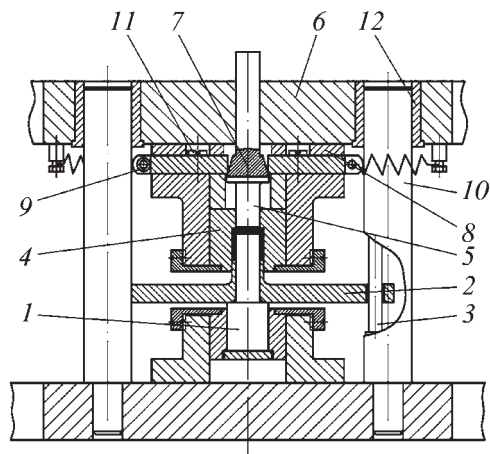


Рис. 15. Штамп для обратного выдавливания:

1 — пуансон; 2 — съемник; 3 — тяги; 4 — матрица; 5 — выталкиватель; 6 — плита; 7 — толкатель; 8 — ползушка; 9 — ролик; 10 — колонка; 11 — винт; 12 — втулка

традиционной формы с более благоприятным соотношением геометрических размеров ($H_{зг} / D_{зг} = 1,5...2$), что

позволяет повысить качество и точность отрезаемых заготовок.

Полугорячее прямое выдавливание детали «клапан». На рис. 16 показаны детали клапан и его поковка, изготовленная полугорячим прямым выдавливанием за один переход. Материал детали — инструментальная сталь У12А ГОСТ 1435–99.

Реализуемая степень деформации $\varphi = 0,92$, удельная сила на инструмент $p = 1200$ МПа.

Отработка процесса прямого выдавливания происходила в полуавтоматическом режиме на опытно-промышленной установке, представленной на рис. 16.

Заготовки, покрытые термостойкой смазкой, подаются по наклонному лотку 12 с отсекателем 1 в приемные окна транспортного диска 10 индукционного нагревателя 6. Цикличность вращения обеспечивается храповым механизмом 4, имеющим привод 5 от

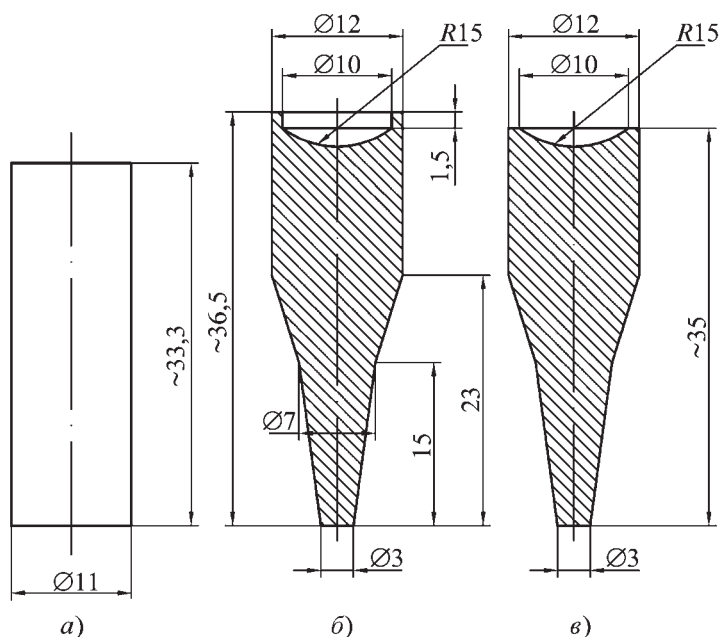


Рис. 16. Технологические переходы изготовления детали «клапан»:

а — рубка заготовок; б — прямое выдавливание; в — подрезка торца (удаление пресс-остатка)

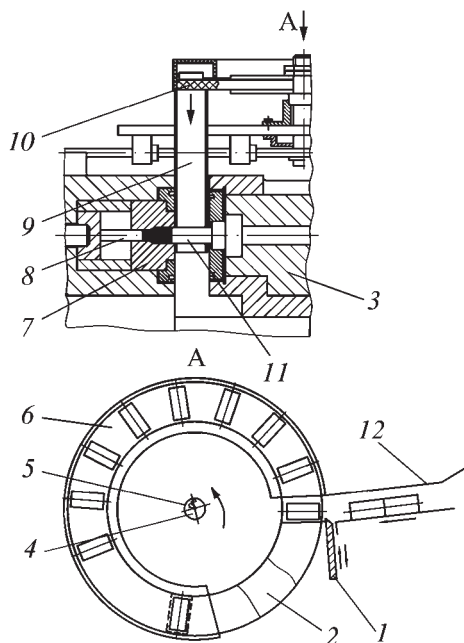


Рис. 17. Установка для прямого выдавливания:
 1 — отсекатель; 2 — плита; 3 — ползун; 4 — храповой механизм; 5 — привод; 6 — индуктор; 7 — матрица; 8 — выталкиватель; 9 — лоток; 10 — диск; 11 — пуансон; 12 — лоток наклонный

ползуна 3 пресс-автомата. Движение заготовок осуществляется перекачиванием по опорному диску, выполненному из асбоцемента и закрепленному неподвижно под транспортным диском. Щелевой индуктор 6, закрепленный на опорной плите, охватывает зону перемещаемых заготовок в секторе с углом 270° .

В конце пути транспортирования заготовка выпадает из окна транспортного диска в приемный лоток 9 пресс-автомата под действием собственной массы и устанавливается в исходном положении на направлении движения рабочего пуансона выдавливания. Пуансон подхватывает заготовку, досылает ее в матрицу 7 и производит в конце хода деформирование. При обратном ходе ползуна пресс-автомата приемный лоток отво-

дится рычажно-клиновым механизмом в сторону на угол 32° , освобождая зону для удаления отштампованного клапана выталкивателем 8. В конце холостого хода пуансон подвергается интенсивному охлаждению направленной струей воздуха.

Для изготовления рабочего инструмента (пуансон, матрица, выталкиватель) применялась высокопрочная сталь Р6М5, имеющая достаточно высокую температуру отпуска, что при производительности пресс-автомата 35 шт/мин обеспечивает удовлетворительную стойкость (12 000...15 000 шт).

Полугорячая двухпереходная штамповка детали «корпус». К детали «корпус» предъявляются достаточно жесткие требования и по геометрическим размерам, и по механическим свойствам. Новая технология полугорячей штамповки предусматривает экономию материала, снижение трудоемкости при изготовлении детали и формирование заданных механических свойств изделия (рис. 18).

Как исходный материал для детали «корпус» использовалась круглая калиброванная малоуглеродистая (содержание углерода 0,18...0,2 %) сталь диаметром 28,0 мм с качеством поверхности по группе «Б» ГОСТ 1051–73 четвертого класса точности. Заготовки с размерами ($D_{зг} = 28,0$ мм, $H_{зг} = 24,0$ мм, $H_{зг}/D_{зг} = 0,85$) получали отрезкой в однопозиционном штампе с дифференцированным зажимом. Относительная овальность заготовок составляла 0,025...0,034, а косина их торцов 0,03...0,06.

Принята двухпереходная полугорячая штамповка в одной матрице (см. рис. 18, б, в). Эта схема позволяет на первом переходе выполнить осадку нагретой заготовки по матрице, калибровку переднего торца с целью получения строгой перпендикулярности плоскости торца к оси пуансона и вы-

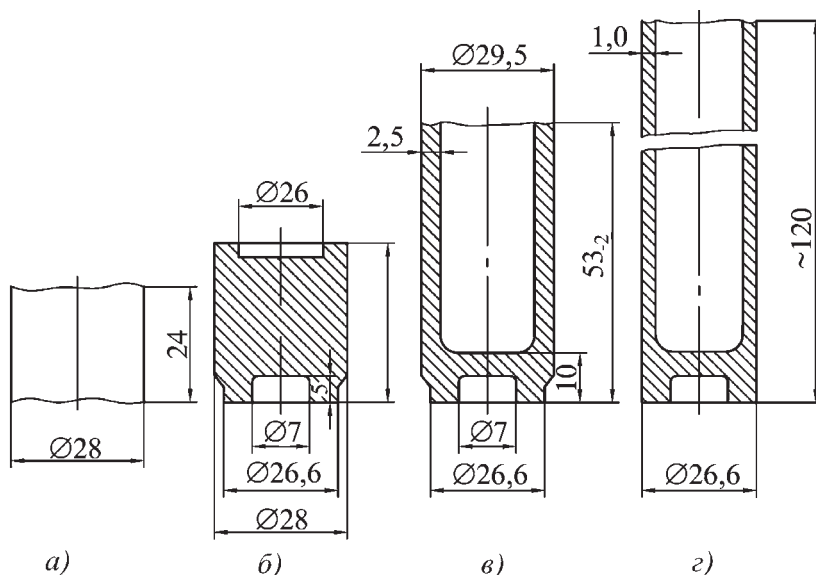


Рис. 18. Прессовые операции технологического процесса изготовления детали «корпус» с применением полугорячей штамповки:

а — заготовка; *б* — калибровка с высадкой дна; *в* — обратное выдавливание; *г* — вытяжка

садку дна. На втором переходе производится выдавливание стенки.

Предварительный нагрев заготовки и двухпереходная штамповка дают возможность получить нормализованную структуру металла полуфабриката с необходимым распределением механических свойств стенки и дна.

Развиваемая удельная сила на инструмент составляет 1000...1200 МПа при степени деформации 0,72, определяемой по отношению площадей поперечного сечения заготовки и выдавливаемой стенки полуфабриката.

Штамповка осуществляется на промышленной установке, состоящей из оснащенного средствами автоматизации горизонтального пресс-автомата (силой 2500 кН) и высокочастотной станции ИЗ-4/8000 (100 кВт/8000 Гц), питающей прямоточный индуктор.

Типовые технологические процессы полугорячей штамповки. Количество технологических переходов полугорячей объемной штамповки зависит от

марки деформируемого материала, геометрии детали (поковки), требований к точности и качеству детали, используемого оборудования и технико-экономических показателей. В табл. 5 приведены типовые технологические процессы полугорячей объемной штамповки, используемые в отечественном и зарубежном машиностроении.

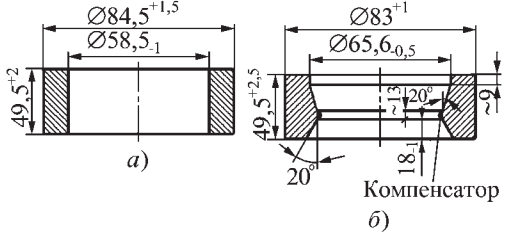
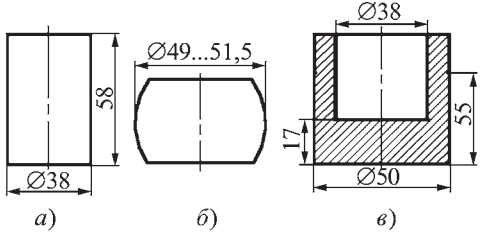
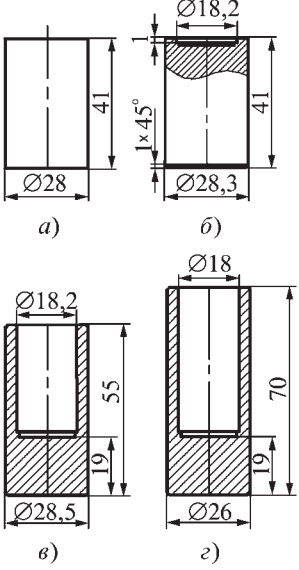
Исходной заготовкой наружного кольца конического двухрядного подшипника серии 577707/01 из стали ШХ15 (п.1) служит отштампованный на горизонтально-ковочной машине кольцевой полуфабрикат (*а*), подвергнутый отжигу, галтовке и смазыванию. Штамповка выполняется за один переход на кривошипном горячештамповочном прессе. Компенсация колебаний объема заготовки обеспечивается созданием противодействия на верхнем торце и наличием открытой полости в средней части поковки (*б*).

Технологический процесс изготовления корпуса подшипника хлопкоуборочной машины из стали ШХ15 (п.2) состоит из операций: отрубки заготовок от прутка в штампе (а); очистки от окалины; нагрева заготовок до 800...1050 °С, осадки заготовки (б) и обратного выдавливания (в). Двухпе-

реходная штамповка осуществляется на прессе К985 силой 4000 кН.

Технология изготовления поковки подшипника из стали 40Х (п.3) включает операции: отрубку заготовки от прутка в штампе (а); выдавливание фаски и полости (б); нагрев полученного полуфабриката до температуры

5. Типовые технологические процессы

№ п/п	Наименование детали	Марка стали	Эскизы заготовок и поковок
1	Наружное кольцо конического двухрядного подшипника	ШХ15	
2	Корпус подшипника хлопкоуборочной машины	ШХ15	
3	Подпятник	40Х	

Окончание табл. 5

№ п/п	Наименование детали	Марка стали	Эскизы заготовок и поковок
4	Палец шаровой опоры	40X	
5	Ось	45	
6	Сменная головка торцового ключа	45	

700 °С; выдавливание (*в*) и протяжку на оправке (*г*). Операции *в* и *г* осуществляются в многопозиционном штампе с одного нагрева на прессе для холодного выдавливания K0036 силой 4000 кН.

Поковка пальца шаровой опоры из стали 40Х (п.4) изготавливается по следующей технологии: отрубка заготовки от прутка в штампе (*а*); нагрев заготовки до температуры 700 °С; выдавливание стержня и конуса (*б*); высадка головки (*в*). Операции *б* и *в* выполняются в многопозиционном штампе с одного нагрева на прессе K0036.

Технологический процесс изготовления поковки оси (п.5) из стали 45 состоит из операций: отрубка заготовки от прутка в штампе (*а*); нагрева заготовки до температуры 700 °С; выдавливания фасок (*б*); выдавливания стержня (*в*) и высадки фланца (*г*). Операции *б*, *в* и *г* выполняются в многопозиционном штампе с одного нагрева на прессе K8244.

Технология изготовления сменной головки торцевого ключа из стали 45 (п.6) включает операции: отрубка заготовки от прутка (*а*); покрытие поверхности заготовки графитовой смазкой; индукционный нагрев заготовки до температуры 700 °С; закрытую осадку с образованием конусообразного углубления на верхнем торце (*б*); выдавливания двенадцатигранной полости (*в*); выдавливания квадратной полости (*г*). Операции *б*, *в* и *г* выполняются с одного нагрева на многопозиционном прессе фирмы Komatsu (Япония) силой 3200 кН.

Штампы и инструмент. Штампы для полугорячей штамповки, так же, как и для холодной, эксплуатируются в весьма жестких условиях, поэтому к ним предъявляются следующие требования:

- жесткость и прочность;
- технологичность деталей штампа;

— унификация деталей, надежное их крепление и возможность быстрой замены;

— строгое центрирование рабочих деталей штампа, особенно инструмента в процессе нагружения, простота и надежность работы устройств загрузки заготовок и удаление поволоков из штампа и возможность механизации и автоматизации этих операций;

— полное обеспечение безопасности работы на штампе.

Разработка конструкции штампа, а именно подбор блока и проектирование пакета зависят от формы, геометрических размеров и материала поковки, от технологического режима штамповки (максимальной технологической и удельной силы, температурного интервала, степени и скорости деформации), требований к качеству поковки и готовой детали, типа применяемого оборудования и серийности производства [4].

Для полугорячей штамповки широкое применение нашли блоки штампов как с направляющими устройствами (колонки, втулки), так и без них. Блоки с колонками (четыреколончатые, трехколончатые, двухколончатые с диагональным и тыльным расположением) являются более универсальными, так как могут эксплуатироваться при установке на специальных прессах для холодного выдавливания, обладающих повышенной жесткостью и точностью хода ползуна и на универсальном кузнечно-прессовом оборудовании. Четыре и три колонки особенно рекомендуется применять в многопозиционных штампах со значительными размерами плит, установленных на универсальных прессах.

Повышенные требования предъявляются к узлам крепления пуансонов и матриц в штампах, так как они должны обеспечивать строгую соосность и параллельность осей инструмента и оси штампа. Соосность пуансонов и матриц существенно влияет на качест-

во поковки (например, на разностенность и косину при обратном выдавливании) и стойкость инструмента.

Для удаления отштампованных поковок из штампа и обеспечения синхронности с подачей заготовки необходимо гарантированное обеспечение как съема поковки с пуансона, так и выталкивания ее из матрицы. С этой целью широко применяются различные конструкции съемников, съемных устройств и выталкивателей, имеющих механический (или пневматический) привод.

Ниже приведены конструкции штампов для изготовления поковок из различных сталей. Штамп трехпозиционный для калибровки заготовки, комбинированного выдавливания поковки и пробивки отверстия, применяемый при изготовлении головок торцевых ключей, приведен на рис. 19. Особенностью конструкции является применение составных матриц и возможность перемещения матричного блока

выдавливания для удобства установки калиброванной заготовки.

Штампы для предварительной осадки и обратного выдавливания поковки корпуса подшипника хлопкоуборочной машины приведен на рис. 20. Штамп содержит два пакета (осадки и выдавливания), закрепленных в одном блоке с направляющими устройствами. Особенностью конструкции матричного узла является наличие центрующей втулки перед матрицей, обеспечивающей центрирование пуансона с матрицей в процессе деформирования, что способствует выдавливанию стенок корпуса с разностенностью не более 0,3 мм.

На рис. 21 приведен штамп для полугорячей штамповки внутренних колец конических роликовых подшипников, успешно эксплуатирующийся в производстве. Штамп устанавливается на кривошипном горячештаповочном прессе К864 силой 16 000 кН. Для штамповки используется кольцо-

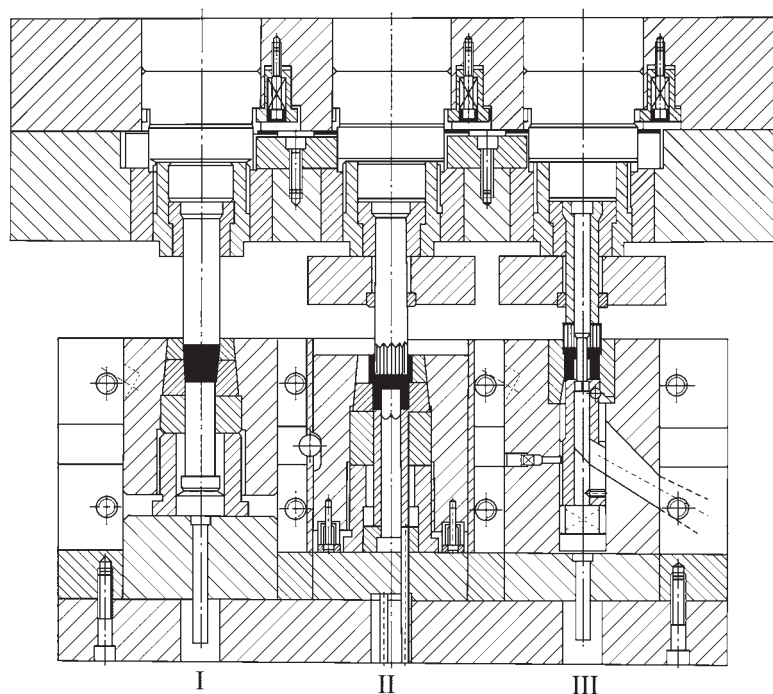


Рис. 19. Многопозиционный штамп для выдавливания головок торцового ключа:
 I — калибровка заготовки; II — двухстороннее обратное выдавливание; III — пробивка отверстия

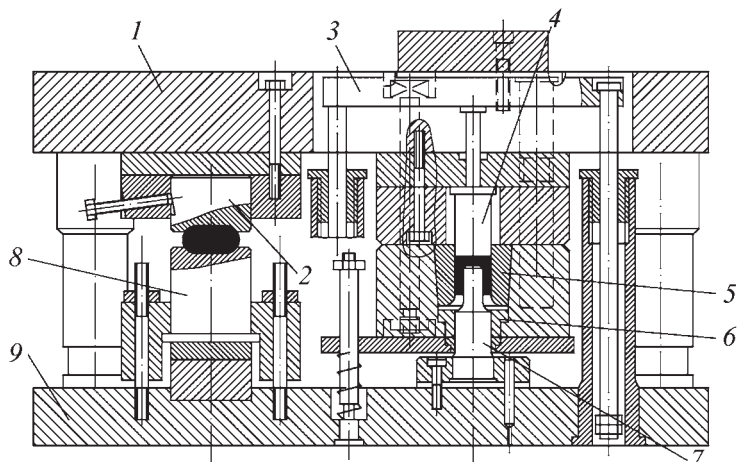


Рис. 20. Штамп для полугорячего выдавливания корпуса подшипника хлопкоуборочной машины:

1 — плита верхняя; 2 — боек верхний; 3 — траверса; 4 — выталкиватель; 5 — матрица; 6 — втулка центрирующая; 7 — пуансон; 8 — боек нижний; 9 — плита нижняя

вая заготовка. Конструктивной особенностью является использование

пакетов пружин съемника (в верхней плите) и устройство противодействия (в нижней плите), необходимого для компенсации избыточного объема металла поковки.

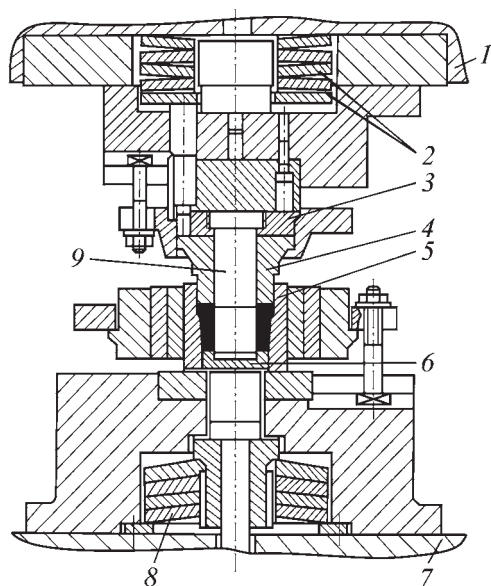


Рис. 21. Штамп для закрытой полугорячей штамповки поковок внутренних колец конических роликовых подшипников:

1 — плита верхняя; 2 — пакет пружин верхний; 3 — пуансонодержатель; 4 — съемник; 5 — матрица; 6 — выталкиватель; 7 — плита нижняя; 8 — устройство противодействия; 9 — пуансон

Штамп, показанный на рис. 22, предназначен для полугорячего выдавливания поволоков клапана и устанавливается на винтовом дугостаторном прессе силой 2500 кН. Простота конструкции, быстросменность инструмента и наличие ограничительных упоров позволяют изготавливать на нем широкую номенклатуру деталей с обеспечением достаточно высокой стойкости инструмента.

На рис. 23 дана конструкция штампа для полугорячего обратного выдавливания с охлаждением нижней части пакета водой, поступающей в полость, образованную корпусом 12 и обоймой 11.

В процессах полугорячей штамповки интенсивному тепловому и силовому воздействию подвергается инструмент: пуансоны, матрицы и выталкиватели. Методика выбора конструктивных параметров инструмента в зависимости от особенностей штампуе-

Рис. 22. Штамп для полугорячего выдавливания поковок клапана:

1 — плита верхняя; 2 — упор; 3 — пуансон; 4 — матрица; 5 — ограничительный упор; 6 — клин; 7 — плита нижняя

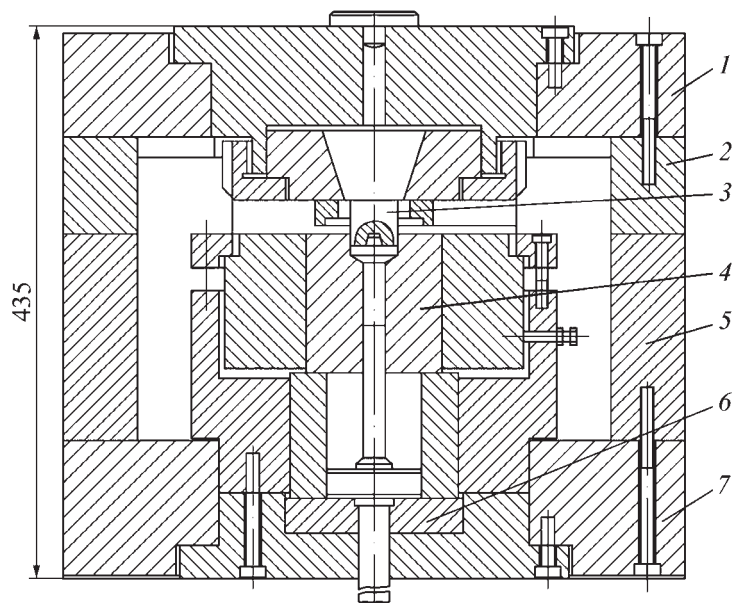
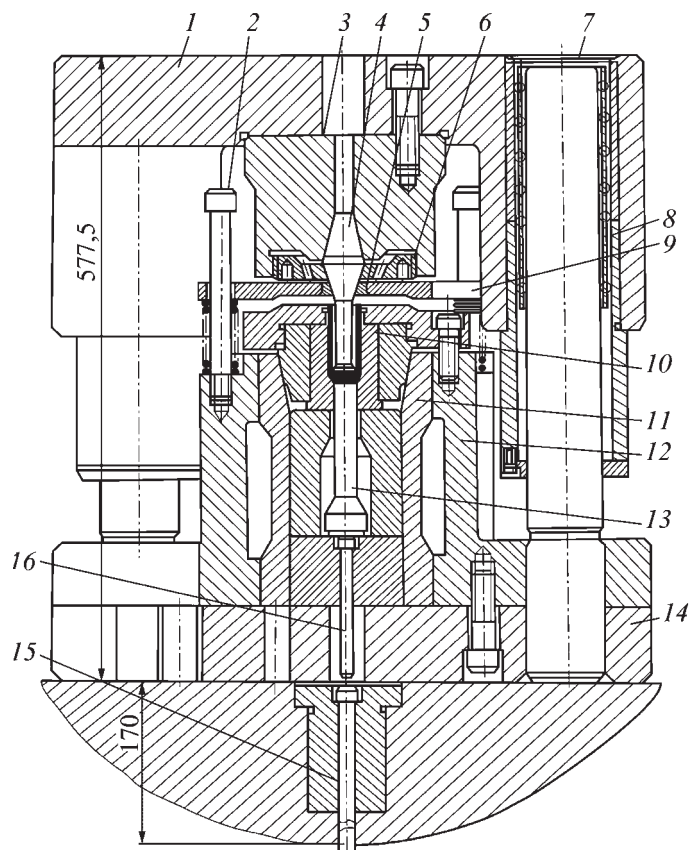


Рис. 23. Штамп для обратного полугорячего выдавливания с охлаждением:

1 — плита верхняя; 2 — упор; 3 — пуансонодержатель; 4 — пуансон; 5 — втулка съемника; 6 — гайка прижимная; 7 — колонка направляющая; 8 — втулка направляющая; 9 — съемник; 10 — матрица; 11 — обойма; 12 — корпус; 13 — выталкиватель; 14 — плита нижняя; 15, 16 — толкатели



мых деталей при скоростях деформирования, близких к скоростям, развиваемым на кривошипных механических прессах, приведена в рекомендациях [4, 14, 15]. Одним из определяющих условий, обеспечивающих удовлетворительную стойкость, является правильный выбор марок инструментальных сталей и режимов их термообработки.

В табл. 6 приведены данные по стойкости инструмента, выполненного из различных инструментальных сталей, который эксплуатируется при полугорячей штамповке различных по геометрии и материалу поковок.

Инструмент для полугорячей штамповки необходимо изготавливать из прокованных заготовок. Послековки медленно охлаждаются в ящи-

ках с песком. Для снятия остаточных напряжений и лучшей обрабатываемости резанием, заготовки подвергают термообработке — отжигу или высокому отпуску.

Закалку с отпуском инструмента производят после механической обработки перед финишными доводочными операциями шлифовки и т.п. Требуемые твердость, прочность и вязкость инструмента получают варьированием режима закалки и отпуска.

Стали 4Х5МФС, 4Х5В2ФС желательно применять для изготовления крупного и сложного инструмента, работающего при интенсивном охлаждении. Сталь марки 3Х3МЗФ имеет высокую прочность, теплостойкость и особенно разгаростойкость. Из

6. Стойкость инструмента из отечественных инструментальных сталей

№ п/п	Процесс, деталь, материал	Наименование инструмента	Материал инструмента	Стойкость, тыс. штук
1	Обратное двухстороннее выдавливание сменных головок торцевых ключей из стали 40Х	Пуансоны	P18	0,9...2,0
		Матрицы	Наплавка электродом ОЗИ-4	От 3,6...6,0 до 9,0...12,0
2	Обратное двухстороннее выдавливание роликов и втулок из сталей 40Х и 40ХН	Пуансоны	P18; 4Х4МВФС; 5Х3В3МФС с азотированием; P12, P6М5, P6М3	2,0...3,0
3	Обратное выдавливание втулок из углеродистой стали	Пуансоны	5ХНТ	До 3,0
		Матрицы		
4	Обратное выдавливание втулок из сталей 2Х13, 4Х13	Пуансоны	3Х2В8Ф	До 5,0
		Матрицы		10,0...15,0
5	Прямое и комбинированное выдавливание поковок из конструкционных сталей	Пуансоны	P18	2,0...5,0
		Матрицы	P18, 3Х2В8Ф, ВК15	3,0...6,0 15,0...20,0
		Выталкиватели	9ХС	5,0...10,0
6	Обратное выдавливание наружных колец конических роликовых подшипников из стали ШХ15	Пуансоны	4Х5МФС	2,35...3,25
		Матрицы		4,2...9,6
7	Прямое выдавливание внутренних колец конических роликовых подшипников из стали ШХ15	Пуансоны	4Х5МФС	1,4...6,6
		Матрицы		1,8...3,2

этой стали целесообразно изготовлять мелкий инструмент, работающий в условиях интенсивного нагрева и охлаждения при относительно высокой производительности. Стали 4Х4МВФС,

5Х3В3МФС имеют повышенные эксплуатационные свойства по сравнению с ранее приведенными. Азотирование этих сталей повышает стойкость пуансонов и матриц в 1,5–2 раза по сравнению со стойкостью пуансонов и матриц из стали Р18. Стали марок 2Х8В8М2К15, 2Х8В8М2К8 имеют повышенную теплостойкость и применяются в особо тяжелых условиях эксплуатации при полугорячей штамповке поковок из труднодеформируемых сталей и сплавов.

В последние годы одно из ведущих мест в изготовлении штамповочного инструмента из труднодеформируемых высокоуглеродистых инструментальных сталей, применяемого в условиях крупносерийного и массового производства, занимает высокоскоростная полугорячая штамповка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Акаро И.Л., Акаро А.Н.** Малоотходная полугорячая штамповка. ЦНИИТЭстроймаш. 1990. 48 с.
2. **Акаро И.Л., Балаганский В.И., Смольникова Л.М.** Новые технологии и проект автоматизированного комплекса для производства заготовок зубчатых колес, фланцев и колец // КШП. 1995. № 7. С.18–21.
3. **Абрамов А.Н., Шолом В.Ю., Шустер Л.Ш.** Оценка трибологических свойств технологических смазочных материалов // КШП. 1996. №10. С. 8–12.
4. **Аксенов Л.Б.** Системное проектирование процессов штамповки. Л.: Машиностроение, 1990. 240с.
5. **Бурнашов И.И.** Комбинированный индукционный нагрев под полугорячую штамповку // КШП. 1999. № 2. С. 35–36.
6. **ГОСТ 1497–84** Металлы. Методы испытания на растяжение при повышенных температурах. М.: Изд-во стандартов, 1987.
7. **Готлиб Б.М., Добычин И.А., Готлиб М.Б.** Автоматизированные кузнечно-прессовые комплексы. Екатеринбург: УрГАПС, 1998. 647 с.
8. **Кутышкин А.В., Токарев Б.И.** Исследование точности заготовок для горячей объемной штамповки, получаемых разрезкой на ножницах // КШП. 1997. № 2. С. 33–35.
9. **Лялин В.М., Петров В.И., Журавлев Г.М.** Основы технологии объемной и листовой полугорячей штамповки. Тула: Тул. гос. ун-т, 2002. 160 с.
10. **Лялин В.М., Пещеров А.В.** Анализ процесса высокоскоростной полугорячей штамповки выдавливанием / Сб. научн. трудов. Теория и практика производства проката. Липецк: ЛГТУ, 2001. С. 246–251.
11. **Малоотходная, ресурсосберегающая технология штамповки** / под ред. В.А. Андрейченко, Л.Г. Юдина, С.П. Яковлева. Кишинев: UNIVERSITAS, 1993. 238 с.
12. **Натанзон Е.И., Темянюк А.С., Губин Ю.А.** Полугорячая штамповка шестерен на автоматической линии // КШП. 1989. № 3. С. 3–8.
13. **Позднеев Б.М.** Применение полугорячей объемной штамповки (зарубежный опыт) // КШП. 1993. № 7. С. 2–4.
14. **Позднеев Б.М., Сосенушкин Е.Н., Балаганский В.И.** Обоснование технологических параметров и технических характеристик автоматизированного комплекса для многопозиционной полугорячей штамповки // КШП. 1993. № 4. С. 25–28.

15. **Сосенушкин Е.Н.** Расчет температурных условий работы инструмента при холодной и полугорячей штамповке // КШП. 1994. №7. С. 23–24.

16. **Темялко Л.С., Мишин А.Ф.** Точная штамповка заготовок цапф на ав-

томатических комплексах // КШП. 1996. № 7. С. 14–17.

17. **Ekkehard K.** Weiterentwickelte Pressen und Werkzeuge Stigern Produktivitat und Zuferlassigkeit / Maschinewart. 1998. № 12. S. 26–29.

Глава 9

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ШТАМПОВКИ

1. ГИБОЧНЫЕ РАБОТЫ

Виды гибочных работ, применяемое оборудование и расчетные параметры процесса. Гибку осуществляют как на универсальных листоштамповочных и других прессах, так и на специальном оборудовании. Специальные гибочные прессы и машины применяют для изготовления из листовых, полосовых и профильных заготовок преимущественно крупногабаритных деталей в виде фасонных балок, кронштейнов, подвесок, гнутых профилей, цилиндрических и конических обечаек, фланцев и отводов. При этом применяют одно- и многопереходную гибку в штампах, гибку по шаблону и гибку в роликах (валках). Толстолистовые и профильные заготовки в основном сгибают в горячем состоянии.

Из специального гибочного оборудования в основном применяют горизонтальные гибочно-штамповочные прессы (бульдозеры) (см. т. 1, с. 350), вертикальные гибочно-штамповочные прессы, листогибочные машины с поворотной траверсой, листогибочные валковые и сортогибочные роликовые машины.

Основным расчетным параметром процессов гибки является изгибающий момент M . При изгибе заготовки в холодном состоянии на радиус, больший трехкратной толщины заготовки h , момент вычисляют по формуле

$$M = mW\sigma_T,$$

где m — относительный изгибающий момент, $m = K_1 + \frac{K_0}{2r_0}$; W — момент

сопротивления поперечного сечения заготовки; σ_T — предел текучести (табл. 1); r_0 — относительный средний радиус изгиба детали, равный среднему радиусу детали R_0 , отнесенному к ее толщине h , $r_0 = R_0 / h$; K_1 — коэффициент профиля поперечного сечения заготовки; K_0 — относительный модуль упрочнения на начальном участке кривой упрочнения, равный модулю упрочнения π , отнесенной к пределу текучести; $K_0 = \pi / \sigma_T$ (см. табл. 1).

Значения коэффициента K_1 в зависимости от профиля заготовки и вида изгиба следующие:

Прямоугольный	1,5
Квадратный «на ребро»	2,0
Круглый	1,7
Стандартный двутавровый и швеллерный «вертикально» (относительно оси $x - x$)	1,2
Стандартный двутавровый «горизонтально»	1,8
Стандартный швеллерный «горизонтально»	1,55
Стандартный угловой полкой наружу и внутрь	1,5
Кольцевой профиль (труба) при d/D :	
0,4...0,59	1,6
0,6...0,74	1,5
0,75...0,89	1,4
0,9...1,0	1,3

Приведенные уравнения действительны при $r_0 > r_{0,пр}$ (см. табл. 1). При изгибе на относительный радиус, меньший $r_{0,пр}$, относительный изгибающий момент m увеличивается незначительно, и поэтому при расчетах можно принимать его наибольшее значение, определяемое при $r_{0,пр}$.

1. Значения σ_T , K_0 , $r_{0,пр}$ и c

Группа стали	Марка стали	Среднее значение σ_T , МПа	K_0	$r_{0,пр}$	c
I	10 и 15, Ст1 и Ст2	210	10,0	2,7	4,5
II	20 и 25, Ст3 и Ст4, 20К, 22К и 25К	260	11,0	3,2	4,0
III	30 и 35, Ст5	300	14,0	4,0	3,6
IV	40 и 45, Ст6, 15Х и 20Х	340	17,0	5,2	3,2

При гибке в горячем состоянии изгибающий момент рекомендуется определять приближенно по уравнению

$$M = 1,8W\sigma_B,$$

где σ_B — предел прочности.

Приведенные уравнения изгибающего момента действительны при изгибе с расстоянием между опорами $L \geq 6h$. При меньшем расстоянии при расчетах силы гибки следует исходить из величины поперечной силы:

$$Q = 0,5F\sigma_B,$$

где F — площадь поперечного сечения заготовки.

Показатели пружинения при изгибе в холодном состоянии определяют по следующим уравнениям:

— относительный радиус изгиба до пружинения, по которому устанавливают размеры инструмента:

$$r = \frac{r_0}{1 + 2m \frac{\sigma_T}{E} r_0}; \quad (1)$$

— угол пружинения

$$\Delta\alpha = 2m \frac{\sigma_T}{E} r\alpha, \quad (2)$$

где E — модуль нормальной упругости; α — угол изгиба заготовки, $\alpha = 180^\circ - \beta$; β — угол между полками детали до пружинения.

Гибка на прессах. При гибке на прессах в большинстве случаев применяют V-, П- и U-образную гибку. Сложные детали, имеющие несколько гнутых участков, сгибают за несколько переходов или в некоторых случаях однопереходной гибкой, когда за один ход ползуна прессы осуществляется гибка всей детали.

Выбор технологического процесса гибки зависит от формы и размеров детали, серийности производства, требуемой точности изготовления и имеющегося оборудования.

Повышение требований к точности деталей вызывает усложнение технологического процесса, в частности, вынуждает применять однопереходную гибку в сложном штампе. Однако однопереходная гибка требует, как правило, во много раз большего усилия.

Полосовые и листовые заготовки толщиной до 20...30 мм из низкоуглеродистых и малолегированных сталей обычно сгибают в холодном состоянии. При этом внутренний радиус изгиба не следует назначать меньше указанного в табл. 2.

Точность изготовления деталей при холодной гибке меньше, чем при горячей, вследствие пружинения согнутой детали после снятия нагрузки. Для его компенсации форму и размеры рабочих поверхностей штампов необходимо корректировать. При этом следует иметь в виду, что разброс угла изгиба деталей, со-

2. Минимально допустимые внутренние радиусы изгиба R_b при угле между полками $\beta > 30^\circ$

σ_b , МПа	R_b при толщине заготовки, мм														
	1	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
До 400	1,0	1,6	2,5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40
Св. 400 до 500	1,2	2,0	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	32	40	45
» 500 » 550	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	45	50

гнутой в одном и том же штампе, зависит от неравномерности прочностных свойств материала и отклонений заготовок по толщине.

Заготовки из листового проката при холодной гибке на относительно малые радиусы располагают при разрезке так, чтобы линия изгиба проходила поперек направления прокатки, а если заготовку сгибают по двум взаимно-перпендикулярным линиям, то заготовки располагают под углом 45° к направлению прокатки.

При гибке в штампе на малый радиус происходит утонение заготовки, которое может достигать 10...20 %. При защемлении в процессе гибки концевых участков заготовки в штампе утонение заготовки в зоне изгиба значительно увеличивается.

Гибка V-образных деталей. Боковые плоскости рабочей поверхности пуансона и матрицы выполняют под углом штампа β . При холодной гибке угол β назначают меньше угла детали β_0 на угол пружинения $\Delta\alpha$. Радиус пуансона принимают одинаковым с внутренним радиусом детали, а радиус рабочих за-

круглений матрицы равным двух-, трехкратной толщине заготовки.

Гибку можно осуществлять двумя способами. При первом способе, называемом гибкой-штамповкой, заготовка в конце хода ползуна плотно зажимается между пуансоном и матрицей по всей поверхности (рис. 1, а) и происходит калибровка согнутой заготовки. Сила гибки резко возрастает в конце рабочего хода. Ее значение определяют из формулы

$$P = F\sigma_b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + \mu \sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (3)$$

где F — площадь поперечного сечения заготовки; μ — коэффициент трения на контактных поверхностях заготовки с матрицей.

При подсчете силы гибки стальных заготовок в холодном состоянии для черных непотравленных заготовок $\mu = 0,4...0,5$, для черных потравленных и механически обработанных заготовок со смазочным материалом $\mu = 0,15...0,2$, при горячей гибке $\mu = 0,5$.

Угол пружинения составляет $1...5^\circ$, если внутренний радиус изгиба детали

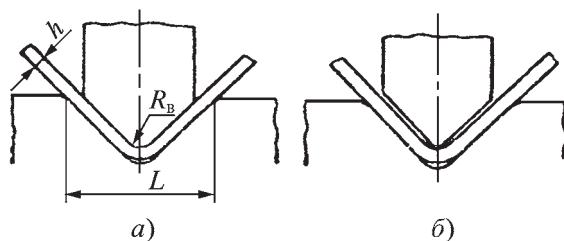


Рис. 1. Схемы V-образной гибки в штампе

3. Значения радиуса изгиба и угла пружинения в зависимости от ширины паза L матрицы (размеры, мм)

Ширина паза мат- рицы L	Холодная гибка сталей группы								R_b при горячей гибке
	I		II		III		IV		
	R_b	$\Delta\alpha, \dots^\circ$	R_b	$\Delta\alpha, \dots^\circ$	R_b	$\Delta\alpha, \dots^\circ$	R_b	$\Delta\alpha, \dots^\circ$	
6 h	1,0 h	2,5	0,9 h	3,0	0,8 h	3,5	0,7 h	4,5	1,4 h
8 h	1,25 h	3,5	1,1 h	4,0	1,0 h	4,5	0,9 h	5,5	1,75 h
10 h	1,6 h	4,0	1,45 h	4,5	1,3 h	5,0	1,15 h	6,0	2,25 h
12 h	2,05 h	4,5	1,85 h	5,0	1,65 h	5,5	1,45 h	6,5	2,9 h

прямоугольного сечения связан с шириной паза зависимостью

$$R_b = \frac{ch}{\beta} \left[\left(\frac{L}{2h} \right)^2 - \frac{L}{h} + 17 \right],$$

где L — ширина паза матрицы; c — коэффициент, зависящий от механических свойств материала детали; его значения для холодной гибки стальных деталей приведены в табл. 1. При гибке в горячем состоянии $c = 6,3$.

При гибке заготовки на угол 90° ширину паза матрицы (расстояние между опорами) выбирают по табл. 3.

Гибку крупногабаритных сравнительно толстостенных деталей рекомендуется заканчивать в момент, когда полки заготовки в процессе изгиба соприкоснутся с боковыми поверхностями матрицы (см. рис. 1, б). При таком способе (гибка до соприкосновения) сила пресса в несколько раз меньше, чем при гибке-штамповке. Углы пружинения при гибке до соприкосновения приведены в табл. 3.

Во время настройки технологического процесса особое внимание надо уделять правильной установке крайнего нижнего положения пуансона. При недостаточном ходе угол между полками согнутой детали получится больше требуемого, а при увеличенном ходе — меньше.

В случае гибки нескольких партий деталей из материалов, немного отличающихся по механическим свойствам, принимают среднее значение угла штампа, а переналадку штампа на гибку деталей из другого материала производят путем регулирования крайнего нижнего положения пуансона. Так, при холодной гибке заготовок из низкоуглеродистой стали на угол 90° угол штампа $\beta = 85 \dots 86^\circ$, а для деталей из алюминиевых сплавов $\beta = 70 \dots 80^\circ$.

Силу гибки до соприкосновения на угол 90° (при рекомендованной ширине паза матрицы) определяют из формулы

$$P = K_a F \sigma_b.$$

Значения коэффициента K_a приведены в табл. 4.

4. Значения коэффициента K_a (для сталей групп I–IV)

Вид гибки	Ширина паза матрицы L			
	6 h	8 h	10 h	12 h
Холодная:				
$\mu = 0,2$	0,26	0,18	0,14	0,11
$\mu = 0,5$	0,30	0,21	0,16	0,14
Горячая	0,25	0,18	0,14	0,12

Примечание. μ — коэффициент трения на контактных поверхностях заготовки с матрицей.

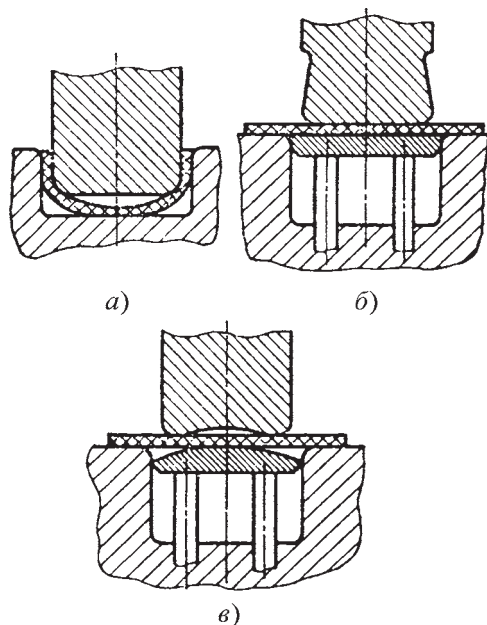


Рис. 2. Схемы П-образной гибки в штампе

Гибка П-образных деталей за один переход при изготовлении большой партии деталей более предпочтительна, чем двухпереходная, несмотря на необходимость применения более сложного и менее стойкого штампа, так как в этом случае производительность процесса и точность получаемых деталей выше.

Наиболее простым способом является гибка в штампе с прямоугольными рабочими поверхностями пуансона и матрицы (рис. 2, а). В процессе гибки участок под пуансоном изгибается и для его выправления требуется калибровка заготовки в конце рабочего хода пуансона. При калибровке происходит также перераспределение напряжений в согнутых участках заготовки и поэтому пружинение детали становится незначительным; его можно компенсировать небольшим поднутрением боковых плоскостей пуансона на угол $1...2^\circ$. Однако калибровка требует в несколько раз большего уси-

лия по сравнению с силой гибки и при холодной гибке детали получают сильно наклепанными. Этот способ рекомендуется применять при гибке сравнительно тонкостенных неотвечественных деталей.

Чтобы избежать необходимости калибровки, применяют штамп с нижним прижимом, работающим под действием пружин или пневматического цилиндра (см. рис. 2, б). Для компенсации пружинения полков в пуансоне боковые плоскости поднутряют на угол $2...3^\circ$ и боковой зазор устанавливают равным или несколько меньшим толщины заготовки. Указанный прием эффективен при $R_b = (0,8...1,2) h$. Если же $R_b = (1,25...2,0) h$, то нижнюю поверхность пуансона и верхнюю поверхность прижима выполняют по радиусу (см. рис. 2, в).

В штампе для П-образной гибки радиусы закругления на пуансоне $R_{\text{п}}$ выполняют равными внутреннему радиусу закругления детали, а наружные углы матрицы скругляют или скашивают для облегчения затягивания заготовки в паз матрицы. Радиус закругления матрицы принимают $R_m = (2...4) h$.

Силу определяют по уравнению

$$P = (1,1...1,3) K_0 \sigma_b F,$$

где K_0 — коэффициент (табл. 5).

Для гибки П-образных деталей с углами, меньшими 90° , и иногда для деталей с углами, равными 90° , применяются штампы с перегибающими устройствами в виде поворотных сухарей или боковых ползушек.

5. Значения коэффициента K_0

μ	$R_m + R_{\text{п}}$						
	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	8 h	10 h
0,2	0,63	0,53	0,47	0,42	0,39	0,34	0,30
0,5	0,90	0,81	0,76	0,72	0,68	0,61	0,55

Гибка U-образных деталей. Эти детали характеризуются наличием сгибов большого радиуса и прямыми параллельными полками. Среднего прямого участка может не быть.

Изгиб на большой радиус сопровождается большим пружинением, поэтому при холодной гибке пуансон выполняют с меньшим радиусом и большим поднутрением и подгибают полки в конце рабочего хода, преимущественно посредством встроенных в штамп специальных перегибающих устройств рычажного или клинового типа. Перегиб детали происходит под нажимом пуансона на элементы устройств. Радиус пуансона и угол пружинения определяют по формулам (1) и (2).

Для снижения силы гибки и предупреждения следов нажима в местах соприкосновения заготовки с матрицей часто применяют штампы с роликовыми и поворачивающимися секторными опорами.

Если допускается значительная непараллельность прямых участков U-образной детали, то используется простой штамп с цилиндрическими рабочими поверхностями. Так как согнутая деталь может застрять в матрице, то в последней предусматривают выталкиватели и подвижной клин (рис. 3, а). При обратном ходе клин увлекается деталью вверх и отходит по наклонной плоскости в сторону, освобождая деталь.

Для точной гибки U-образных деталей применяют штампы, в которых осуществляется перегиб заготовки для компенсации пружинения. Наиболее простым штампом является штамп с поворотными сухарями (рис. 3, б). В первый период гибки сухари упираются в боковые стенки матрицы (показано штриховой линией), а в конце хода под действием пуансона они поворачиваются и прижимаются ко дну мат-

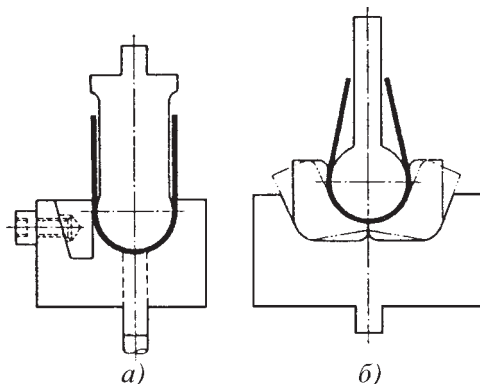


Рис. 3. Штампы для однопереходной гибки U-образных деталей:

а — клином; б — с поворотными сухарями

рицы: при этом заготовка сгибается на угол, больший 180° , для компенсации пружинения.

Гибка дугообразных и круглых деталей. Дугообразные детали с центральным углом, меньшим $120...150^\circ$, сгибают за один переход в простом штампе с пуансоном и матрицей, выполненными по радиусу, равному радиусу детали с учетом ее пружинения.

Гибку деталей с центральным углом $150...270^\circ$ осуществляют за два перехода (рис. 4, а). На первом переходе подгибают крайние участки, а на втором — средний (рис. 4, б).

Закрытые детали типа хомутов сгибают также за два перехода. На первом переходе крайние участки принимают заданную кривизну, а средний участок получает обратную кривизну; на втором — средний участок сгибается на радиус детали. В конце рабочего хода, когда торцы заготовки уже сошлись, а гибка среднего участка продолжается, боковые участки разгибаются в пределах упругих деформаций.

Для компенсации пружинения рабочие поверхности пуансона и матрицы выполняют меньшего радиуса, чем определяемого по формуле (1).

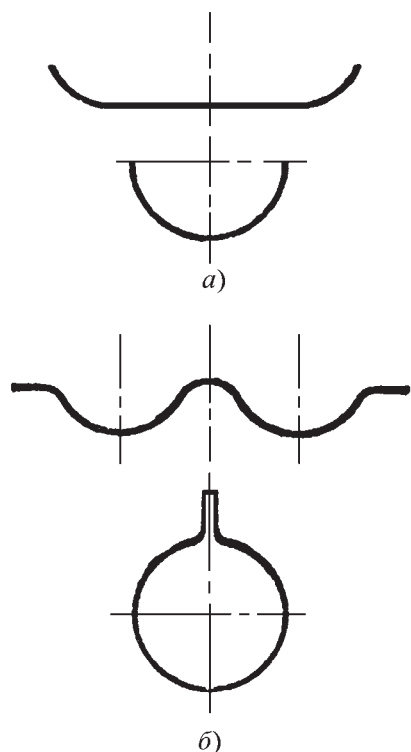


Рис. 4. Способы гибки круглых деталей:
а — полузакрытой; б — закрытой

Силу гибки подсчитывают по уравнению (3).

При гибке замкнутых деталей пуансон выполняют цилиндрическим с опорами по цапфам. Одна из опор предусматривается откидной для возможности удаления согнутой детали из штампа.

Однопереходная гибка сложных деталей. Гибку осуществляют в простом штампе, конфигурацию рабочего ручья которого выполняют по форме детали. Одновременно за один ход прессы сгибают все участки заготовки. Такая гибка сопровождается возникновением на средних участках заготовки больших растягивающих сил и перемещением участков заготовки в поперечном направлении через рабочие ребра штампа.

По этой причине однопереходную гибку можно успешно применять лишь для деталей, не имеющих глубоких выгибов.

Особенностью конструкции рабочего профиля штампа для несимметричных деталей, например Z-образных, является такое его расположение, чтобы при гибке на пуансоне и матрице не возникала значительная по величине горизонтальная составляющая силы, перпендикулярной движению пуансона. Кроме того, необходимо, чтобы в начальный момент деформирования заготовка опиралась на матрицу (или пуансон) на две опоры, а пуансон производил нажатие между опорами.

Часто в штампе предусматривают утапливающиеся рабочие элементы, посредством которых в начале штамповки происходит предварительная гибка, что приводит к уменьшению горизонтальных перемещений участков заготовки.

Многoperеходная гибка сложных деталей. Гибку сложных деталей с глубокими выгибами производят за два или несколько переходов. Например, V- и П-образные детали с горизонтальными полками изготавливают за два перехода. За первый переход сгибают боковые участки, затем заготовку переворачивают и производят гибку средних участков.

Гибку полузакрытых и закрытых деталей прямоугольного и другого более сложного профиля также производят за два перехода. Однако в этом случае сначала сгибают средние участки.

Изготовить штамп двухручьевым или установить на прессе одновременно два штампа в некоторых случаях бывает затруднительно, например, при больших габаритах детали. Тогда применяют одноручьевые штампы, в которых предусматривают возможность перемещения (утапливание) ра-

бочих элементов штампа, что позволяет производить гибку за первый и второй переходы на разных участках заготовки.

Гибка деталей пространственных форм. В каждой плоскости заготовка сгибается за самостоятельный переход. Если деталь прямоугольного сечения, то сначала производят изгиб на ребро.

Сложноизогнутые пространственные детали, например перила, целесообразно изготавливать посредством многопереходной V-образной гибки.

Гибка деталей из профильных заготовок. При гибке несимметричных деталей или из угловых, высоких двутавровых, швеллерных и полосовых заготовок необходимо предупреждать потерю устойчивости сгибаемой заготовки и возникновения в процессе гибки побочных деформаций — скручивания и т. п. С этой целью применяют штампы с закрытыми ручьями и часто вынуждены осуществлять гибку в горячем состоянии.

Гибку на сравнительно небольшой радиус деталей с полками — швеллерных, двутавровых и других — производят с сухарями, заполняющими внутреннюю полость профиля в зоне гибки. Сухари в виде узких чугуновых отливок скрепляют тросом, при гибке они распирают полки профиля и не дают возможности наклоняться внутрь.

Дополнительные операции при гибке. Основной дополнительной операцией, проводимой при гибке, является пробивка отверстий. Обычно гнутые детали не подвергают механической обработке, поэтому пробивку отверстий целесообразно выполнять на той же машине, что и гибку, и по возможности за одну подачу заготовки в штамп, т.е. в гибочном штампе следует

предусматривать установку пуансонов и матриц для пробивки отверстий.

Удобно пробивать отверстия в прямой заготовке. Однако при гибке расстояния между отверстиями изменяются неодинаково. Поэтому, когда требуется точное расположение отверстий, пробивку производят в уже полностью согнутой заготовке.

Второй распространенной дополнительной операцией является местная штамповка углублений на полосовых заготовках и плющение профиля (круглого, трубного) в местах, предусмотренных для отверстий. Операция местной штамповки может производиться в конце хода ползуна при гибочной операции.

На горизонтальных гибочно-штамповочных прессах изготавливают крупногабаритные детали из полосового и профильного проката и из штампованных заготовок преимущественно поперечным изгибом. Часто выполняют и горячую гибку.

Типовыми деталями, изготавливаемыми на этих прессах, являются протяженные детали в виде балок с изогнутой осью и детали типа кронштейнов, подвесок, скоб (рис. 5). Детали второго типа сгибаются при большом ходе ползуна пресса. Применяют одно-, двух- и трехпереходную гибку. Для уменьшения трудоемкости изготовления все переходы следует выполнять с одной подачи заготовки в штамп, а при горячей гибке — с одного нагрева. Для этого применяют много-

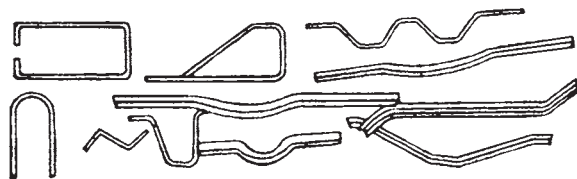


Рис. 5. Типовые детали, изготавливаемые гибкой на горизонтальных гибочно-штамповочных прессах

ручьевые штампы. Используют также многопереходные комбинированные штампы, в которых наряду с гибкой производят и некоторые другие операции: пробивку отверстий, вырубку, отрезку.

Штампы изготавливают литыми или из толстолистного проката, сварными или соединенными болтами. Ручьи располагают друг над другом. Наиболее трудоемка механическая обработка рабочих поверхностей штампа. При конструировании штампа особое внимание следует обращать на упрощение его изготовления. Просты в изготовлении штампы, собранные из стальных плит. Обработку их рабочих поверхностей можно производить газовой резкой и зачисткой абразивным инструментом.

В штампах для крупносерийной гибки в наружных углах рабочих поверхностей, которые подвержены интенсивному износу, целесообразно предусматривать каленые вставки.

При подаче сравнительно тяжелых заготовок в продольном направлении следует выполнять упоры с резиновым или пружинным амортизатором.

Конструкция штампа для двухпереходной гибки сложной П-образной детали показана на рис. 6. Штамп собран из стальных плит. Рабочие элементы для первого перехода расположены внизу, а для второго — в его верхней части. За первый переход сгибают оба конца заготовки и формуют карманы. После кантования заготовки на 180° (за второй переход) осуществляют гибку внутренних углов детали.

Заготовку устанавливают в штампе по отверстию, расположенному в средней зоне, и прижимают ее к пуансону с помощью ползушки, перемещаемой поворотом эксцентрикового валика посредством рукоятки. Такое крепление заготовки предупреждает ее падение (заготовка ставится на реб-

ро) и одновременно служит прижимным устройством. Для возможности размещения прижимных устройств продольные оси пуансонов смещают относительно друг друга. Пуансоны обоих переходов имеют поднутренные боковые плоскости. В пуансонах и матрицах предусмотрены сменные каленые вставки.

Вертикальные гибочно-штамповочные прессы предназначены в основном для изготовления протяженных сложных профилей из полосовых или листовых заготовок (рис. 7). Как правило, применяют многопереходную гибку в простом V-образном штампе, перемещая заготовку после каждого перехода и устанавливая ее в штампе следующим участком гибки. В прессе предусмотрено специальное регулируемое устройство (упор) для правильной установки заготовки. Последовательность гибки сложного профиля приведена на рис. 8.

Для возможности применения этой технологии необходимо, чтобы все радиусы изгиба у детали были одинаковыми. В некоторых случаях между отдельными переходами необходимо производить смену пуансона. Матрицу выполняют универсальной в виде квадратного бруса и размещают на каждой стороне V-образного ручья для возможности гибки заготовок разной толщины и с разным радиусом изгиба. Гибку осуществляют в холодном состоянии. Прессы используют и для пробивки отверстий.

Гибка на машинах с поворотной траверсой. При гибке заготовку укладывают на стол 1 (рис. 9, а) и вертикальным перемещением прижимной траверсы 2 жестко фиксируют в заданном положении. Гибку осуществляют путем поворота гибочной траверсы 3. При этом кромки заготовки загибаются вокруг вставки 4, имеющей рабочий радиус, равный радиусу изгиба детали. Угол из-

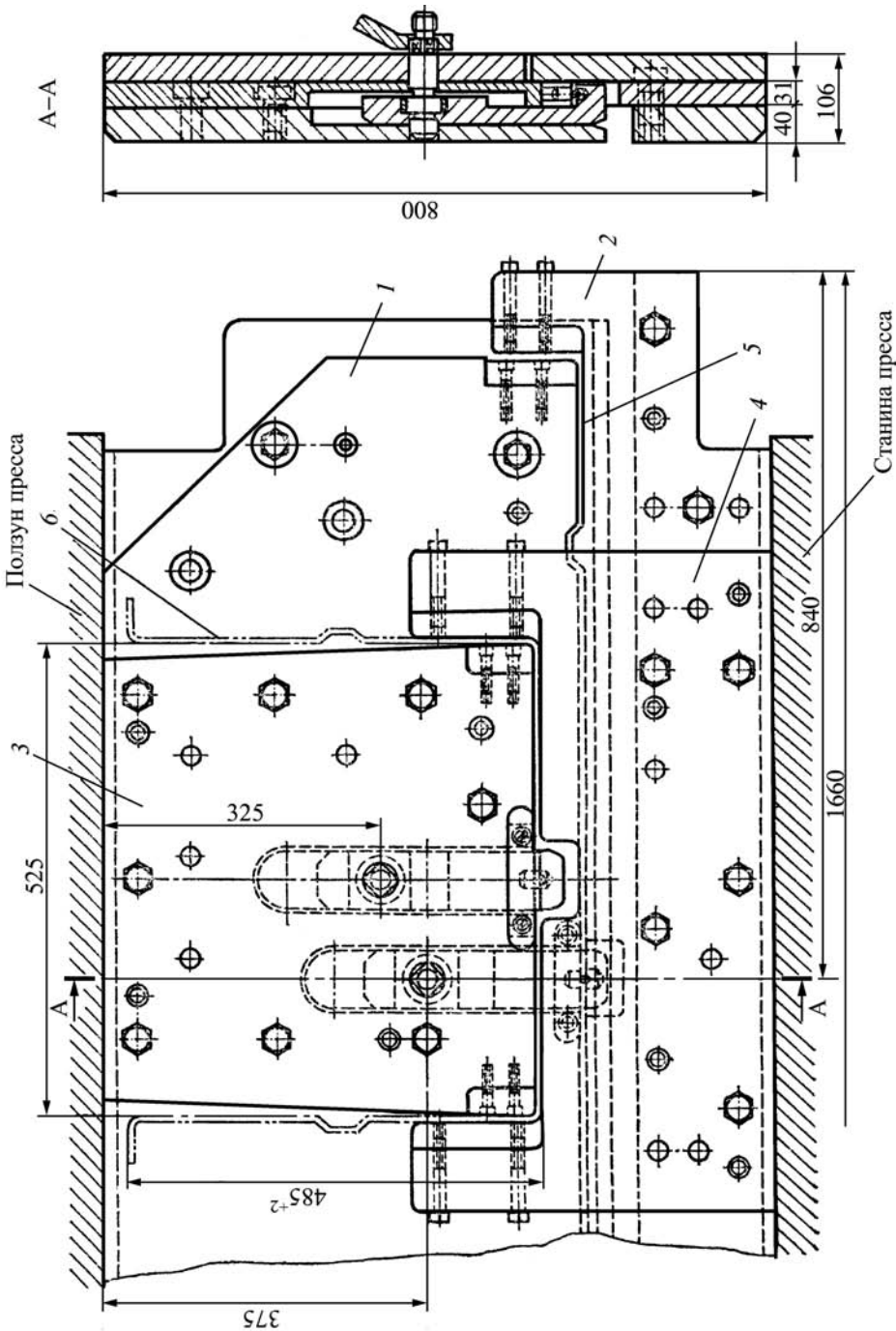


Рис. 6. Штампы для двухпереходной гибки П-образной детали:

1 — пуансон первого перехода; 2 — пуансон второго перехода; 3 — матрица второго перехода; 4 — матрица второго перехода после первого перехода; 5 — заготовка после первого перехода; 6 — заготовка после второго перехода

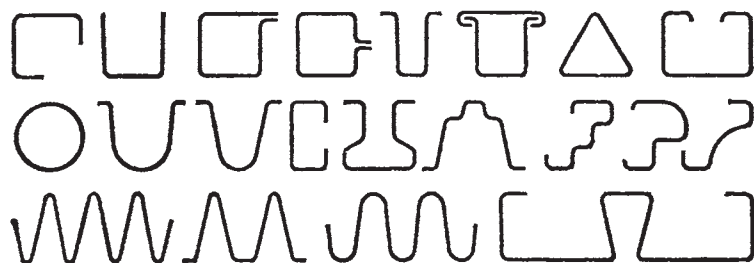


Рис. 7. Типовые детали, изготавливаемые гибкой на вертикальных гибочно-штамповочных прессах

гиба (поворота траверсы) может достигать 135° . Наибольшая длина сгибаемой кромки определяется размером L .

Основным назначением универсальных машин с поворотной траверсой является изготовление из листовых и полосовых заготовок в холодном состоянии профилей с различным контуром поперечного сечения. При этом профили могут быть открытые, полузакрытые и закрытые. Для возможности снятия с машины закрытого профиля прижимную траверсу закрепляют на станине пресса одним концом шарнирно, другой ее конец может выдвигаться вперед.

Аналогичные гнутые детали можно изготавливать также на вертикальных гибочно-штамповочных прессах и профилировочных станках. Особенностью гибки на машинах с поворотной траверсой является сравнительно простая технологическая оснастка и более широкая универсальность. По производительности они значительно уступают прессам и станкам. Гибку на машинах целесообразно применять в мелкосерийном и единичном производстве.

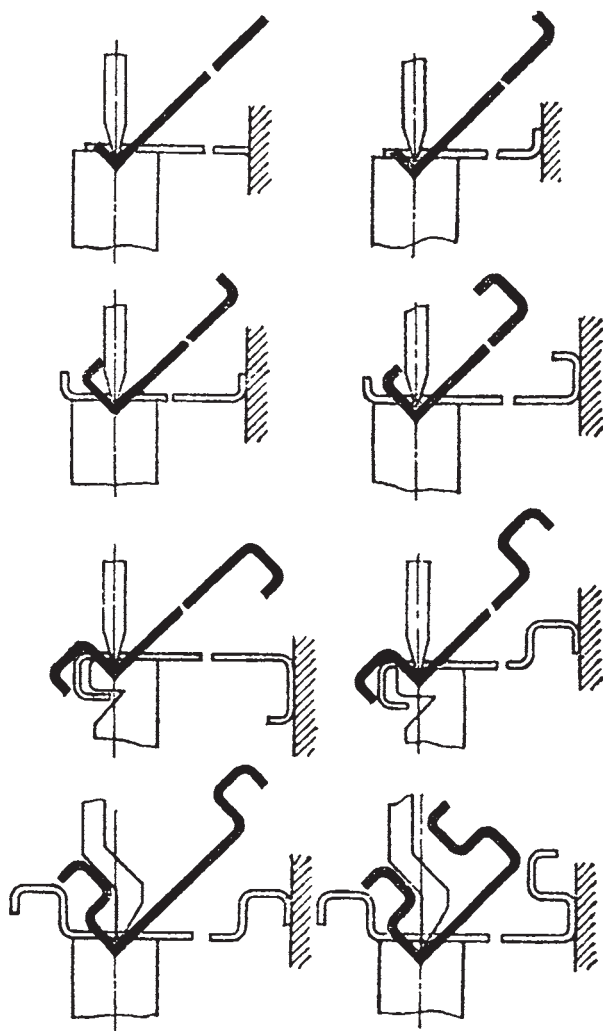


Рис. 8. Последовательность многопереходной V-образной гибки

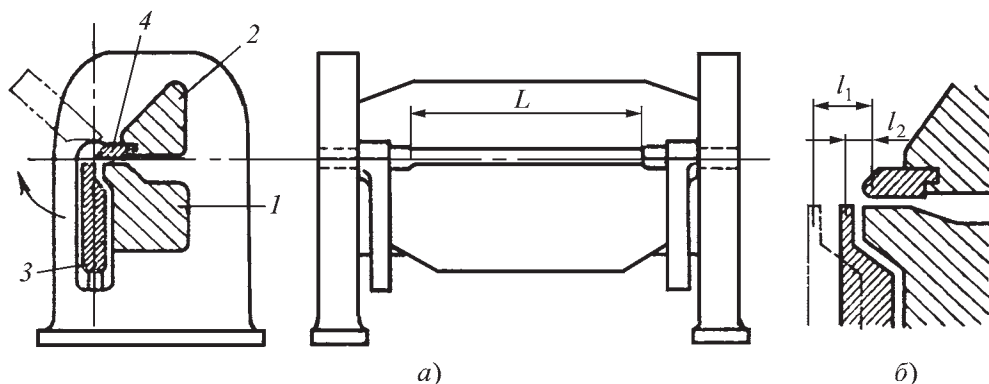


Рис. 9. Схема универсальной машины с поворотной траверсой

Изготовление деталей осуществляют многопереходной гибкой, когда за каждую установку заготовки в машине и поворот гибочной траверсы получают изгиб заготовки на один угол. Способы гибки типовых деталей показаны на рис. 10, *а–е*. Параметры машины *A*, *B*, *H* и *h* ограничивают размеры сгибаемых профилей.

Основное условие технологичности гибки заключается в том, что центр закругления вставки должен быть совмещен с центром вращения поворотной траверсы. Для обеспечения этого условия и расширения технологических возможностей в современных машинах положение стола и гибочной траверсы выполняют регулируемыми по высоте. Кроме того, предусматривают горизонтальное регулирование положения гибочной траверсы.

Наличие горизонтального регулирования гибочной траверсы значительно расширяет диапазон сгибаемых заготовок по толщине. Толстые заготовки гнут с плечом l_1 , при котором сила гибки минимальна (см. рис. 9, *б*), а при гибке тонкостенных заготовок плечо l_2 должно быть уменьшено, чтобы обеспечить получение радиуса изгиба заготовки в соответствии с радиусом вставки, т. е. с заданным радиусом детали.

С использованием цилиндрической оправки на машине можно изготавливать трубы относительно небольшого диаметра за три перехода.

Гибка на листогибочных валковых машинах. Процесс гибки деталей из листовых заготовок осуществляется между тремя вращающимися валками, установленными в шахматном порядке. Преимущественно применяют универсальные трех- и четырехвалковые машины. Основным назначением универсальных машин является гибка цилиндрических и конических обечаек и секторов. Гибку выполняют в холодном и горячем состояниях, причем горячую гибку используют для формовки только толстостенных заготовок с толщиной стенки, превышающей 50 мм. Минимально возможный радиус изгиба равен пяти-, десятикратной толщине заготовки.

Основным преимуществом универсальных листогибочных машин является отсутствие необходимости сменной технологической оснастки и большая их универсальность. Специализированные машины применяют для крупносерийной гибки, например, для гибки крупногабаритных элементов обшивки, конических обечаек, гофрированных секторов, сварных труб и др.

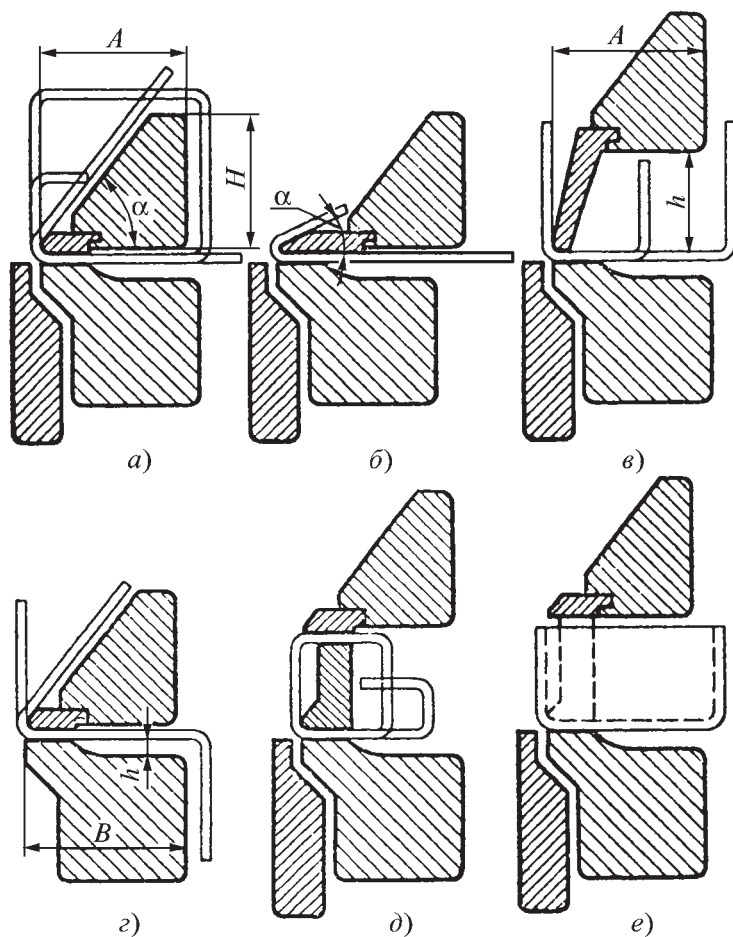


Рис. 10. Способы гибки типовых деталей на машине с поворотной траверсой

Гибку заготовок осуществляют путем поперечного перемещения одного из валков, при котором начальный изгиб заготовки происходит на узком участке. Вращением валков производится продольная подача заготовки за счет сил трения, в результате чего участки заготовки последовательно получают изгиб по всей длине. Путем соответствующей установки валков по отношению друг к другу заготовка может быть согнута на заданный радиус.

Листогибочные машины преимущественно выпускают горизонтально-

го типа; задний подшипник предусматривают откидным для возможности снятия с машины замкнутой обечайки.

В настоящее время выпускают трехвалковые машины с устройством для горизонтального перемещения нижних валков или верхнего валка, что обеспечивает выполнение на машине подгибки кромок.

Для цилиндрических обечаек или секторов вырезают прямоугольную заготовку со строго параллельными кромками и длиной, подсчитанной с учетом необходимого зазора между

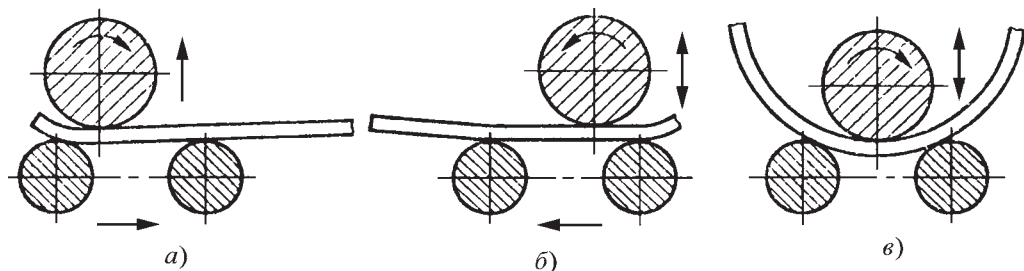


Рис. 11. Последовательность гибки обечаек

кромками под сварку. Если под сварку продольного шва требуется разделка кромок, то она производится у плоской заготовки.

Процесс гибки начинается с подгибки кромок, сначала передней (рис. 11, а), затем задней (рис. 11, б). В средней части заготовка сгибается при симметричном расположении валков (рис. 11, в) за несколько переходов, если радиус изгиба относительно небольшой.

Для устранения овальности после сварки и термической обработки обечайку, как правило, подвергают правке на той же гибочной машине.

Для гибки конических обечаек с углом конусности $\alpha \leq 60^\circ$ требуется заготовка с центральным углом $\beta < 180^\circ$ (рис. 12, а), а при большем угле конуса $\beta > 180^\circ$ (рис. 12, б). Размеры плоской заготовки определяют по развертке детали.

При гибке конической обечайки необходимо создавать неодинаковый по ширине заготовки l прогиб ее между валками и разные скорости перемещения кромок, пропорциональные расстояниям кромок от центра конуса ρ_1 и ρ_2 .

Универсальные машины обеспечивают наклонную установку верхнего валка, т.е. переменный прогиб заготовки, но

для получения задаваемых скоростей перемещений требуется специальное подающее устройство. Тонкостенные заготовки можно подавать вручную.

В большинстве случаев, особенно при гибке крупногабаритных толсто-стенных обечаек, применяют способ гибки заготовки по участкам. Для этой цели заготовку делят радиальными рисками на несколько секторов с углом между рисками $10...20^\circ$ и проводят центральную риску. Заготовку устанавливают в валки так, чтобы направление центральной риски одного из

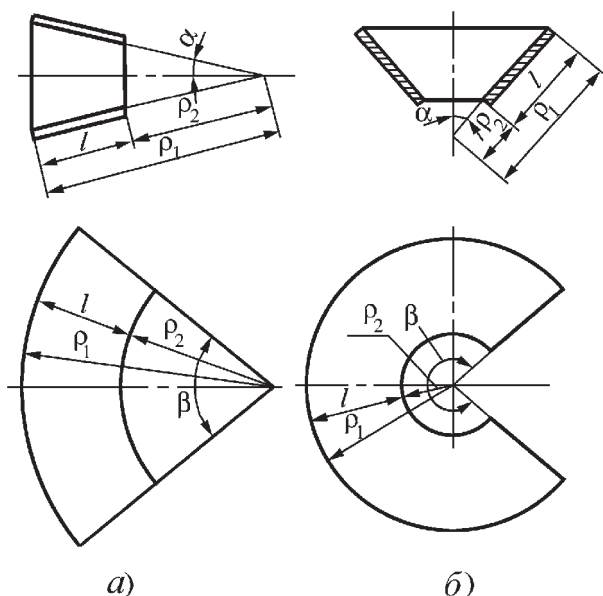


Рис. 12. Конические обечайки и заготовки для них:
а — обечайка с $\alpha \leq 60^\circ$; б — обечайка с $\alpha > 60^\circ$

участков совпадало с продольной осью верхнего вала. Вертикальным перемещением верхнего вала, установленного в наклонное положение, производят изгиб заготовки до требуемого прогиба, после чего заготовку перемещают между валками до рисков, ограничивающих данный участок, и получают соответствующий изгиб заготовки на длине одного участка. Затем последовательно сгибают таким же способом и другие участки заготовки.

В технических характеристиках на машину обычно приводят наибольшую толщину h и наибольшую ширину b заготовки. Однако на машине можно производить гибку менее широких заготовок большей толщины. В этом случае предельную толщину можно определить по формуле

$$h_1 \approx h \sqrt{\frac{b}{b_1}},$$

где b_1 — заданная ширина заготовки.

Формула верна только в случае, если материал заготовки по прочностным характеристикам одинаков с материалом заготовки, указанным в паспорте на машину.

Гибка на сортогибочных роликовых машинах. В роликах сгибают по окружности заготовки с фасонным поперечным сечением из сортового проката (полосового, круглого) и профильного (углового, таврового, швеллерного, двутаврового и др.), а также заготовки из толстостенных труб. Способ гибки в роликах в основном аналогичен гибке в валках листовых заготовок. При рассматриваемом способе рабочим инструментом являются ролики, имеющие фасонный рабочий ручей в соответствии с профилем и размерами поперечного сечения заготовки.

Чтобы обеспечить гибку заготовок из разных профилей, рабочие ролики выполняют сменными или перенала-

живаемыми. Наименьший радиус изгиба ограничивается радиусом среднего ролика; он равен пяти-, десятикратной высоте профиля заготовки.

Заготовки могут принимать форму замкнутых колец и дугообразных элементов, а также сгибаться по спирали и с переменной кривизной. В основном гибку осуществляют в холодном состоянии, и только в некоторых особых случаях применяется предварительный нагрев заготовок.

При изгибе профильных заготовок возникают нежелательные побочные деформации элементов профиля по отношению друг к другу — малковка полков профиля (изменение прямого угла между полками угольника или между полками и стенкой швеллера), отклонение от круглости сечения трубной заготовки, скручивание несимметричной заготовки, а также потеря устойчивости (складкообразование) на отдельных элементах сгибаемой заготовки. Указанные дефекты появляются в большей мере с уменьшением радиуса изгиба и относительных толщин стенок.

С целью предупреждения этих побочных деформаций применяют ролики специальных конструкций, наполнители и гибкие оправки, предусматривают в конструкции машины поддерживающие и направляющие ролики.

Известны многие конструкции жестких и гибких оправок (рис. 13).

Жесткие оправки изготавливают длиной, кратной 3—4 диаметрам. Диаметр оправки выполняют на 2...5 мм меньше минимально возможного внутреннего диаметра трубы. На оправках намечают установочные риски в месте окончания цилиндрической части. Установка оправки выполняется с опережением; риска оправки должна выступать за поперечную ось гибочного шаблона примерно на 5 % от диаметра оправки. Этим путем достигается компенсация

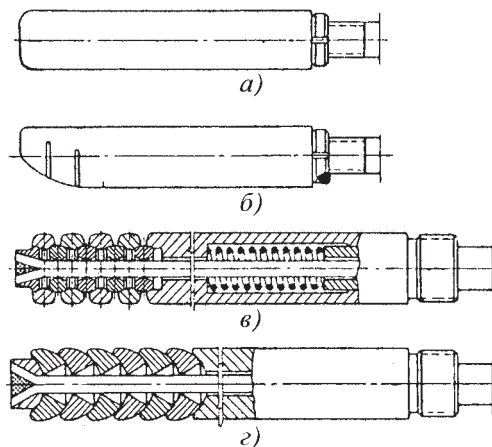


Рис. 13. Конструкция оправок:

а — цилиндрическая; *б* — ложкообразная;
в — с кольцевыми элементами; *г* — с полу-
 сферическими элементами

несоответствия диаметров оправки и полости трубы. Оптимальная величина опережения уточняется при гибке первых заготовок данной партии.

Жесткие оправки небольших размеров могут изготавливаться из инструментальной стали с закалкой до твердости 52...56 HRC. Оправки большого диаметра рекомендуется изготавливать из стали 50 с последующей термической обработкой или же из износостойкого чугуна.

Смазывание полости трубы смесью минерального масла с графитом значительно уменьшает износ оправок и устраняет появление задиrow на трубе.

Гибкие оправки прилегают к внутренней поверхности трубы на участке значительной длины и препятствуют овализации профиля трубы и появлению складок. Их применение особенно эффективно при гибке тонкостенных труб. Цилиндрическая гибкая оправка предназначена для гибки труб среднего и большого диаметра, а оправка с полусферическими элементами (рис. 13, г) — для гибки труб малого диаметра.

Для устранения побочных деформаций при гибке тонкостенных профилей и труб применяют также местный индукционный нагрев заготовки. Индуктор устанавливают перед зоной гибки. Нагрев заготовки происходит непрерывно в процессе гибки при перемещении заготовки сквозь кольцевой индуктор. Индуктор совмещен с водяным спрейным устройством, которое после прохождения участка заготовки через индуктор сразу же его охлаждает. Таким образом, нагретым до высокой температуры является узкий участок заготовки, на котором и происходят деформации изгиба. Соседние холодные участки заготовки оказывают поддерживающее действие деформируемому участку, благодаря чему побочные деформации не возникают.

В настоящее время рядом организаций (ВПТИЭнергомашем, С.-Петербург, и др.) разработано несколько типоразмеров трубогибочных машин с местным нагревом ТВЧ для гибки труб диаметром до 550 мм; машины успешно эксплуатируют на многих заводах. Основным преимуществом процесса является незначительная потребность в технологической оснастке. Применение этого процесса гибки целесообразно в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Гибку осуществляют между пятью роликами (рис. 14, а), из которых ролики 1, 2 и 3 служат как гибочные, а ролики 4 и 5 являются направляющими. Подача заготовки осуществляется путем толкания башмаком ее в торец или клещами, зажимающими заготовку вместо первой пары роликов. Подача трубы может осуществляться также выполнением парных роликов приводными. Разновидностью рассматриваемого процесса является гибка посредством поворотного водила (рис. 14, б).

Гибка по шаблону. Этот способ применяют при изготовлении из сортового и

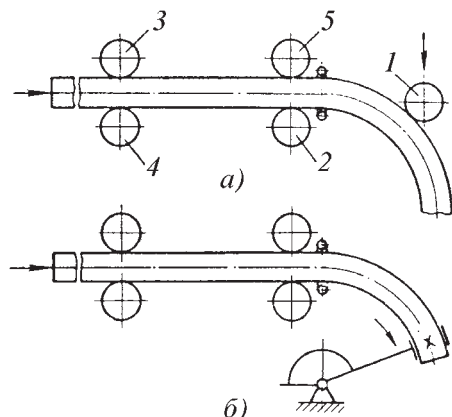


Рис. 14. Схема расположения роликов в трубогибных машинах с нагревом ТВЧ:
а — с гибочным роликом; б — с водилом

профильного проката кольцевых деталей типа плоских и воротниковых фланцев, а также в некоторых случаях овальных и прямоугольных деталей со скругленными углами и других деталей сложного контура. Детали могут иметь как замкнутый контур, так и в виде дуги.

Особенно широко гибку по шаблону используют при изготовлении гнутых трубных изделий — элементов трубопроводов, змеевиков теплообменных устройств.

Толстостенные детали сгибают в холодном или горячем состоянии, а тонкостенные — только в холодном.

Чтобы получить правильное замкнутое кольцо-фланец, холодную гибку проводят за три перехода: за первый

переход производят подгибку одного конца (рис. 15, а), после чего заготовку освобождают в зажиме и поворачивают вторым концом вперед; за второй переход сгибают заготовку на среднем участке (рис. 15, б, в), и за третий переход производят окончательную подгибку заднего конца заготовки подачей нажимного ролика при неподвижном, гибочном шаблоне, последний переход также происходит при наличии гибочного плеча (рис. 15, г).

Гибка фланцев за три перехода с промежуточным поворачиванием заготовки трудоемка, поэтому при холодной гибке небольших фланцев применяют другой способ. Заготовка сгибается по спирали на несколько витков и затем разрезается на отдельные кольца. Недогнутый задний конец заготовки идет в отход. При гибке по спирали нажимной ролик должен иметь возможность перемещаться в осевом направлении.

Гибочный шаблон выполняют в соответствии с контуром и профилем детали и с учетом пружинения при холодной гибке или с учетом температурной усадки — при горячей.

Перед гибкой заготовку предварительно закрепляют передним концом в зажиме на гибочном шаблоне, устанавливаемом на столе или непосредственно на главном валу машины. К заготовке на некотором расстоянии от зажима

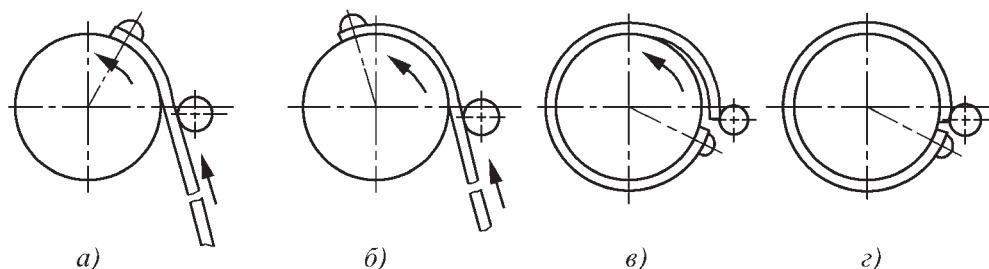


Рис. 15. Технология холодной гибки фланца:

а — подгибка переднего конца; б, в — гибка среднего участка; г — окончательная подгибка заднего конца

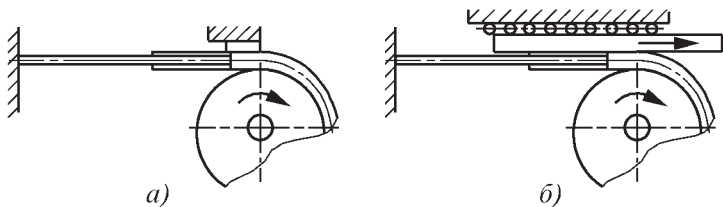


Рис. 16. Способы гибки труб по шаблону:

а — с неподвижной колодкой; б — с подвижным лотком

подводится нажимной ролик или колодка. Затем гибочному шаблону дается вращение и заготовка огибается по нему, опираясь задним концом на нажимной ролик. Гибку можно выполнять также поворотом нажимного ролика вокруг неподвижного шаблона.

Гибкой по шаблону можно получать детали с радиусом изгиба, большим трех—пяти высот поперечного сечения детали, а в некоторых случаях, например при трубных заготовках, — с радиусом, начиная с 1,5...2,0 диаметров трубы.

При гибке тонкостенных профильных деталей особое внимание следует обращать на предупреждение появления побочных деформаций, искажающих поперечное сечение детали. Для устранения этих нежелательных явлений необходимо ограничить относительную свободу перемещения элементов сгибаемой заготовки в зоне деформации посредством применения инструмента замкнутого контура — гибочного шаблона и нажимной колодки. При гибке замкнутого профиля следует использовать жесткие и гибкие оправки или наполнители, предохраняющие элементы заготовки от деформации во внутреннюю полость.

Основные способы гибки приведены на рис. 16. Наиболее распространенным способом является гибка с неподвижной нажимной колодкой (рис. 16, а). Однако при этом способе из-за трения сгибаемой трубы по колодке возникает значительная растягивающая сила, кото-

рая увеличивает утонение наружной стенки трубы на согнутом участке.

В последних конструкциях трубогибочных машин нажимная колодка выполняется в виде длинного лотка, пе-

ремещающегося вместе с трубой (рис. 16, б). Благодаря этому устройству растягивающая сила резко уменьшается. Гибка с поворотным нажимным роликом применяется только в ручных трубогибочных устройствах для гибки относительно толстостенных труб небольшого диаметра.

Гибку по шаблону осуществляют на специальном оборудовании — фланцегибочных, профилигибочных и трубогибочных машинах, а также на устройствах с ручным приводом.

На Каменск-Уральском литейном заводе внедрено роликово-дисковое устройство для беспрессовой свободной (без калибровки, чеканки и противодавления) гибки плоских заготовок. При этом заменены: трения скольжения трением качения, возвратно-поступательное движение рабочего инструмента безреверсивным вращательным движением и сосредоточенная осевая сила — тангенциальной силой со скользящей (текущей) опорной зоной ее приложения, что устраняет недостатки свободной гибки на прессах, а также гибки-калибровки.

2. ОБРАБОТКА НА ВЕРТИКАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

Вертикально-ковочные машины применяют для профилирования заготовок перед последующей штамповкой,ковки-штамповки относительно малых деталей с резкими перепадами

сечений (железнодорожные костыли, бородки, зубила, насадная часть отверток, зубья борон, шинные гвозди и т.п.), обжима концов труб перед волочением на конус, штамповки изделий с отостками из прутковых заготовок.

Изделия простых форм обрабатывают, как правило, одной парой фасонных бойков; для сложных форм применяют несколько пар заготовительных и по паре черновых и чистовых бойков, штамповка в которых может производиться как с образованием заусенца, так и без него.

Последовательность технологического процесса такая же, как для штамповки на молотах, профилирования на ковочных вальцах,ковки. Точность размеров изделий, получаемых на вертикально-ковочных машинах, более высокая, чем при ковке на молотах (рис. 17).

Машины подбирают по числу ползунов в соответствии с требуемым числом переходовковки-штамповки. Размеры машины определяют наибольшим диаметром исходной заготовки, указанным в паспорте машины. Рабочий ход составляет 12...16 мм. Ширина бойков определяется размерами ползунов, а длина — в зависимости от длины обрабатываемых участков поковки. При обработке прутковых заготовок применяют бойки с ножами.

В комплект технологической оснастки, кроме бойков, входят упоры, устанавливаемые на специальном столе против нижних бойков.

В настоящее время применяют ковочные машины, в которых наряду с парой вертикальных ползунов имеется пара горизонтальных. Пары ползунов с установленными на них штампами работают последовательно, осуществляя предварительное профилирование и окончательную штамповку или предвари-

тельную и окончательную штамповку. На таких машинах из прутковых заготовок штампуют шатуны, рычаги и другие изделия. Для штамповки используют прутки диаметром до 60 мм; время штамповки одной поковки 4...8 с. Размеры межштампового пространства достигают 300 мм.

Штамповое пространство по высоте регулируют изменением положения нижних колодок с помощью винтов у машин малых размеров или клинового приспособления у больших машин, а также с помощью ножного привода.

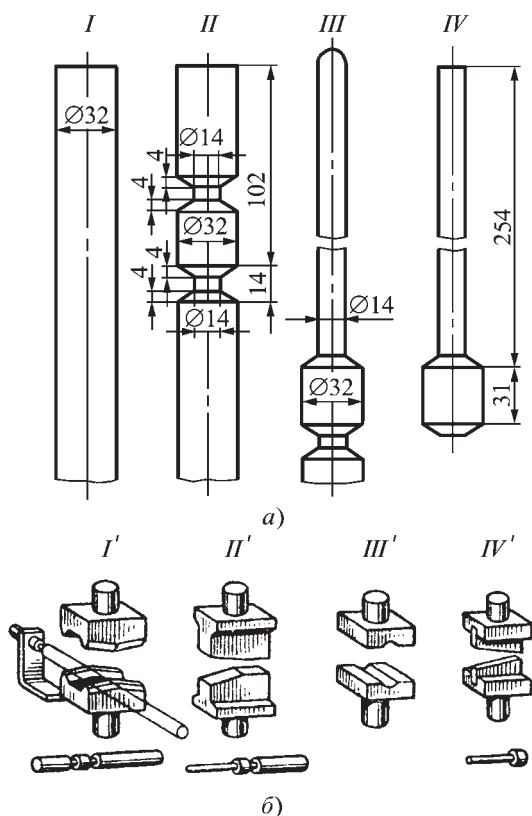


Рис. 17. Пример штамповки на вертикально-ковочной машине:

a — переходы штамповки; *б* — бойки для них; *I* — исходная заготовка; *II* — заготовка, обработанная в ручье *I'*; *III* — конец заготовки, протянутой в ручье *II'*, и отделанной в ручье *III'*; *IV* — готовая поковка (конец обрезан и отделен от прутка в ручье *IV'*)

3. ОБРАБОТКА НА РОТАЦИОННО-ОБЖИМНЫХ И РАДИАЛЬНО-ОБЖИМНЫХ МАШИНАХ

Радиальное обжатие — деформирование заготовки на относительно небольшом участке ее длины периодически сходящимися пульсирующими бойками. Деформируемый металл (рис. 18, *а*), ограниченный на длине l_k , течет в обе стороны от нейтрального сечения Н-Н, определяемого диаметром очага деформации d_0 . При установившемся процессе, характеризующемся распространением очага деформации на длину l , после каждого обжатия заготовку подают в бойки на определенную длину S_n — шаг подачи (рис. 18, *б*).

Течение металла в зазор между бойками, вызываемое уширением заготовки, ограничивает S_n , относительный размер которого определяет качество, интенсивность и производительность процесса. Уширение возрастает с увеличением угла заходного конуса α и уменьшением угла охвата заготовки бойками θ , что может привести к образованию трещин и разрывов по сечению обрабатываемой заготовки.

Обработку производят двумя способами (табл. 6). При раздельном об-

жатии форма и точность поковки обеспечиваются формой и размерами ручьев, а также наладкой бойков; при профильном — изменением закрытой высоты между бойками и длины обжимаемых участков в процессе обработки.

Машины для радиального обжатия по характеру движения рабочих и приводных узлов подразделяют на два класса: радиально-обжимные и ротационно-обжимные (табл. 7, рис. 19).

Типовые изделия, получаемые ротационным обжатием, показаны в табл. 8. К I классу отнесены изделия, изготавливаемые только раздельным способом, ко II классу — профильным и раздельным способами.

Приведенная классификация (см. табл. 8) распространяется как на сплошные, так и на полые изделия, формы внутренних поверхностей которых соответствуют приведенным формам сплошных изделий. По конструктивным особенностям детали разделены на 5 групп.

Горячим обжатием получают поковки с наружным диаметром от 2 до 700 мм, внутренним диаметром от 40 до 530 мм и длиной — от неограниченной (в бунтах) и 18 000 мм (в прутках) до минимальной, обеспечиваемой условиями подачи и обжатия.

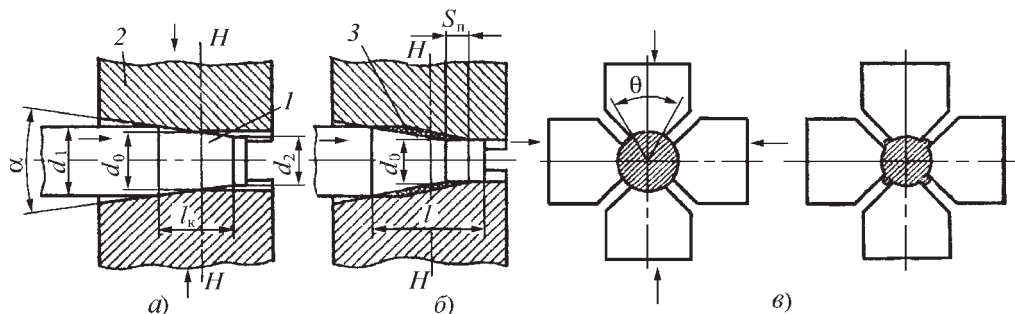
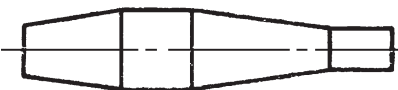

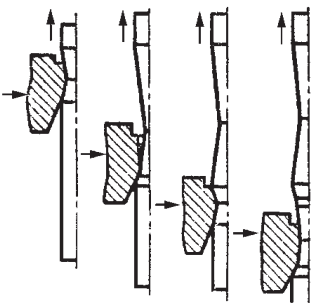
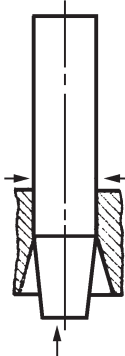
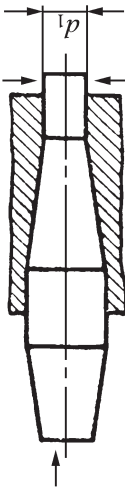
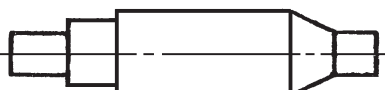
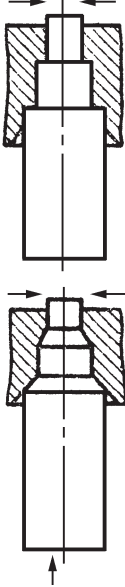
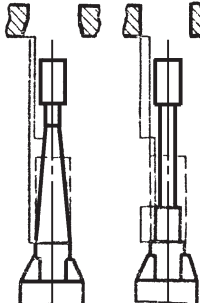
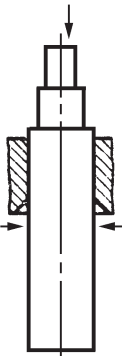
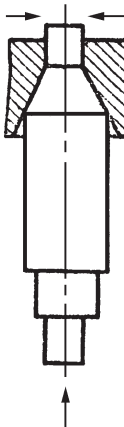


Рис. 18. Схема процесса радиального обжатия:

а — сечение в направлении продольной оси заготовки перед обжатием; *б* — то же, в конце обжатия; *в* — поперечное сечение (цикл одного обжатия); 1 — заготовка; 2 — бойки; 3 — смещаемый объем металла

6. Различные способы обработки заготовки

Обжимаемая часть заготовки	Эскиз поковки	Раздельное обжатие	Исходная заготовка	Профильное обжатие
Малый конус			<p>Пруток на несколько поковок</p>	
Цилиндр (с поворотом)				
Хвостик (с поворотом)				
Предварительное (а) и окончательное (б) обжатие хвостовика			<p>Пруток на одну поковку</p>	
Цилиндр (с поворотом)				
Хвостовик (с поворотом)				

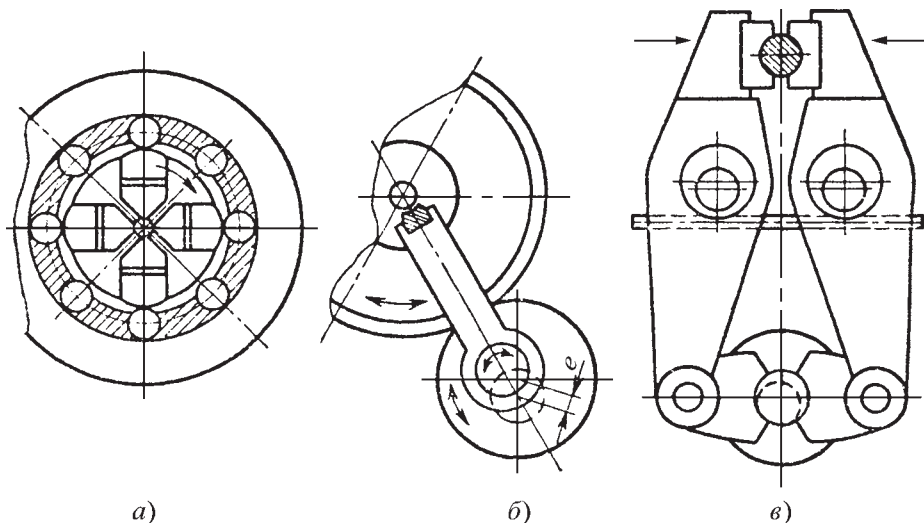


Рис. 19. Схемы действия ротационно- и радиально-обжимных машин:

a — ротационно-обжимная машина; *б* — радиально-обжимная машина (шатунная); *в* — радиально-обжимная машина (рычажная) (*e* — регулируемый эксцентриситет)

Технологические возможности процесса горячего радиального обжатия приведены ниже:

Относительное удлинение δ материала исходных заготовок, %	7
Допускаемая степень деформации ϵ , % за один переход для материалов с твердостью*:	
155...187 HB	40...60
HB \leq 152	45...75
Шероховатость поверхности, мкм Ra 20...2,5	
Кривизна на 1 м длины изделий, мм	1...2
Экономия металла, %, по сравнению:	
с токарной обработкой	30...60
с горячей облойной штамповкой	20...40
с ковкой	10...30
Повышение производительности по сравнению:	
с токарной обработкой	3...20 раз
с ковкой	4...5 раз

Зависимость предельного коэффициента обжатия $K_{\text{пр}}$ полой заготовки от относительной толщины стенки δ_0 этой заготовки приведена на рис. 20.

При этом $\delta_0 = s_0 / D_0$; $K_{\text{пр}} = D_0 / D$, где s_0 и D_0 — соответственно толщина стенки и наружный диаметр исходной заготовки; D — наружный диаметр заготовки после обжатия.

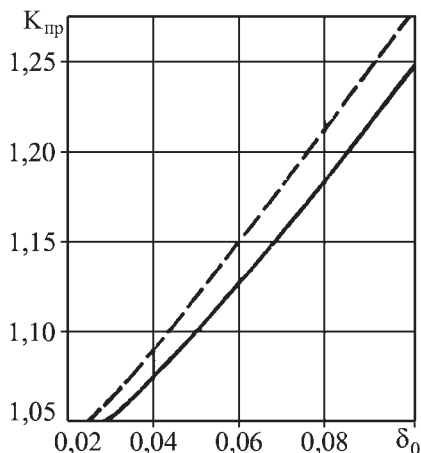


Рис. 20. Зависимость предельного коэффициента обжатия полой заготовки от относительной толщины стенки заготовки



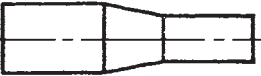





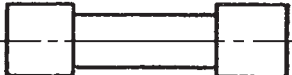
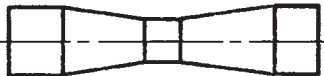
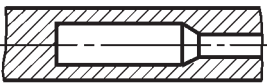
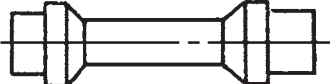



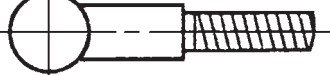


* В указанном диапазоне зависит от исходных форм и твердости заготовки, схемы деформирования, формы получаемого изделия и др.

7. Технические характеристики ротационно- и радиально-обжимных машин

Параметр	Ротационно-обжимные машины						Радиально-обжимные машины					
							Рычажные					
Диаметр исходной заготовки, мм:	2,5	4	10	25	40	—	30	75	175	250	400	—
прутка	6,3	10	25	63	100	25	60	125	230	330	500	—
трубы	10	40	150	500	1000	200	300	600	3000	5000	10 000	—
Номинальная сила на боек, кН	Неограниченная						500	500	500	—	—	—
Наибольшая длина обработки, мм	80	60	32	18	15	12	16	12	9	7	6	—
Число обжатий в секунду	—	—	2,5	4,0	8,0	20	20	—	—	—	—	—
Регулируемая глубина обжатия, мм	Р	Р	М; П	М; Г	М; Г	М	М	М	—	—	—	—
Подача*	1,0	2,2	7,0	14,0	28,0	10,0	—	—	—	—	—	—
Мощность привода, кВт	620×420	1040×730	1100×780	1850 ×1200	2100×1575	—	—	—	—	—	—	—
Габаритные размеры машины в плане (длина × ширина), мм:	1,0	1,0	1,5	2,0	3,0	—	—	—	—	—	—	—
Ход одного бойка, мм	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Параметр	Радиально-обжимные машины											
	Шатунные горизонтальные											
Диаметр исходной заготовки, мм:	65	150	—	350	340	550	350	450	—	—	—	—
прутка	—	150	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—
трубы	1200	2500	2500	4000	6500	10 000	8000	14 000	—	—	—	—
Номинальная сила на боек, кН	500	3000	2000	3000	—	—	20 000	12 000	—	—	—	—
Наибольшая длина обработки, мм	13	9	8	6	5	4	Св. 4	Св. 2	—	—	—	—
Число обжатий в секунду	17,5	27,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Регулируемая глубина обжатия, мм	М	М	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г
Подача*	22	40	200	—	—	—	400	—	—	—	—	—
Мощность привода, кВт	4500×1500	9000×2600	19800 ×10 000	19 000	—	—	—	—	—	—	—	—
Габаритные размеры машины в плане (длина × ширина), мм:	—	—	—	—	40	45	—	—	—	—	—	—
Ход одного бойка, мм	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Р — роликовая; М — механическая (винтовая, реечная); Г — гидравлическая; П — пневматическая.

8. Классификация типовых деталей, получаемых ротационным обжатием

Группа деталей		Эскиз типовой детали	
		I класс	II класс
1	а		
	б		
2	а		
	б		
3	а	—	
	б	—	
4	а		
	б		
5	а		
	б		

При ковке полых заготовок на оправках возможно уменьшение относительной разностенности до $\Delta\delta_0 \leq 3\%$.

Производительность обжимных машин характеризуется показателями, приведенными в табл. 9.

В комплект инструмента входят бойки (рис. 21, табл. 10) и оправки (табл. 11).

При отдельном способе обжатия второй заходной конус предусмотрен на случай изнашивания первого. С той же целью изготавливают рабочие полости с обеих сторон бойков. Второй цилиндрический участок с диаметром $1,05d_2$ применяют для исправления кривизны изделия, полученной после его обработки (см. рис. 21, б).

9. Производительность ротационно- и радиально-обжимных машин при горячем обжатии заготовок

Показатель	Диаметр заготовки (прутка), мм										
	2,5	6,3	16	25	40	63	100	160	200	250	320
	Ротационно-обжимные машины					Радиально-обжимные машины					
Скорость обжатия*, м/мин, при степени деформации ε , %:											
до 20	0,7...1,6	1,2...3,0	1,6...4,0	1,8...4,4	0,3...1,2	0,6...1,5	0,9...2,0	1,2...2,2	1,4...2,4	1,6...2,8	1,6...2,6
до 60	0,3...1,4	0,6...2,4	0,9...3,0	1,1...3,2	0,2...0,6	0,3...0,9	0,5...1,2	0,7...1,4	1,0...1,8	1,2...2,2	1,2...2,0
Скорость обжатия штучных заготовок, шт/ч, при $\varepsilon \leq 60$ % на длину, равную $20d$, с тремя переходами по сечению при подачах:											
вручную (или с ручным приводом)	120	50	25	12	—	—	—	—	—	—	—
механизированной**	400	260	120	60	120	60	40	36	30	25	18
Скорость заковки концов прутков (труб) для последующего волочения, шт/ч, при подачах:											
вручную	250	120	50	25	—	—	—	—	—	—	—
механизированной	500	250	90	40	160	50	30	16	—	—	—

* Для случаев обжатия в бойках с $\alpha = 4...16^\circ$. Для трубной заготовки соответствующего диаметра производительность в 2 раза меньше.

** При раздельном обжатии производительность уменьшается в 1,2...1,6 раза, при обработке на оправке полых заготовок — на 30...60 %.

10. Размеры бойков (см. рис. 16, в)

d_1^*	d	$2l$	L	c	L_1	d_1^*	d	$2l$	L	c	L_1
3,8	4,1	0,6	4,4	0,2	4,8	2,75	3,0	0,5	3,6	0,15	3,9
3,5	3,8	0,6	4,2	0,2	4,6	2,5	2,75	0,5	3,4	0,15	3,7
3,25	3,5	0,6	4,0	0,2	4,4	2,25	2,5	0,5	3,0	0,15	3,3
3,0	3,25	0,5	3,8	0,2	4,2						

* Диаметр изделия.

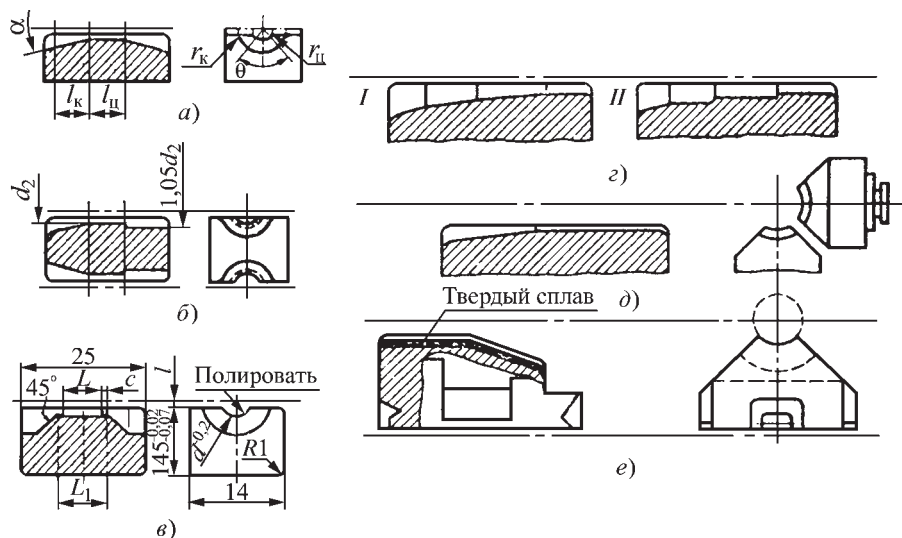


Рис. 21. Виды рабочих профилей ручьев бойков ротационно- и радиально-обжимных машин:
 а — типовой профиль ручья бойков; б — ручки с дополнительным цилиндрическим участком для правки; в — для обжатия прутков из прессованных штабиков; г — для раздельного обжатия ступенчатого валика (I — предварительный ручей; II — окончательный ручей); д, е — для профильного обжатия ступенчатых валов

11. Характеристика оправок

Эскиз	Назначение	Размеры			Материал
		d	L	α°	
	Разъемная оправка	$1,02d_{\text{п}}$	$> l_{\text{п}}$	3...5	Жаропрочные сплавы
	Пуансон-оправка	$1,02d_{\text{п}}$	$\leq 3d$	—	5ХНВ, 7Х3, 3Х2В8, 4Х8В2, 8ХВ2Ф и др.
	Цельная оправка для кали бровки профиля	$d_{\text{п}}$	$> l$ (см. рис. 17)	1,5...3	5ХНМ, 5ХНВ, 3Х2ВС, 5ХГС и др.

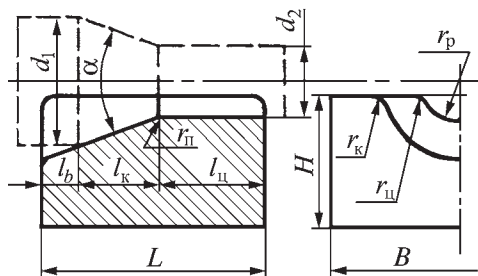


Рис. 22. Основные параметры бойков для горячего ротационного обжатия

Конструкцию профиля ручья бойков определяют следующие параметры (см. рис. 21, а): α — угол заходного конуса; θ — угол охвата бойками заготовки; $r_{\text{л}}$ и $r_{\text{к}}$ — радиусы сопряжения профиля ручья с плоскостью разреза бойков; $l_{\text{л}}$ — длина калибрующего участка ручья бойков; $l_{\text{к}}$ — длина заходного конуса. Рекомендуемые параметры бойков (рис. 22) для двух- и четырехбойковых машин приведены ниже (для четырехбойковых машин размеры B , H следует уменьшать в 1,5–2 раза).

Длина бойков для одноступенчатого обжатия

$$L = d_1 + 2(l_{\text{к}} + 0,5l_{\text{л}});$$

для многоступенчатого обжатия

$$2L = 0,5d_1 + (l_{\text{к}} + l_{\text{л}})n + l_{\text{б}},$$

где n — число ступеней (уступов).

Ширина бойков для прутка $B = (3...6)d_1$, для труб $B = (1,5...3,0)d_1$.

Высота бойков с односторонним профилем $H = B$, с двусторонним $H = 1,2B$.

Угол заходного конуса: $\alpha = 40...90^\circ$ при степени деформации $\varepsilon \leq 20\%$; $\alpha = 20...50^\circ$ при $\varepsilon = 20...40\%$; $\alpha \leq 12...30^\circ$ при $\varepsilon > 40\%$.

Длина заходного конуса

$$\frac{d_1 - d_2}{2 \operatorname{tg}(\alpha / 2)} \leq l_{\text{к}} \leq 5(d_1 - d_2).$$

Длина калибрующего участка: $l_{\text{л}} = 0,8d_2$ при $\varepsilon \leq 20\%$; $l_{\text{л}} = d_2$ при $\varepsilon = 20...40\%$; $l_{\text{л}} = 1,2d_2$ при $\varepsilon > 40\%$.

Радиусы сопряжений: $r_{\text{к}} = 0,25d_1$; $r_{\text{л}} = 0,15d_1$. При обжатии труб размеры $r_{\text{к}}$ и $r_{\text{л}}$ значительно больше толщины стенки трубы.

Профиль ручья $2r_{\text{п}} / d_1 = 1,05...1,2$.

Радиус перехода $r_{\text{п}} = (0,5...0,8)r_{\text{к}}$.

Диаметр профиля ручья $2r_{\text{п}}$ бойков, предназначенных для профильного обжатия, принимают по наибольшему диаметру изделия, а закрытую высоту — по наименьшему. Для повышения качества поволоки и увеличения деформации в осевом направлении, а также улучшения условий захвата рабочую поверхность ручья бойков выполняют волнообразной.

Бойки для радиально-обжимных машин отличаются от бойков для ротационно-обжимных машин только нерабочей частью, форма которой определяется конструкцией узла крепления бойка к подвижным частям механизма обжатия (см. рис. 16, д, е).

Бойки изготавливают из сталей марок 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНТ, 5ХГС, 7ХЗ, 4ХЗВМФ и 4Х4МВФС. Стойкость инструмента из стали 4Х4МВФС по сравнению с инструментом из сталей 5ХНВ, 5ХНМ, 7ХЗ выше в 3–4 раза, а по сравнению с 4ХЗВМФ — в 1,5–2 раза.

Для обработки заготовок малых сечений рекомендуется применять бойки из вольфрамовых сплавов, а для больших сечений из хромоникелевых сплавов с наплавкой слоя стеллита, нимоника или сплавов на основе никеля толщиной 20...30 мм.

Бойки для обработки полых заготовок изготавливают из сталей марок 40 и 45 с наплавкой рабочих поверхностей электродами марки ЭН-60М и последующей электроимпульсной обработкой.

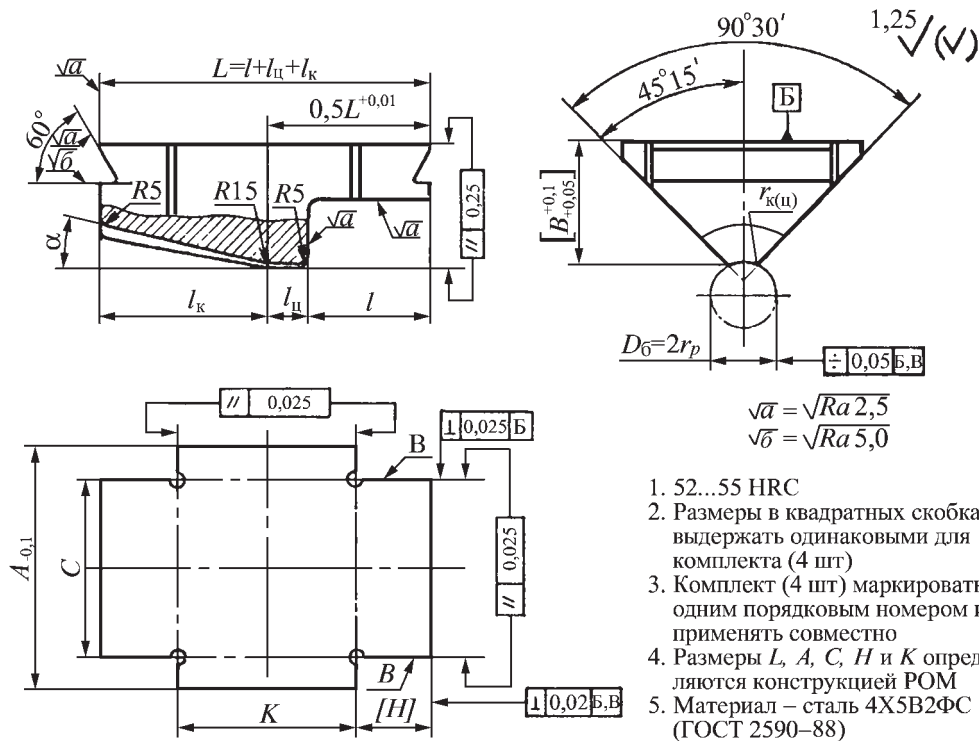


Рис. 23. Чертеж бойка для профильного обжатия с одним заходным конусом α

Наплавку бойков, в том числе при их восстановлении, выполняют электродами ОЗИ-4 и ОЗИ-5. От точности изготовленных бойков зависит точность и качество поверхности получаемого изделия. Особые требования предъявляются к параметрам шероховатости поверхности его рабочего профиля, к расположению в одной плоскости на четырех бойках перехода заходного конуса в цилиндрическую поверхность, к размеру по высоте на всей длине бойка. Поверхность ручья изготовленного бойка, как правило, подвергают дробеструйной обработке. Чертеж бойка приведен на рис. 23. Рабочий профиль ручья бойка для профильного обжатия с тройным заходным конусом показан на рис. 24.

Для горячего обжатия применяют водоохлаждаемые оправки. Данные по стойкости бойков приведены в табл. 12.

Технологический процесс. Для сплошных поковок припуски на диаметр и длину принимают уменьшенными в 2 раза по сравнению с припусками для кованных поковок. Припуск по торцам из-за образования утяжин при степенях деформации $\varepsilon = 0,50 \dots 0,75$ должен

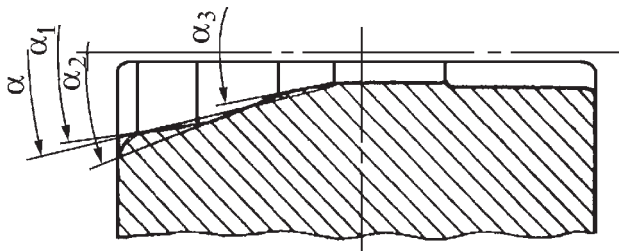


Рис. 24. Рабочий профиль ручья бойка с тройным заходным конусом

12. Стойкость бойков*

Материал бойков и наплав- ленного слоя	Обрабатываемый материал (изделие)	Наибольшая степень обжатия, %	Стойкость, ** тыс. шт	
			до восста- новления	полная
Сталь 5ХНВ	Сталь 45 (для труб)	35	2,5	—
Стеллит	Конструкционная сталь (для валов)	До 80	1,5	15
Цельзит	Конструкционная сталь (для труб)	» 60	2	15
Литой «нимоник» с на- плавкой твердого сплава	Углеродистая сталь (для осей)	» 60	—	8
Сталь 40 или 45 с наплав- кой электродами ЭН-60М	Конструкционная сталь (для труб)	» 60	5	15

* Твердость рабочей поверхности бойков 41...46 HRC.

** Стойкость до восстановления — число изделий, изготовленных на бойке до его восстановле-
ния; полная стойкость — число изделий, изготовленных на бойке до его полного изнашивания.

быть увеличен на 0,25...0,5 концевого припуска. С повышением прочности обрабатываемого материала и увеличением силы обжатия глубина утяжин уменьшается. Припуск зависит от кривизны и разностенности (для полых заготовок) исходной заготовки, последующей обработки и требований к состоянию поверхностного слоя изделия. Допуски на размеры принимают 1...1,5 % по диаметру и 0,3...0,5 % по длине соответствующего участка.

После определения диаметров ступеней на всех участках поковки рассчитывают значения степеней деформации по переходам и суммарную степень деформации ε с учетом $\varepsilon_{\text{пред}}$ за первый переход. Если требуемая степень деформации ε превышает $\varepsilon_{\text{пред}}$, то обработку осуществляют последовательно по ступеням с возвращением заготовки в исходное положение после каждого прохода.

Температуру нагрева заготовок из труднодеформируемых сталей и сплавов под обжатие назначают по сравнению с принятой ковочной ниже на 100...150 °С. При нагреве полых заготовок следует исключать возможность об-

разования окалины на внутренней поверхности, так как это приводит к снижению качества поверхности оправки.

Радиальное обжатие обеспечивает обработку практически всех металлов и сплавов, в том числе полученных спеканием. Для горячего обжатия применяют, как правило, горячекатаный прокат и слитки. Полые изделия и зготавливают из трубчатых, штампованных или штампосварных заготовок на оправках и без них (если внутренние размеры и толщина стенок не оговорены в чертеже).

Разностенность полых исходных заготовок, кроме горячекатаных труб, не должна превышать 3...5 % толщины стенки. Поверхность литых заготовок (труб, слитков) перед обжатием подлежит обработке резанием.

При назначении углов перепада ступеней α исходят из требуемой степени деформации и прочности материала заготовки. Меньшие значения принимают для обработки менее пластичных материалов. Для низкоуглеродистых конструкционных сталей значения $\alpha = 16^\circ$ и $\varepsilon \leq 20...30\%$ обеспечивают достаточно равномерную деформацию

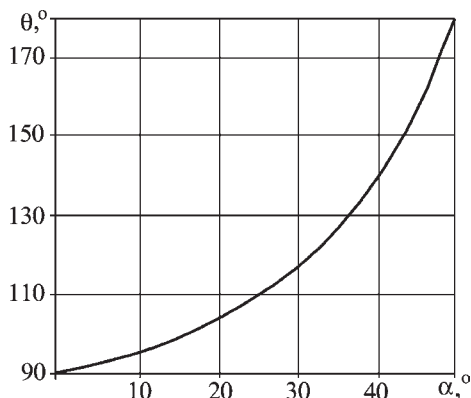


Рис. 25. Определение угла охвата θ заготовки бойками

материала. Для менее пластичных материалов и больших степеней деформаций назначают $\alpha = 7...12^\circ$.

С целью уменьшения неравномерности деформирования заготовки и лучшего захвата, а также и силы деформирования в целом, заходную часть бойков изготавливают из трех составляющих конусов (см. рис. 24), вписываемых по длине в основной конус с углом α . При этом принимают $\alpha = 2...4^\circ$, $\alpha_2 > \alpha$ и $\alpha_3 = 4...6^\circ$. Требуемый угол охвата заготовки бойками θ определяют по графику, приведенному на рис. 25. Для четырехбойковой схемы угол охвата, приходящийся на один боек, будет равен $\theta/2$. В процессе деформирования заготовки угол θ изменяется в зависимости от условий обработки.

Упругая деформация механизма обжатия или разница между диаметром поковки после обжатия и закрытой высотой ручья бойков при вспомогательном ходе принимается из паспорта на радиально-обжимную машину или определяется экспериментально.

Конструктивный зазор между бойками для двухбойковых машин принимается равным $0,05d_2$; для трех- и четырехбойковых машин $(0,025...0,015)d_2$.

Сила деформирования P_k при горячем радиальном обжатии затрачивает-

ся только непосредственно на деформирование в заходном конусе. В расчетах P_k предел текучести σ_T принимают по температуре конца обжатия.

При обжатии в бойках с заходным конусом

$$P_k = \frac{\sigma_T}{2\alpha^2} [(1+\alpha)d_1^2 - 2d_0^2 + (1-\alpha)d_2^2] \varphi,$$

где $d_0 = \sqrt{d_1 d_2}$; $\varphi = 1,0$ — для двухбойковых машин, $\varphi = 0,707$ — для четырехбойковых.

Сила на калибрующем участке

$$P_{\text{ц}} = l_{\text{ц}} d_2 \sigma_T \varphi.$$

Для начального прохода (поперечное обжатие) при профильном обжатии силу деформирования определяют по формуле

$$P_{\text{п}} = \left(l_k \frac{d_1 + d_2}{2} + l_{\text{ц}} d_2 \right) \sigma_T \left(1 + \frac{l_{\text{ц}}}{3d_2} \right) \varphi.$$

Расчет силы деформирования по схемам, показанным на рис. 26, а и б, производят по следующим формулам:

$$P_1 = d_2 l_p \sigma_T \left(1 + \frac{2}{3} \mu \frac{l_p}{d_2} \right) \varphi;$$

$$P_2 = 1,05 \sigma_T l_p d_n \left[1 + \mu \left(\frac{1}{\delta_3} + \frac{1}{d_n} \right) \frac{l_p}{3} \right] \varphi,$$

где P_1 и P_2 — сила деформирования соответственно для схем а и б (см. рис. 26); μ — коэффициент трения; для схемы а принимают $\mu = 0,5$, для схемы б можно рекомендовать $\mu = 0,4$.

Для уменьшения трения на контактной поверхности заготовка — оправка и повышения стойкости инструмента на оправку наносят графитомасляную смесь (30 % графита и 70 % масла).

Шаг подачи $S_{\text{п}}$ при обжатии четырьмя бойками определяют по графику, приведенному на рис. 27. При

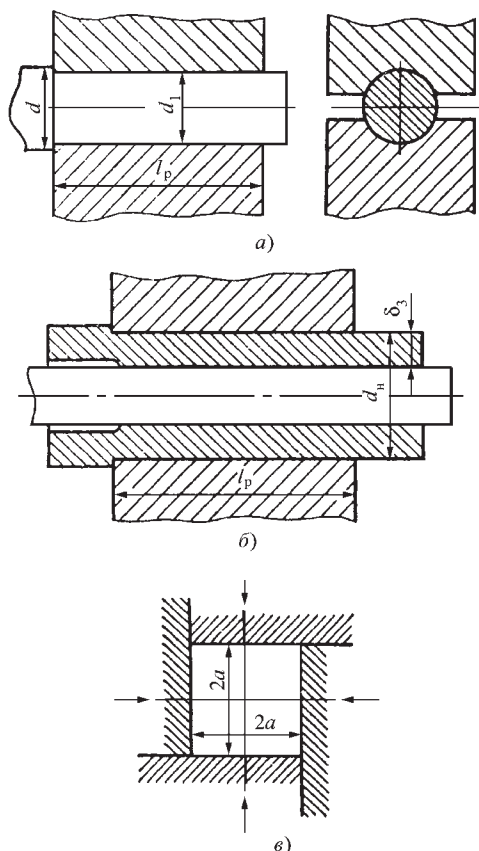


Рис. 26. Схемы радиального обжатия:
а — прутка; б — трубы на оправке; в — четы-
рехгранный профиль

обжиге двумя бойками значение $S_{\text{п}}$ следует уменьшать в 2,2 раза при $\varepsilon \leq 0,4$ и в 1,6 раза при $\varepsilon > 0,4$. При построении графика жесткость механизма обжатия принималась равной 1 мм на 1000 кН силы деформирования.

Среднюю потребляемую мощность привода $N_{\text{ср}}$ рекомендуется определять по формуле

$$N_{\text{ср}} = A_{\text{п}} 1,2 / (1000 \cdot 102 t_{\text{м}}),$$

где 1,2 — коэффициент, учитывающий КПД рабочих узлов от привода до механизма обжатия; $t_{\text{м}}$ — машинное время обжатия; $A_{\text{п}}$ — полная работа деформации;

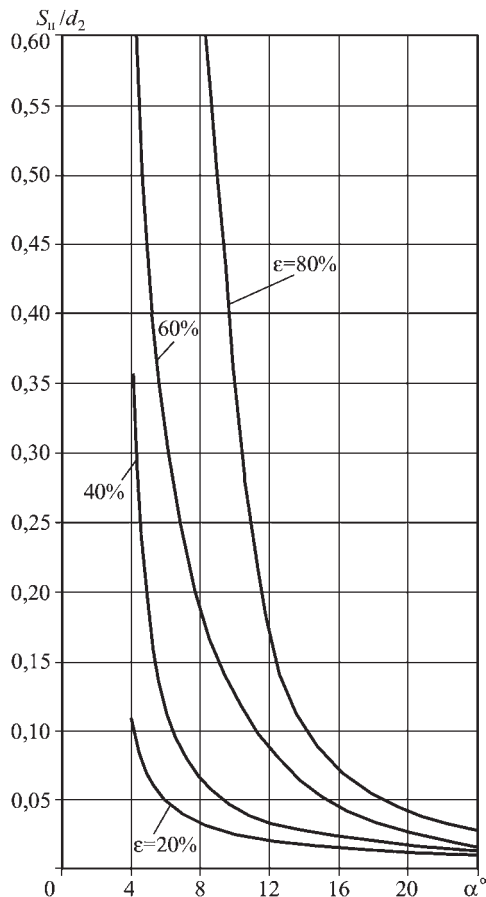


Рис. 27. Определение предельного значения ша-
га подачи $S_{\text{п}}$ при горячем радиальном обжатии

$$A_{\text{п}} = 1,25 A_{\text{т}} \times \left(1 + \frac{\mu}{\sin(\alpha/2) \cos(\alpha/2)} + \frac{2 \operatorname{tg}(\alpha/2)}{3} \frac{d_1^2}{l_{\text{п}} d_2^2} \right);$$

технологическая работа деформации:

$$A_{\text{т}} = p_{\text{у}} 0,785 d_1^2 l_0 l_{\text{п}} \frac{d_1^2}{d_2^2},$$

где l_0 — длина участка заготовки, подвергающегося обжатию.

Для схемы, показанной на рис. 26, а, давление деформирования

$$p_y = \frac{P4\operatorname{tg}(\alpha/2)}{d_1^2 - d_2^2 + 4\operatorname{tg}(\alpha/2)l_{\text{ц}}d_2}.$$

Машинное время обжатия

$$t_{\text{м}} = \frac{l_0 60}{(S_{\text{п}} - \lambda_1)m},$$

где $\lambda_1 = \frac{S_{\text{п}}(d_1^2 - d_0^2)}{d_1^2}$ — удлинение заготовки

после каждого обжатия в сторону уширения конуса с углом α ; m — число обжатий в минуту.

Режим обработки включает в себя скорость подачи заготовки в бойки, частоту вращения подаваемой заготовки в процессе обжатия, скорость схождения бойков при начальном проходе (поперечном обжатии или «врезании»), когда заготовка не подается в бойки, скорость извлечения готовой поковки из бойков.

Необходимыми условиями для установления наибольшей скорости обжатия $v_{\text{п}}$ является отсутствие зажима заготовки между бойками и требуемое качество поверхности поковки. Для раздельного обжатия $v_{\text{п}} = S_{\text{п}}m$, для профильного $v_{\text{п}} > S_{\text{п}}m$.

Частоту вращения заготовки и скорость врезания бойков для обеспечения заданных параметров шероховатости поверхности устанавливают экспериментально.

Скорость обратного хода (извлечения заготовки из бойков) при раздельном обжатии устанавливают (экспериментально) наибольшую, при которой заготовка еще не имеет винтовой линии и удерживается в зажиме подающего устройства.

Все изготавливаемые в настоящее время ротационно- и радиально-обжимные машины силой от 450...500 кН

и выше оснащаются подающими устройствами и системами программного управления.

Для автоматизации процесса машины оборудуют бункерными загрузчиками штучных заготовок, клещевыми и роликовыми подачами для прутков и труб.

Радиальное обжатие характеризуется следующими технико-экономическими показателями. По сравнению с ковкой себестоимость деталей, получаемых с применением радиального обжатия, для конструкционных сталей ниже на 5 %, инструментальных — на 15 %, быстрорежущих — на 20 %. В среднем стоимость 1 т поковок, изготовленных радиальным обжатием, составляет 70...80 % стоимости поковок, полученных другими известными способами.

4. ВАЛЬЦОВКА

Вальцовку применяют для подготовки заготовки к последующей обработке, а также в качестве окончательной операции. В первом случае вальцовка служит заготовительной операцией, перераспределяющей металл по длине заготовки для последующей штамповки на другом оборудовании.

Применение предварительного профилирования заготовок на ковочных вальцах целесообразно при изготовлении поковок удлиненной формы, применение вальцовки заготовок под последующую штамповку обеспечивает экономии металла на 5...20 %, повышает производительность труда на 50...150 % и более, снижает себестоимость поковок на 10...25 %.

Вальцовка по своей сущности представляет продольную прокатку. И в том и в другом случае происходит уменьшение поперечных сечений исходной заготовки при одновременном увеличении ее длины за счет обжатия заготовки вращающимся инструментом — валками.

При оттяжке концов заготовки межосевое расстояние валков постоянно, а профиль ручьев и радиус каждого валка в ручье — переменные.

При вальцовке участков заготовки постоянного сечения применяют калибры, аналогичные используемым при продольной прокатке сортовых профилей.

Вальцовка, обеспечивающая получение готовых изделий с неодинаковыми поперечными сечениями вдоль оси, сходна с процессом продольной периодической прокатки. Отличие состоит в том, что процесс деформации при вальцовке происходит при движении заготовки с возвратом на сторону задачи (рис. 28). Примером может служить вальцовка на одноклетьевых одно- и многоручьевых ковочных вальцах (консольных и двухопорных). Обжатие производится не по всей длине заготовки (в отличие от прокатки), в связи с чем на валках (в калибрах) имеются переходные участки, на которых обжатие изменяется от нуля до максимума, что позволяет увеличивать единичное обжатие за проход.

Когда захват полосы валками происходит при очень малом (теоретиче-

ски нулевом) обжатии или когда втягиванию полосы в зону деформации способствует действие врезавшегося в полосу выступа инструмента (см. рис. 28, б), максимальное обжатие будет ограничиваться условиями установившегося процесса (см. рис. 28, в), при которых максимальное значение угла захвата α_{\max} может доходить до удвоенного значения угла трения β :

$$\alpha_{\max} \approx 2\beta.$$

В этом случае допускаемое обжатие Δh будет значительно выше, а именно:

$$\Delta_{\max} \approx D(1 - \cos 2\beta).$$

При вальцовке обжимающий калибр нарезается не по всей длине окружности валка, а лишь на ее части (обычно меньше половины длины окружности), а остальная часть длины окружности выполняется или с калибром, большим по сечению, чем сечение исходной заготовки, или с достаточно малым радиусом, позволяющим свободно подавать заготовку в исходное положение (до упора) (см. рис. 28, а).

Сменный вальцующий инструмент (сектора, вставки) также устанавлива-

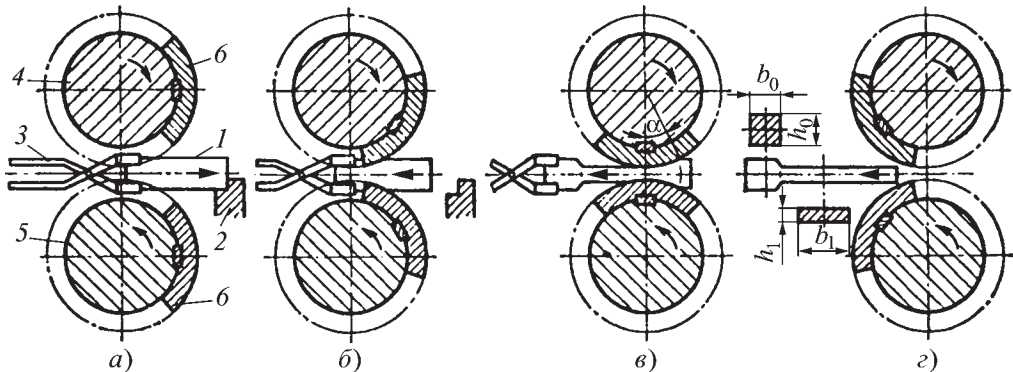


Рис. 28. Последовательность процесса вальцовки:

а — подача заготовки в исходное положение (1 — заготовка; 2 — упор; 3 — клещи; 4 и 5 — валки; б — инструмент; б — захват заготовки и втягивание ее в зону деформации передними выступами инструмента; в — установившийся процесс вальцовки (α — угол захвата); з — выдача заготовки (h_0 , b_0 и h_1 , b_1 — размеры заготовки соответственно исходные и после вальцовки)

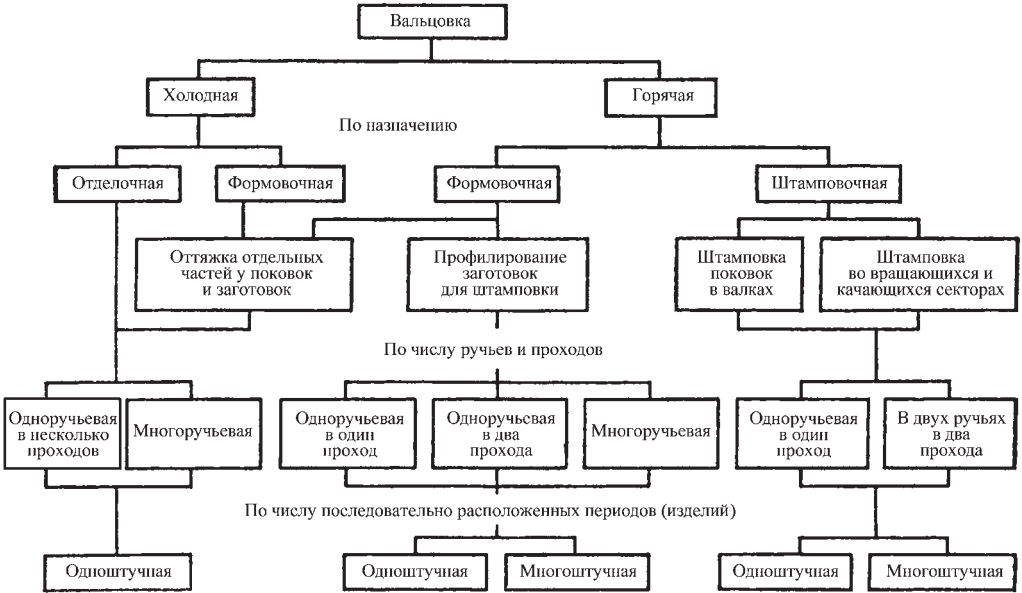


Рис. 29. Классификация технологических процессов вальцовки

ют не по всей окружности валков, и в момент подхода передней кромки инструмента к находящейся в зазоре между валками в исходном положении заготовке начинается ее обжатие с одновременным возвратом заготовки на переднюю сторону вальцов (сторону задачи) (см. рис. 28, б–г).

Вальцовка в двух- и многоклетевых вальцах (иногда и в одноклетевых) производится «на проход». При многоклетевой вальцовке требуется высокая точ-

ность настройки клеток по совпадению периодов или применение специальных приспособлений или механизмов, сопровождающих заготовку по клетям в соответствии с движением их валков.

Классификация процессов вальцовки приведена на рис. 29. Наиболее широко в настоящее время применяют формовочную вальцовку. Типы вальцов и их применение приведены в табл. 13, основные параметры см. т. 1, с. 380–382.

13. Типы штамповочных вальцов и их применение

Тип	Особенности конструкций и применение
Двухопорные (закрытые)	
Одноклетевые для формовочной вальцовки	Имеют на валках (или в секторах-штампах) до четырех и более ручьев. Длина деформируемой части заготовок составляет не более 1/2 длины расчетной окружности сектора-штампа, при нарезке ручьев в валках — не более длины расчетной окружности за вычетом длины зоны задачи заготовки. Применяют при мелко- и крупносерийном производстве, преимущественно для многоручьевой вальцовки заготовок под штамповку, а также для оттяжки концов заготовок для волочения (острильные вальцы) и для навивки пружин, для получения заготовок с плавно убывающим сечением и др., с выдачей заготовок на вальцовщика

Окончание табл. 13

Тип	Особенности конструкций и применение
Консольные	
Одноклетьевые для штамповочной вальцовки	Имеют больший диаметр валков, как правило, с установкой сменных секторов-штампов. По длине бочки валка выполняют один или два установочных ручья для секторов, которые устанавливают не по всей окружности, а лишь на ее части: на одном или двух (противоположно расположенных) участках ее длины. Применяют при крупносерийном и массовом производстве для получения окончательно отштампованных поковок (в одной полосе одна или несколько штук) с подачей заготовок одна за другой на проход
Одноклетьевые для формовочной вальцовки	На вальцах сменные валки-втулки с двумя ручьями или наборные из колец. Устанавливаемые на кольцах штампы могут быть секторными. Длина деформируемой части заготовок составляет до 3/4 длины окружности ручья штампа. Применяют при мелко- и крупносерийном производстве для многоручьевого вальцовки заготовок под штамповку или оттяжки концов с выдачей заготовок на вальцовщика
Двухклетьевые для непрерывной формовочной вальцовки	Вальцы имеют две пары валков, расположенных под углом 90°. Передача заготовки из одной пары валков в другую (от клетки к клетке) осуществляется самими валками. Применяют при крупносерийном и массовом производстве
Двух-, трех- и многоклетьевые для последовательной формовочной вальцовки	Вальцы имеют две, три и более (до девяти в настоящее время) клетей, расположенных под углом 90°. Нагретая заготовка с помощью толкателя или специального протаскивающего устройства последовательно подводится к валкам первой и других клетей. Применяют при крупносерийном и массовом производстве, в том числе в автоматических линиях

Формовочная вальцовка. Из всех видов формовочной вальцовки наибольшее распространение имеет профилирование заготовок под штамповку, которое позволяет перераспределить металл по длине заготовки с учетом формы и сечений поковки и резко увеличить коэффициент использования металла. Профилирование на вальцах заготовок под штамповку и непосредственно штамповку производят с одного нагрева.

Формовочной вальцовкой выполняют также оттяжку отдельных частей у поковок и заготовок, в том числе у заготовок для надфилей и напильников, концов заготовок для витых пружин, пикообразных изделий. Оттяжку производят как в горячем, так и в холодном состоянии.

Применение вальцовки целесообразно при серийном и крупносерийном производстве поковок удлиненной формы с резкой разницей в площадях поперечных сечений вдоль оси (шатуны, рычаги, гаечные ключи, тяги, турбинные лопатки и др.).

Вальцованные заготовки отличаются точностью и стабильными размерами, что позволяет значительно сократить расход металла, идущего в облой при окончательной штамповке, и уменьшить изнашивание ручьев. На повышение долговечности работы ручьев штампа влияет и более полное удаление окалины с заготовки во время ее вальцовки.

Необходимость применения вальцовки определяется после построения эпюры диаметров или сечений расчетной заготовки.

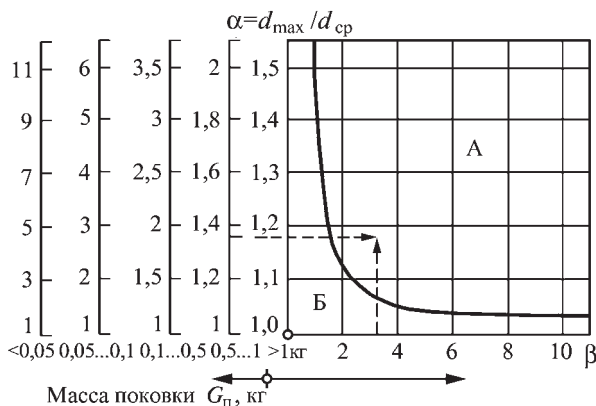


Рис. 30. Диаграмма определения необходимости вальцовки заготовок:

A — зона штамповки, где применение вальцовки необходимо; B — зона штамповки, где вальцовка не требуется $d_{cp} = 1,13\sqrt{V_3 / l_3} = 1,13\sqrt{F_{cp}}$,

Необходимость применения вальцовки можно установить и по диаграмме, приведенной на рис. 30, где

$$\alpha = d_{\max} / d_{cp};$$

$$\beta = l_3 / d_{cp};$$

здесь d_{\max} — максимальный диаметр на эпюре диаметров; d_{cp} — средний диаметр расчетной заготовки, причем

$$d_{cp} = 1,13\sqrt{V_3 / l_3} = 1,13\sqrt{F_{cp}},$$

где V_3 — объем расчетной заготовки; l_3 — ее длина; F_{cp} — средняя площадь сечения расчетной заготовки.

Штриховой линией на диаграмме (см. рис. 30) приведен пример определения потребности вальцовки для поковки с массой расчетной заготовки $G_{п} = 0,8$ кг, $\alpha = 1,37$ и $\beta = 3,25$. Попадание в область A означает необходимость применения вальцовки.

Исходя из эпюры сечений расчетной заготовки, производят построение эпюры сечений вальцованной заготовки (рис. 31, a), по которой и конструируют вальцованную заготовку (рис. 31, b). При этом в целях упрощения конструкций ручьев штампов вальцов криволинейные участки эпюры сечений расчетной заготовки (контур I , рис. 31, a) заменяют прямолинейным с учетом ра-

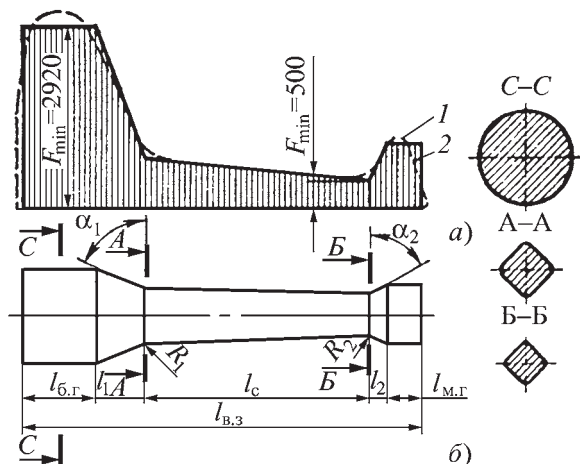


Рис. 31. Построение вальцованной заготовки для поковки рычага:

a — эпюра поперечных сечений (I — поковки; 2 — вальцованной заготовки); b — вальцованная заготовка (l_c — длина стержня; $l_{б.г.}$ и $l_{м.г.}$ — соответственно длины большой и малой головок; l_1 и l_2 — длины переходных участков; $l_{в.з.}$ — длина вальцованной заготовки)

венства объемов в этой зоне заготовки (или равенства площадей на данном участке длины заготовки на эюре сечений). Концевые участки контура эюры сечений вальцованной заготовки выполняют в виде прямых линий, перпендикулярных к оси заготовки (в зоне конечного обжимаемого участка возможно и их наклонное выполнение).

Длины участков максимального и увеличенного по сравнению с соседними сечений из соображений удобства укладки заготовки в ручей штампа и во избежание «закусывания» торцовым облойным мостиком необходимо делать короче соответствующих участков ручья штампа (участков эюры сечений расчетной заготовки).

Общую длину вальцованной заготовки для удобства укладки в ручей делают несколько меньше длины ручья штампа.

Для удержания клещами заготовки в процессе вальцовки на одном конце заготовки необходимо предусмотреть необжимаемый участок (клещевину) длиной не менее $0,4...0,5$ диаметра или стороны исходной заготовки, что приводит к некоторому излишнему расходу металла. При наличии головок на концах вальцованной заготовки в целях эконо-

мии металла для клещевины используют большую головку вальцованной заготовки (рис. 32, поз. 1—3). Если наибольшее сечение вальцованной заготовки находится посередине ее длины, то применяют вальцовку с поворотом заготовки: сначала под клещевину идет исходная заготовка, а после оттяжки одной стороны и поворота заготовки под клещевину используется ранее обжатая часть диаметром d_1 (см. рис. 32, поз. 4).

Размеры исходной заготовки под вальцовку выбирают по участку эюры сечений с наибольшей площадью поперечного сечения F_{\max} .

Учитывая влияние на выбор заготовки под вальцовку угара и теплового расширения при нагреве, можно площадь поперечного сечения исходной заготовки F_B принять равной максимальной площади на эюре сечений F_{\max} , т.е. $F_B = F_{\max}$.

При квадратной заготовке сторона квадрата $c_B = \sqrt{F_B}$; при заготовке круглого поперечного сечения ее диаметр $d_B = 1,13\sqrt{F_B}$.

После расчета размера заготовки под вальцовку по сортаменту выбирают ближайший больший размер про-

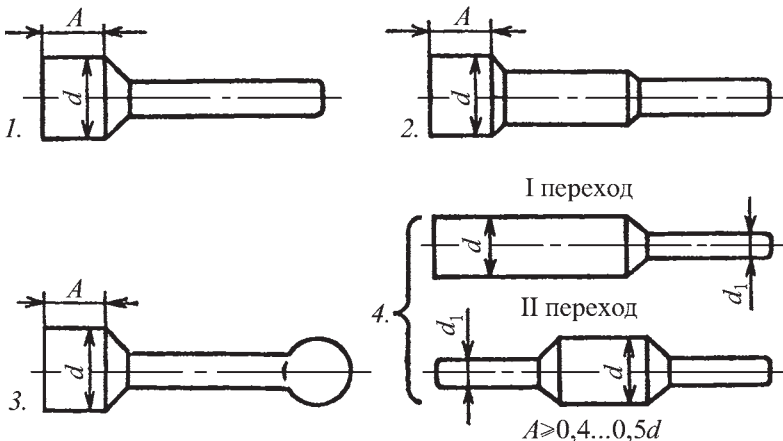


Рис. 32. Типовые фасонные заготовки, изготавливаемые в открытых ручьях

филя; с учетом окончательного сечения исходной заготовки вносятся изменения в длину необжимаемых участков вальцовой заготовки.

Объем исходной заготовки под вальцовку и ее длину подсчитывают по формулам:

$$V_3 = V_{\text{п}} \frac{100 + \delta_y}{100}; l_3 = \frac{V_3}{F_{\text{в}}},$$

где δ_y — угар металла; при мазутном нагреве $\delta = 2...3 \%$; при газовом $\delta = 1,5...2 \%$; при индукционном $\delta = 0,5...1 \%$; $V_{\text{п}}$ — объем поковки.

Чтобы не было зажимов при вальцовке и последующей штамповке, между отдельными участками вальцовой заготовки должны быть предусмотрены переходные участки (участки l_1 и l_2 на рис. 31, б) с углами α_1 и α_2 , обычно равными $45...60^\circ$.

На переходных участках предусматривают радиусы закругления $R = 5...20$ мм, обеспечивающие плавный переход к тонкой части (см. рис. 31, б).

Расчет деформации при профилировании заготовок. Вальцовкой получают заготовки, имеющие по длине участки как с постоянным, так и с переменным поперечным сечением. При профилировании заготовок вальцовку производят, как правило, в ручьях постоянного сечения. Рассмотрим расчет деформации в калибрах постоянного сечения.

Предварительное определение числа пропусков при вальцовке n производят в зависимости от общего максимального уменьшения площади поперечного сечения — общего максимального коэффициента вытяжки:

$$\lambda_{\text{общ max}} = F_{\text{в}} / F_{\text{min}}; \quad (4)$$

и среднего коэффициента вытяжки за каждый пропуск $\lambda_{\text{ср}}$:

$$n = \frac{\lambda_{\text{общ max}}}{\lambda_{\text{ср}}},$$

где F_{min} — минимальная площадь поперечного сечения вальцованной заготовки по эпюре сечений (см. рис. 31).

Коэффициент вытяжки в каждом пропуске зависит от возможного относительного обжатия в данном проходе, которое связано с абсолютным обжатием и через него с диаметром валков, т.е. зависит от отношения диаметра валков и высоты исходной заготовки.

Коэффициент вытяжки в том или ином пропуске зависит и от выбранной системы калибров — последовательности их применения, в частности, от отношения осей данного калибра и от отношения осей заготовки. Отношение осей поперечного сечения полосы до вальцовки в данном калибре

$$a_0 = b_0 / h_0;$$

после вальцовки

$$a_1 = b_1 / h_1,$$

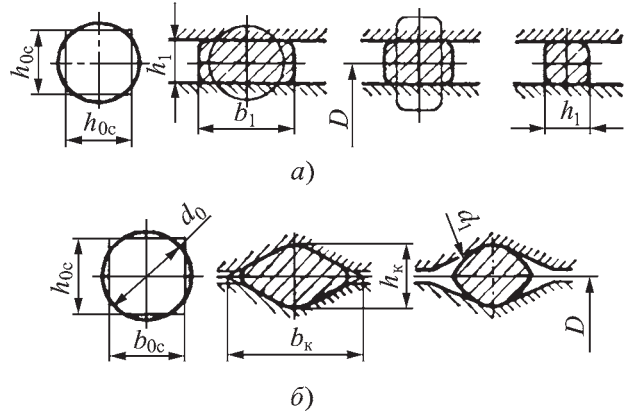
где h_0 , b_0 и h_1 , b_1 — высота и ширина полосы соответственно до и после вальцовки.

Средний коэффициент вытяжки за один проход не должен превышать $\lambda_{\text{ср}} \leq 2$. Однако, применяя профилирование заготовок с интенсивным обжатием, коэффициент вытяжки за один проход в зависимости от отношения диаметра к начальной высоте заготовки и применяемой системы калибров можно увеличить до $\lambda_{\text{ср}} = 3...4$.

При одном и том же обжатии в одинаковых калибрах вытяжка будет тем больше, а уширение тем меньше, чем меньше диаметр валков, и наоборот. В последнем случае для размещения в калибре металла, идущего на уширение, приходится брать калибры с большим значением a_1 .

При профилировании заготовок применяют различные последовательно-

Рис. 33. Вальцовка заготовки:
a — в гладком ручье; *б* — двукратная в ромбическом ручье



сти калибров и различный порядок обжатий в них.

При одноручьевой вальцовке самым простым способом является вальцовка в гладких валках с поворотом заготовки после каждого прохода на 90°, в два или несколько проходов (рис. 33, *a*). Однако в этом случае обжатия в каждом проходе, а следовательно, и коэффициенты общей суммарной вытяжки ограничиваются возможностью свертывания полосы при вальцовке. Во избежание свертывания полосы отношение осей заготовки не должно быть более 1,5...2,0.

Несколько лучшее предупреждение свертывания полосы дает вальцовка в ромбическом ручье (рис. 33, *б*), однако ее применение целесообразно только при двух проходах в одном ручье. Коэффициент $\lambda_{\text{общ max}}$ в ромбическом ручье за два прохода может быть тем больше, чем больше отношение осей принятого ромбического калибра, однако во избежание свертывания полосы оно должно быть $a_p \leq 2,5$.

Значения $\lambda_{\text{общ max}}$ при одноручьевой вальцовке в ромбическом ручье при $a_p = 1,5$ в зависимости от диаметра (мм) заготовки после вальцовки:

d_1 , мм	10	20	30	40	50	60	70
$\lambda_{\text{общ max}}$	1,1...1,5	1,2...1,6	1,2...1,8	1,4...1,9	1,5...2,0	1,6...2,1	1,7...2,2

При увеличении значения a_p до 2,5 повышение $\lambda_{\text{общ max}}$ сравнительно невелико.

Если потребная вытяжка должна быть больше, то необходимо применить два или больше ромбических ручья, разбив общий коэффициент вытяжки на два или более:

$$\lambda_{\text{общ}} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 = \frac{F_{\text{в}}}{F_1} \frac{F_1}{F_2} \frac{F_2}{F_3},$$

где F_1 , F_2 и F_3 — площади поперечного сечения заготовки после вальцовки

соответственно в 1-, 2- и 3-м ромбических ручьях.

По коэффициенту вытяжки в два прохода между одноручьевой вальцовкой в ромбическом ручье и на гладкой бочке стоит вальцовка в овальном ручье, которая для профилирования в одном ручье применяется редко (при небольших вытяжках) вследствие малой устойчивости овальной полосы в овальном калибре.

При многоручьевой вальцовке обычно применяют системы (последовательности) калибров, показанные на рис. 34.

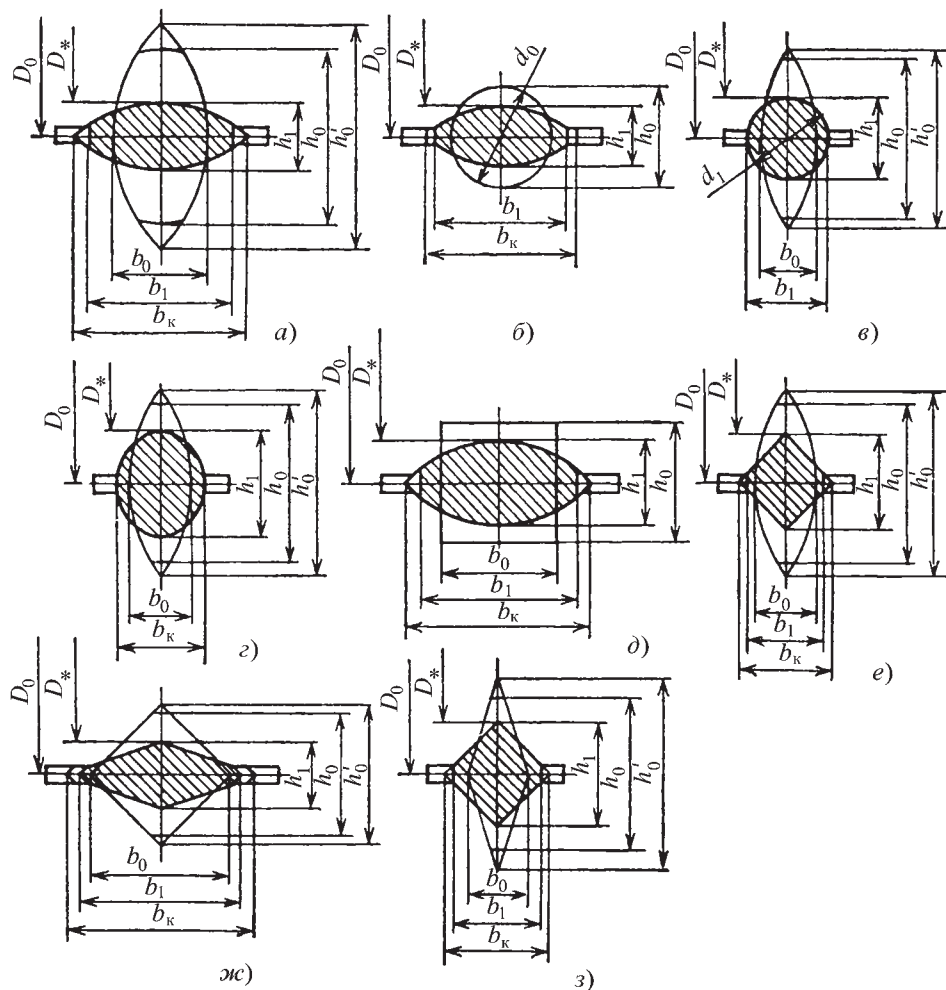


Рис. 34. Последовательность калибров, применяемая при многоручьевой вальцовке (D_0 — расстояние между осями вальцов):

a — овал—овал; *б* — круг—овал; *в* — овал—круг; *г* — овал—ребровой овал; *д* — квадрат—овал; *е* — овал—квадрат; *ж* — квадрат—ромб; *з* — ромб—квадрат

В зависимости от применяемого калибра рекомендуются следующие допустимые значения a_0 отношения сторон заготовок:

овальной для прокатки в круглом калибре	3,5
овальной — в овальном калибре	1,6
овальной — в ребровом овальном калибре	4,0
овальной — в квадратном калибре	5,0
ромбической — в квадратном калибре	5,0

Расчет деформаций при вальцовке в простых калибрах с учетом возможных поднастроек валков при колебаниях технологических параметров и степени изношенности валков наиболее просто и с достаточной степенью точности производится по методу соответственной полосы, предложенному А. Ф. Головиным.

Согласно этому методу, калибр или полоса простой формы заменяется со-

ответственной ей прямоугольной полосой с размерами поперечного сечения: высотой h_c и шириной b_c , причем площадь поперечного сечения соответственной полосы F_c принимается равной площади поперечного сечения рассматриваемой полосы F , т. е. $F_c = F$, и отношение сторон соответственной полосы принимается равным отношению осей рассматриваемой полосы, т. е.

$$h_c / b_c = h / b.$$

Размеры сторон исходной соответственной заготовки круглого сечения (см. рис. 28)

$$h_{0c} = b_{0c} = 0,885d_0;$$

квадратного сечения

$$h_{0c} = b_{0c} = c_b;$$

ромбического сечения

$$h_{0c} = h_0 / \sqrt{2};$$

$$b_{0c} = b_0 / \sqrt{2},$$

где размеры h_0 и b_0 определяют в положении задачи полосы в калибр (см. рис. 34, в);

овального сечения

$$h_{0c} = \sqrt{\frac{F_0 h_0}{b_0}};$$

$$b_{0c} = h_{0c} \frac{b_0}{b_0},$$

где размеры h_0 и b_0 определяют в положении задачи полосы в калибр (см. рис. 34, в, з, е).

Площади поперечного сечения:

1) овальной полосы (полосы, получаемой в овальном — предшествующем калибре, рис. 35)

$$F_1 = 0,6h_1^2 (2,07 - \delta_1)(a_1 + 0,66\delta_1 - 0,43),$$

(5)

где a_1 — отношение сторон овальной полосы (рис. 35, а); $a_1 = b_1 / h_1$; δ_1 — степень заполнения овального калибра.

Рекомендуются следующие значения степени заполнения овального калибра при вальцовке по различным схемам: круг—овал—круг и квадрат—овал—круг $\delta_1 = 0,8$; круг—овал—овал $\delta_1 = 0,65$ в первом овальном калибре и $\delta_1 = 0,8$ — во втором калибре; круг—овал—ребровой овал $\delta_1 = 0,9$; круг—овал—квадрат и квадрат—овал—квадрат $\delta_1 = 0,9$.

Отношение осей овального калибра $a_k = a_1 / \delta_1$;

2) полосы, полученной в ребровом овальном калибре (рис. 35, б), при $\delta_1 = 1,0$:

$$F_1 = 0,62h_1^2 a_k \left(0,23 + \frac{1}{a_k^2} \right);$$

3) круглой полосы $F_1 = \frac{\pi}{4} d_1^2$;

4) квадратной полосы с учетом радиуса скругления при вершине калибра $r_1 = 0,15c_1$ и степени заполнения квадратного калибра $\delta_1 = 0,9$ (рис. 35, з),

$$F_1 = 0,49b_k^2 = 0,98a_k^2;$$

5) ромбической полосы

$$F_1 = 0,5h_1^2 a_k \delta_1 (2 - \delta_1).$$

Размеры калибров (см. рис. 30):

1) овального: зазор между валками, между секторами-штампами $s \approx 0,01D_0$; радиус скругления бурта $r = 0,2b_k$; ширина вреза ручья в валок, в сектор:

$$b_{вр} = (h_1 - s) \sqrt{\frac{4R}{h_1 - s} - 1}, \quad (6)$$

соотношение размеров $R = h_1 (1 + a_k^2) / 4$;

2) ребрового овального: $r_1 = 0,25b_1$, $r_2 = 0,2b_1$, $R = 0,25h_1 a_k (1 + 1 / a_k^2)$;

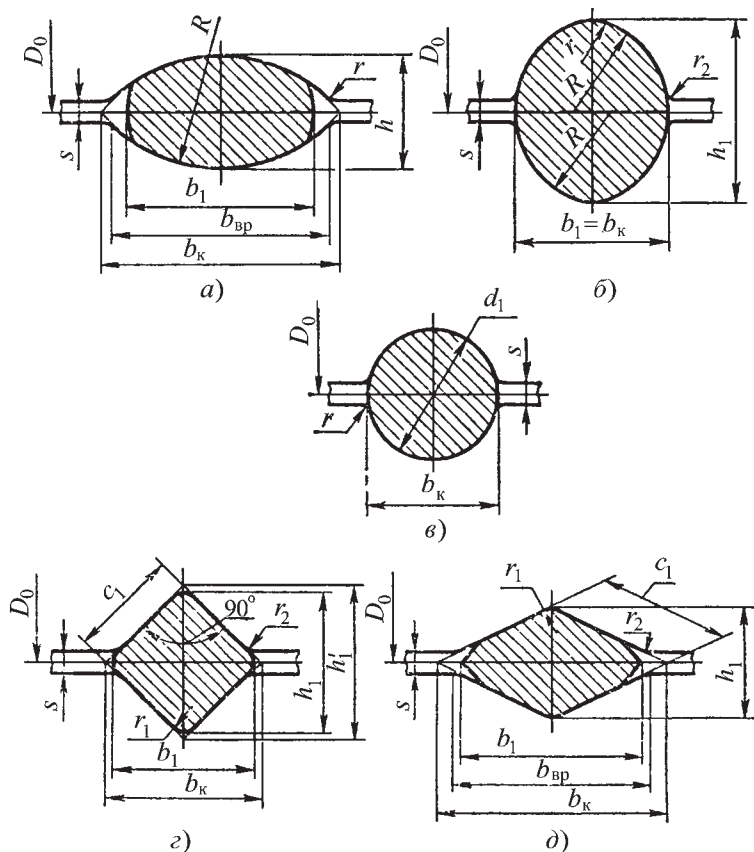


Рис. 35. Обозначения основных размеров калибров:

a — овального; *б* — ребрового овального; *в* — круглого; *г* — квадратного; *д* — ромбического

3) круглого: $r \approx 0,2d_1$;

4) квадратного: $r_1 \approx 0,15c_1$; $r_2 \approx 0,1c_1$;

$b_{вр} = b_k - s$; высота калибра с учетом радиуса скругления

$$h_1 = \sqrt{2}c_1 - 0,83r_1;$$

5) ромбического: $b_{вр} = b_k - sa_k$; $r_1 \approx 0,15c_1$; $r_2 \approx 0,1c_1$.

При расчете деформации, исходя из необходимой вытяжки в данном калибре, задаемся относительным, а следовательно, и абсолютным обжатием. Рассчитаем деформацию соответственной полосы в гладких валках. Расчет уширения производим по формуле С. И. Губкина:

$$\frac{\Delta b}{\Delta h} = \frac{b_0}{h_0} \left(1 + \frac{\Delta h}{h_0} \right) \times \left(1,27\mu \sqrt{\frac{\Delta h}{h_0} \frac{D_p}{h_0}} - \frac{\Delta h}{2h_0} \right) \quad (7)$$

В производственных условиях параметры технологических процессов непрерывно изменяются в определенных пределах (меняется температура металла, условия трения на контактной поверхности инструмента, размеры инструмента и т.п.). С их изменением изменяются условия деформации и ее значение. При использовании метода расчета по предельно возможным значениям уширения внача-

ле рассчитывают абсолютное уширение при таких крайне возможных значениях переменных факторов (параметров), когда уширение будет максимальным, после чего определяют минимально возможное уширение. Например, уширение будет тем больше, чем больше абсолютное обжатие, диаметр валков, коэффициент трения и ниже температура вальцовки и т.п.

Зная возможные пределы изменения уширения, в процессе вальцовки находим размеры соответственной полосы после вальцовки:

$$h_{1c} = h_{0c} - \Delta h;$$

$$b_{1c} = b_{0c} + \Delta b;$$

$$F_{1c} = h_{1c} b_{1c}.$$

Подставляя предельно возможные значения уширения, находим предельно возможные значения размеров соответственной полосы. Учитывая, что при определении максимального уширения крайние значения всех переменных параметров брались такими, чтобы уширение получилось наибольшим в пределах изменения данного параметра и такое действие всех параметров принималось одновременным (вероятность такого сочетания весьма мала), можно утверждать, что при рассмотренных пределах изменения переменных параметров уширение никогда не будет больше найденного максимального значения. Аналогичное утверждение может быть сделано и относительно минимального уширения. Рассчитанные таким образом размеры соответственной полосы включают в себя все возможные колебания при изменении параметров процесса и позволяют правильно определить размеры калибров.

Если колебания размеров небольшие, то их удастся перекрывать изменением степени заполнения калибров и некоторого перераспределения вы-

тяжек по калибрам. При колебаниях размеров больше, чем возможно перекрыть за счет степени заполнения калибров, необходимо предусматривать поднастройку обжатий.

По соответственной полосе, используя предыдущие формулы, находим размеры того или иного калибра.

При одноручевой вальцовке в гладких валках размеры фактической и соответственной полосы совпадают.

Выбирать калибр целесообразно для наибольшей по ширине соответственной полосы, тогда меньшая по ширине соответственная полоса с учетом рассчитанных возможных колебаний размеров может быть получена в том же калибре при меньшей степени его заполнения.

Наибольшей вытяжной способностью при вальцовке за два прохода обладают следующие последовательности калибров: квадрат—овал—квадрат, прямоугольник—овал—квадрат, круг—овал—квадрат, причем прямоугольник в овальном калибре обжимается по наибольшей стороне. Несколько меньше вытяжная способность у системы калибров с последовательностью по схеме квадрат—ромб—квадрат, что связано с ограниченностью обжатий и вытяжки при вальцовке квадратной полосы в ромбическом калибре, хотя эта система и обеспечивает хорошую устойчивость полосы, и при вальцовке по этой системе не наблюдается свертывания полосы.

Ребровой овал обеспечивает большую устойчивость овальной полосы в калибре, чем круг, поэтому в него можно задавать для вальцовки овальную заготовку с большим отношением осей, чем в круглый калибр. В связи с этим следующей по вытяжной способности является система с последовательностью калибров по схеме круг—овал—ребровой овал. Вытяжная способность калибров при вальцовке

по схемам квадрат—овал—круг и круг—овал—круг, учитывая вышесказанное, будет меньше, чем по схеме квадрат (круг)—овал—ребровой овал.

Редко применяемой последовательностью калибров является прямоугольная заготовка—овал—ребровой овал (вследствие трудностей получения заготовки по поставкам). Эта система по своим вытяжным способностям может конкурировать с системой квадрат—ромб—квадрат.

Наименьшую вытяжную способность при вальцовке за два прохода имеет система круг—овал—овал. Ее используют, когда необходимо иметь для штамповки заготовку с овальным поперечным сечением на каком-то участке.

Системы калибров круг—овал—круг, круг—овал—ребровой овал и круг—овал—овал обеспечивают плавное изменение формы заготовки по переходам, обеспечивают более равномерное деформирование, распределение температур по сечению, а также охлаждение, что позволяет избежать появления дефектов при вальцовке заготовок из легированных сталей, жаропрочных и титановых сплавов. Эти системы находят применение, например, при изготовлении заготовок для штамповки поковок турбинных и компрессорных лопаток.

При вальцовке за один проход наибольший коэффициент вытяжки можно получить при обжатии квадрата или прямоугольной полосы «на ребро» в овальном калибре, а также при вальцовке овальной полосы с достаточно большим отношением осей в квадратном калибре или в ребровом овале.

При вальцовке за три, четыре прохода вытяжная способность зависит от выбранных сочетаний пар калибров с учетом профиля исходной заготовки и профиля сечения участков вальцованной заготовки.

При применении многоручьевого вальцовки, особенно на многоклетевых станах или вальцах, не всегда целесообразно стремиться получать максимальную вытяжку в каждом проходе. Иногда с целью повышения качества изделий и увеличения срока службы инструмента — валков, вставок, секторов — бывает целесообразней использовать все клетки и вести вальцовку с меньшими деформациями, а следовательно, и давлениями на инструмент в каждом отдельном проходе при малой общей вытяжке, которую, в принципе, можно было бы получить и за меньшее число проходов.

При проектировании технологического процесса вальцовки обычно известны необходимый суммарный коэффициент вытяжки $\lambda_{\text{общ max}}$, расстояние между осями валков D_0 и площадь поперечного сечения исходной заготовки F_B . На рис. 36 приведены графики, позволяющие предварительно выбрать необходимую последовательность калибров для вальцовки и требуемое число проходов. Если точка пересечения прямых, соответствующих на графике значениям по осям ординат, лежит ниже кривой для данной схемы вальцовки или на самой кривой, то вальцовка по этой схеме возможна. В противном случае необходимо или изменить схему вальцовки, или увеличить число проходов с сохранением схемы последовательности калибров.

При вальцовке в калибрах уширение будет меньше, чем на гладкой бочке, так как наклонные поверхности калибра оказывают дополнительное сопротивление развитию уширения. Это сопротивление будет тем больше, чем больше уклон стенок калибра и чем меньше при прочих равных условиях отношение осей овального или ромбического калибра. Влияние формы калибра на уширение можно

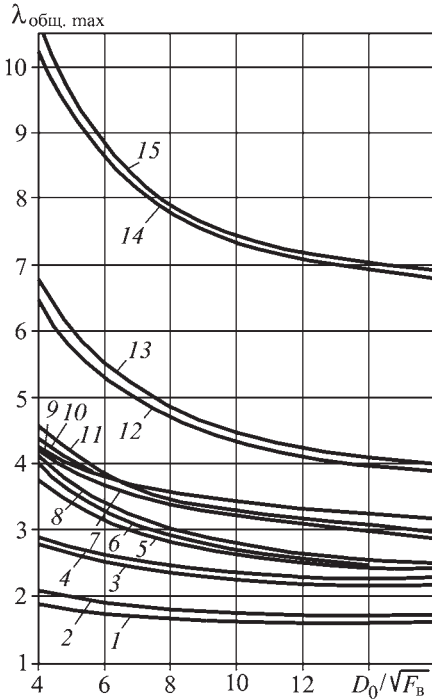


Рис. 36. Кривые для определения максимально возможного коэффициента вытяжки для систем: 1 — круг—овал; 2 — квадрат—ромб; 3 — квадрат—овал; 4 — круг—овал—овал; 5 — круг—овал—круг; 6 — квадрат—овал—круг; 7 — квадрат—ромб—квадрат; 8 — круг—овал—ребровой овал; 9 — круг—овал—квадрат; 10 — квадрат—овал—квадрат; 11 — круг—овал—овал—круг; 12 — круг—овал—круг—овал; 13 — квадрат—овал—круг—овал; 14 — круг—овал—квадрат—овал; 15 — квадрат—овал—квадрат—овал

учесть поправочным коэффициентом уширения K_i :

$$\frac{\Delta b}{\Delta h} = K_i \left(\frac{\Delta b}{\Delta h} \right)_{\text{расч}}$$

На рис. 37 приведены графики для определения поправочного коэффициента уширения при вальцовке квадратной и круглой заготовок в овальных калибрах с разным отношением осей. На графиках $a_1 = b/h_k$ — отношение осей полосы. Этими графиками можно пользоваться и при вальцовке

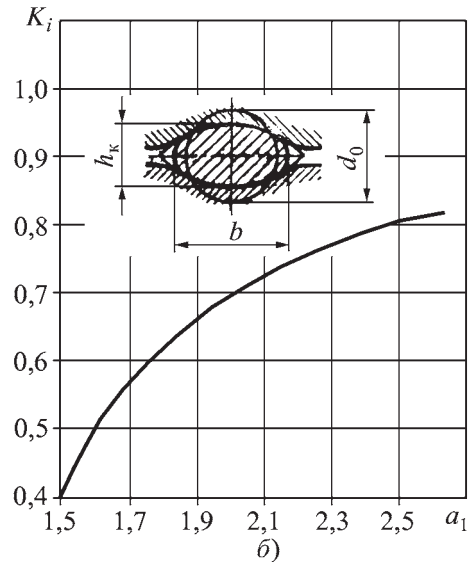
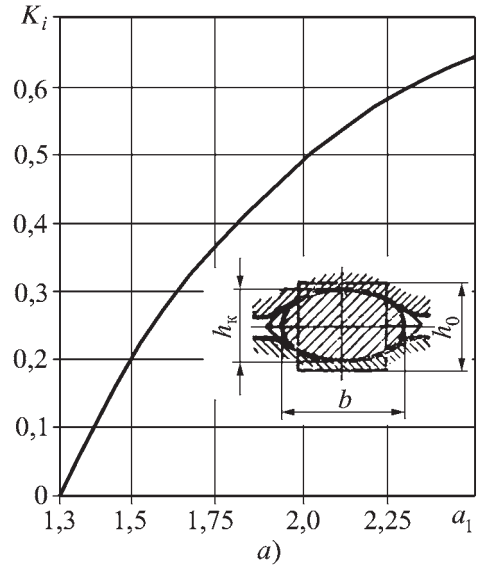


Рис. 37. Определение поправочного коэффициента уширения K_i :

a — для квадратной заготовки, вальцующейся в квадратном калибре; b — для круглой заготовки, вальцующейся в овальном калибре

указанных заготовок в других калибрах, в частности ромбических.

При вальцовке так же, как и при прокатке, наблюдается явление опережения, т.е. полоса выходит из вальцов

со скоростью, большей окружной скорости вальцов, поэтому длину соответствующего ручья на вальках берут несколько меньше длины участка заготовки, получаемой вальцовкой.

Длину участка ручья валька определяют по формуле

$$l_p = l_n \frac{100}{S_{оп} + 100},$$

где l_n — длина соответствующего участка нагретой заготовки после вальцовки, мм; $S_{оп}$ — опережение металла на этом участке, %.

Расчет опережения можно проводить по следующей эмпирической формуле:

$$S_{оп} = 24 \left(\frac{h_{0с} - h_{1с}}{h_{0с}} \right)^3.$$

При вальцовке круглой заготовки в овальном калибре с постоянным обжатием опережение

$$S_{оп} = 0,31(2 - \lambda)(\lambda - 1); \quad (8)$$

с нарастающим обжатием

$$S_{оп} = 0,37(2 - \lambda_{ср})(\lambda_{ср} - 1), \quad (9)$$

где $\lambda_{ср}$ — коэффициент вытяжки в среднем сечении конического участка.

При вальцовке овальной заготовки в круглом калибре

$$S_{оп} = 0,25(2 - \lambda)(\lambda - 1) \quad (10)$$

Формулы (8)–(10) рекомендуется применять при расчете опережения в случа́ях вальцовки заготовок на вальцах с межосевым расстоянием 300... 900 мм в интервале изменения коэффициента вытяжки до 1,8. Допускается использование формулы (8) для расчета опережения при вальцовке по схеме овал—овал, а формулы (10) — по схемам овал—ребровый овал и овал—квадрат.

Расчеты формоизменения по приведенной методике рекомендуется

проводить для случаев, когда участок заготовки, получаемый после вальцовки, имеет относительную длину $l_{II} / d_0 > 5$ (рис. 38). Относительные длины по проходам: l_I / d_0 и l_{II} / d_0 или l_I / c_0 и l_{II} / c_0 , где d_0 и c_0 — соответственно диаметр и сторона квадрата исходной заготовки. В этом случае действие недеформируемых или менее деформируемых частей (головок заготовки) на уширение полосы мало сказывается на общей вытяжке, влияя на относительно небольших участках обжимаемой части полосы (лишь около переходных участков, возле сечений BB (см. рис. 38) на длине примерно $0,5d_0$).

При вальцовке коротких заготовок с отношением $l_{II} / d_0 < 5$ (рис. 38, б) необходимо учитывать сдерживающее уширение действия необжимаемых частей, особенно при $l_I / d_0 < 1,5$.

Вальцованная заготовка имеет переходные участки, как правило, с изменяющимися размерами и формой и может иметь по длине несколько обжимаемых участков, перемежающихся с необжимаемыми, т.е. представлять собой периодический профиль.

При наличии на заготовке участков с плавно изменяющимися размерами расчет деформации при вальцовке этих участков производят по средним сечениям, принимая среднее на данном участке обжатие, определяя среднюю вытяжку, уширение и среднее опережение и т. д.

Расчет деформации сложной периодической заготовки рассмотрен ниже.

При оттяжке концов профиль ручья делают переменного сечения по длине, вальцовка ведется в несколько проходов с кантовкой после каждого прохода и, при необходимости, с дополнительным перемещением заготовки вдоль оси. Элементы расчета контура ручья вальца переменного сечения рассмотрены ниже. Ручей нарезается или с сохранением ширины на всей длине и уменьшением глуби-

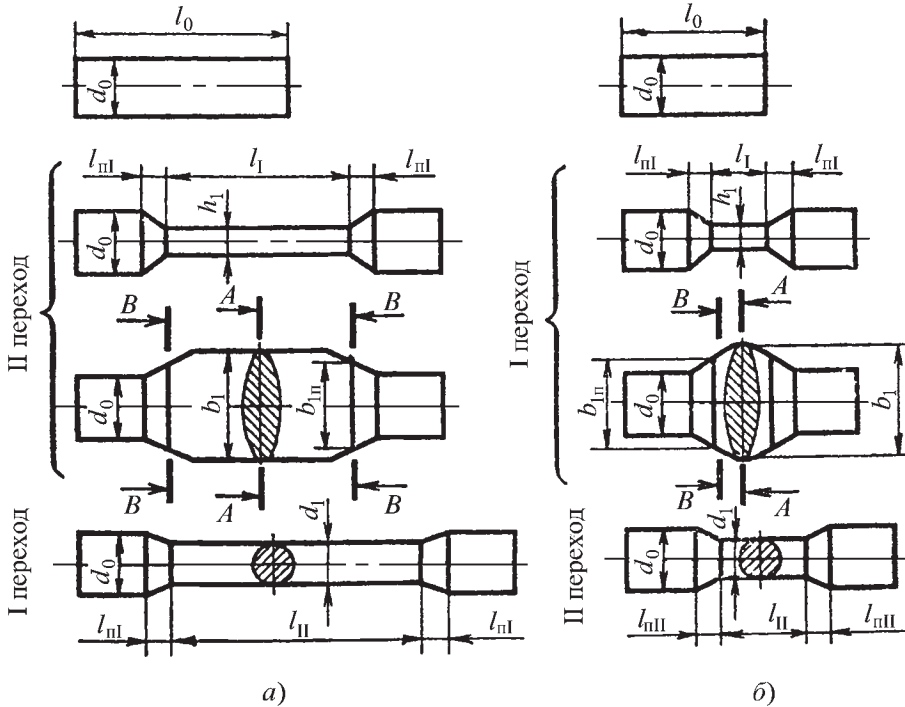


Рис. 38. Переходы при вальцовке за два прохода заготовок с двумя необжимаемыми головками: а — длинная заготовка; б — короткая заготовка

ны вреза, или с шириной, уменьшающейся пропорционально глубине вреза.

Пример расчета. Требуется получить вальцованную заготовку типа показанной на рис. 32 (поз. 1). Площадь поперечного сечения головки 620 мм^2 , площадь поперечного сечения в зоне стержня 300 мм^2 .

Для вальцовки выбираем следующую последовательность калибров; квадрат—овал—квадрат. Вальцовку намечаем производить на вальцах с межосевым расстоянием $D_0 = 320 \text{ мм}$.

По сортаменту выбираем ближайшую заготовку, это квадрат со стороной, равной 25 мм , с площадью поперечного сечения 625 мм^2 . Тогда

$$D_0 / \sqrt{F_B} = 320 / \sqrt{625} = 12,8;$$

общий коэффициент максимальной вытяжки (общая максимальная вытяж-

ка) $\lambda_{\text{общ max}} = 625 / 300 = 2,08$. По графику, приведенному на рис. 36, определяем, что произвести такую вальцовку по принятой последовательности квадрат—овал—квадрат с заданной общей максимальной вытяжкой возможно.

Коэффициент средней вытяжки (средняя вытяжка) при вальцовке за два прохода

$$\lambda_{\text{ср}} = \sqrt{\lambda_{\text{общ max}}} = 1,44.$$

Намечаем вытяжки по проходам: несколько больше средней принимаем вытяжку в первом проходе, а именно $\lambda_1 = 1,5$, тогда вытяжка во втором проходе

$$\lambda_2 = \lambda_{\text{общ max}} / \lambda_1 = 1,39.$$

Для обеспечения вытяжки в первом проходе принимаем относительное обжатие равным двум, тогда

$$h_{1c} = 25 / 2 = 12,5 \text{ мм};$$

$$\Delta h_c = h_{0c} - h_{1c} = 12,5 \text{ мм}.$$

Находим максимально и минимально возможное уширение при вальцовке соответственной полосы на гладкой бочке по формуле (4).

Максимальное уширение будет иметь место при вальцовке в новых валках диаметром 330 мм, при минимальной температуре вальцовки 900 °С и при коэффициенте трения $\mu = 0,354$.

Размеры заготовки с учетом допусков: $25 \pm 0,5$ мм. Максимальное уширение будет иметь место при $h_0 = 25,5$ мм и $\Delta h = 13$ мм:

$$\left(\frac{\Delta b}{\Delta h} \right)_{\max} = 1 \left(1 + \frac{13}{25,5} \right) \times$$

$$\times \left(1,27 \cdot 0,354 \cdot \sqrt{\frac{13}{25,5} \cdot \frac{330}{25,5}} - \frac{13}{2 \cdot 25,5} \right) = 1,35.$$

Минимальное уширение будет при диаметре валков 320 мм, $\mu = 0,306$, $h_0 = 24,5$ мм и $\Delta h = 12$ мм:

$$\left(\frac{\Delta b}{\Delta h} \right)_{\max} = 1,10.$$

Учитывая поправочный коэффициент уширения $K_i = 0,63$, по графику, приведенному на рис. 37, а, окончательно получим

$$\Delta b_{\max} = 11,05 \text{ мм}; \Delta b_{\min} = 8,32 \text{ мм}.$$

Размеры соответственной полосы после вальцовки:

$$h_{1c} = 12,5 \text{ мм}; b_{1c\max} = 36,55 \text{ мм};$$

$$b_{1c\min} = 32,82 \text{ мм}.$$

Отношение осей полосы: $a_{1\max} = 2,92$ и $a_{1\min} = 2,63$. Коэффициент мини-

мальной вытяжки при максимальной соответственной полосе

$$\lambda_{1\min} = \frac{625}{1,25 \cdot 36,55} = 1,37;$$

коэффициент максимальной вытяжки

$$\lambda_{1\max} = \frac{625}{1,25 \cdot 32,82} = 1,52.$$

Рассмотрим вальцовку в следующем проходе, когда овальная полоса деформируется в квадратном калибре. Размеры задаваемой соответственной полосы:

$$\begin{aligned} \text{максимального сечения } h_{0c} &= 36,55 \text{ мм}, b_{0c} = 12,5 \text{ мм}; \\ \text{минимального сечения } h_{0c} &= 32,82 \text{ мм}, b_{0c} = 12,5 \text{ мм}. \end{aligned}$$

При степени заполнения квадратного калибра $\delta = 0,9$ для получения необходимой площади поперечного сечения полосы площадь поперечного сечения квадратного калибра будет равна $300 / 0,9 = 333 \text{ мм}^2$.

Принимаем сторону квадратного калибра равной 18,5 мм (площадь калибра 342 мм^2).

Рассчитаем деформацию соответственной полосы. Абсолютное обжатие при прокатке полосы:

максимального сечения

$$\Delta h_c = 36,55 - 18,5 = 18,05 \text{ мм},$$

минимального сечения

$$\Delta h_c = 32,82 - 18,5 = 14,32 \text{ мм}.$$

Коэффициенты уширения по формуле (7):

$$\left(\frac{\Delta b}{\Delta h} \right)_{\max} = 0,34; \left(\frac{\Delta b}{\Delta h} \right)_{\min} = 0,31,$$

абсолютное уширение:

$$\Delta b_{\max} = 0,34 \cdot 18,05 \approx 6 \text{ мм};$$

$$\Delta b_{\min} = 0,31 \cdot 14,32 \approx 4,5 \text{ мм}.$$

Размеры полосы после вальцовки:
для полосы максимальных размеров:

$$h_{1c} = 18,5 \text{ мм}; b_{1c} = 12,5 + 6 = 18,5 \text{ мм};$$

$$F_{1c} = 342 \text{ мм}^2; \delta_1 = 1,0; \lambda = 1,335;$$

для полосы минимальных размеров:

$$h_{1c} = 18,5 \text{ мм}; b_{1c} = 12,5 + 4,5 = 17 \text{ мм};$$

$$F_{1c} = 314,5 \text{ мм}^2; \delta_1 = 0,92; \lambda = 1,305.$$

И в обоих случаях получили сечения, близкие к заданному; поэтому перерасчета можно не проводить. При необходимости получения площади сечения полосы ближе к заданной, т.е. 300 мм^2 , следует провести переработку, увеличив обжатие в первом проходе, и тем самым суммарную вытяжку.

Вычисляем окончательно размеры овального калибра, строя его по полосе с максимальным уширением (меньшая полоса даст меньшую степень заполнения калибра).

По формуле (5) находим h_1 при степени заполнения овального калибра $\delta = 0,9$:

$$h_1 = \sqrt{\frac{36,55 \cdot 12,5}{0,6(2,07 - 0,9)(2,92 + 0,66 \cdot 0,9 - 0,43)}} = 14,53 \text{ мм}.$$

Отношение осей овального калибра

$$a_{\text{ов}} = 2,92 / 0,9 = 3,24;$$

$$b_{\text{ов}} = 3,24 \cdot 14,53 = 47 \text{ мм}.$$

Радиус овального калибра по формуле (7)

$$R = 14,53 \frac{1 + 3,24^2}{4} = 41,75 \text{ мм}.$$

Зазор между валками

$$s = 0,01 \cdot 320 \approx 3 \text{ мм}.$$

Ширина вреза калибра по формуле (6)

$$b_{\text{вр}} = 42,34 \text{ мм}.$$

Радиус скругления бурта

$$r = 0,2b_{\text{ов}} = 0,2 \cdot 47 = 9,4 \text{ мм}.$$

Для квадратного калибра:

$$s = 3 \text{ мм}; b_k = 18,5 \cdot 1,41 = 26 \text{ мм};$$

ширина вреза ручья

$$26 - 3 = 23 \text{ мм};$$

$$r_1 = 0,15 \cdot 18,5 = 2,75 \text{ мм}; r_2 = 1,8 \text{ мм};$$

высота калибра

$$26 - 0,83 \cdot 2,75 = 24 \text{ мм}.$$

Отделочная вальцовка. Отделочную вальцовку производят, как правило, в холодном состоянии в ковочных вальцах с валками диаметром 250...400 мм. Ее применяют для приближения размеров заготовки к размерам готового изделия (при этом возможно улучшение ряда механических характеристик); припуск по рабочей части под шлифование до 0,15...0,2 мм. В ряде случаев этим способом вальцовки получают изделия с окончательными размерами по толщине и профилю. Холодная отделочная вальцовка позволяет придавать заготовкам состоя-

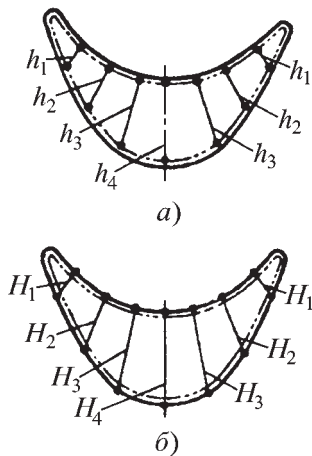


Рис. 39. Схемы к определению размеров профиля заготовки под холодную (отделочную) вальцовку: а — определение нормалей h_1, h_2, \dots, h_n ; б — определение нормалей H_1, H_2, \dots, H_n

ние поверхности, сравнимой с получаемой при тонком точении или грубом шлифовании. Качество поверхности заготовки, получаемой отделочной холодной вальцовкой, зависит от материала заготовки, предыдущей обработки, материала инструмента, качества его поверхности и применяемого смазочного материала.

Для получения точных размеров вальцуемой заготовки валцы должны обладать достаточной жесткостью. Иногда отделочную вальцовку ведут в жестких устройствах с качающимися секторами.

Очертание отделочного ручья при холодной вальцовке представляет собой точный профиль заготовки. Обжатия в отделочном ручье задают небольшие; максимальное абсолютное обжатие за один проход принимают 0,5...0,8 мм.

В отделочном ручье, как правило, профильную заготовку пропускают 2 раза без кантования (реже 3—4 раза), что позволяет снизить влияние упругих деформаций инструмента и оборудования и получить более точные размеры изделия. Между отдельными

пропусками и после окончательной вальцовки для снятия наклепа заготовки, при необходимости, подвергают отпуску.

Профиль исходной заготовки строят так, чтобы коэффициент вытяжки в различных сечениях профиля ручья был одинаков, так как в противном случае заготовка получится искривленной. Построение профиля заготовки осуществляют по профилю готового изделия по отношению нормалей, проведенных к контуру на различных его участках (рис. 38):

$$\frac{H_1}{h_1} = \frac{H_2}{h_2} = \dots = \frac{H_n}{h_n} = 1,05 \dots 1,07,$$

где h_1, h_2, \dots, h_n — отрезки нормалей к кривой контура профиля отделочного ручья готового профиля, мм; H_1, H_2, \dots, H_n — отрезки нормалей к кривой контура профиля искомой заготовки, мм.

На рис. 39 нормали построены к одной поверхности. В некоторых случаях при отделке изделий сложной формы при расчете построения формы заготовки нормали строят ко всему контуру. Линия встречи нормалей представляет собой геометрическое место равноудаленных точек и совпадает с гребнем отсыпки песчаной массы, что используют для ее определения в некоторых практических случаях расчетов.

Точность определения формы заготовки будет тем выше, чем на большее число частей будет разделен профиль ручья штампа, т.е. чем меньше будет принят размер H_4 (см. рис. 39, б). Желательно, чтобы этот размер был не более 0,3...0,5 максимальной толщины профиля h_4 (рис. 39, а).

Ручей штампа располагают в валках так, чтобы его центр тяжести находился на средней линии валков — линии, равноудаленной от осей валков. Иначе полоса будет искривляться на валок,

ось которого ближе к центру тяжести профиля ручья.

Величину опережения и длину ручья штампа рассчитывают так же, как и при вальцовке в открытом ручье.

В качестве смазочного материала при отделочной вальцовке применяют машинное масло.

Штамповочная вальцовка. Штамповочную вальцовку производят в штамповочных вальцах с валками диаметром 500...1000 мм при температурах 900...1150 °С, применяют в массовом и крупносерийном производстве мелких и средних поковок переменного сечения простой и сложной формы, например, боковых звеньев скрепкового конвейера, молотков, кулачков. Изготовление мелких деталей типа гайка-барашек можно осуществлять на вальцах и меньшего диаметра, например 320 мм.

При штамповочной вальцовке за один оборот валков можно получить цепочку из четырех и более отштампованных изделий, а на валках большого диаметра можно получать две такие заготовки за один оборот валков, размещая на валках напротив друг друга по диаметру два комплекта штампов.

Широкое внедрение штамповочной вальцовки сдерживается недостаточной точностью получаемых изделий, особенно по длине и форме торцовых граней. Это связано с явлениями опережения и обкатки, описанными ниже.

Чем меньше диаметр валков, тем больше, при том же режиме обжатий, вытяжка полосы и опережение. Этим объясняется применение для штамповочной вальцовки вальцов с валками большого диаметра.

На опережение при вальцовке влияют и большое число технологических факторов. Это прежде всего относительная смещенная площадь (смещенный объем), температура штамповки, условия трения, смазочный материал инструмента, скорость деформирова-

ния, скорость и ускорение валков, соотношение сильно и слабо обжимаемых частей профиля, ширина заусенца.

Опережение со стороны верхнего и нижнего валков может быть различным, что затрудняет получение точного профиля, поэтому сечение ручья одного валка стараются выполнять периодически меняющимся, а ручей друг ого валка постоянного сечения.

Наиболее интенсивно на опережение влияют следующие факторы: режим обжатий, оптимально подобранная смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) и соотношение сильно и слабо обжимаемых частей поперечного сечения полосы. В процессе производства из числа указанных факторов можно изменять только состав СОЖ и режим ее подачи, что позволяет регулировать величину опережения, а следовательно, и размеры получаемых изделий.

При расчете профиля торцовых поверхностей выступов при штамповочной вальцовке необходимо также учитывать явление обкатки, вследствие действия которого искажается по сравнению с инструментом контур торцовых граней.

Несимметричные поковки, например для плоскогубцев, при штамповочной вальцовке можно располагать в полосе попарно, с поворотом относительно друг друга на 180° («валетом»). Пары располагают в полосе последовательно.

Расчет деформации при штамповочной вальцовке производят аналогично расчетам при продольной периодической прокатке.

Штамповочная вальцовка имеет значительно большую производительность, чем штамповка на молотах и прессах.

5. ПРОДОЛЬНО-ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ПРОКАТКА

Продольную периодическую прокатку выполняют в двух-, трех- и че-

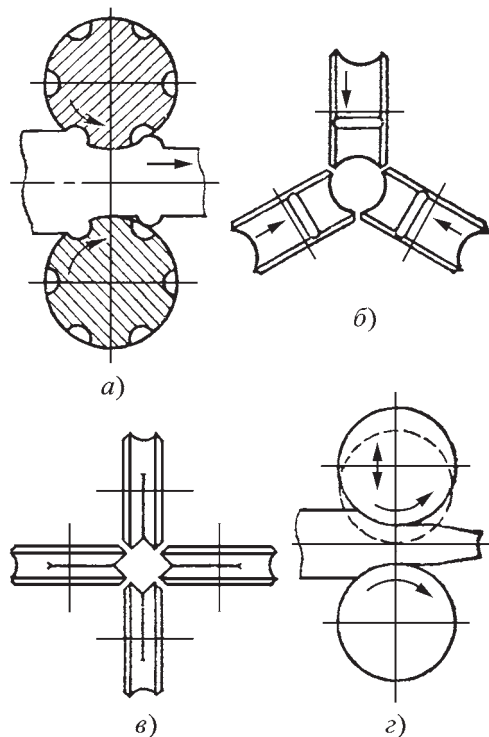


Рис. 40. Схемы станов продольной периодической прокатки:

а — двухвалкового; б — трехвалкового; в — четырехвалкового; г — стана-пресса

тырехвалковых станах (рис. 40). Периодические профили подразделяют на следующие виды: 1) с периодичностью профиля лишь со стороны

одного вала; 2) с периодичностью профиля со стороны двух (или нескольких) валков; совпадение фигур на получаемой полосе необязательно; 3) с периодичностью профиля со стороны двух (или нескольких) валков с обязательным совпадением фигур на полосе.

К первому виду периодических профилей относят профили, показанные на рис. 41 и 42. При прокатке таких профилей калибр одного вала имеет переменный профиль, а на втором валке (или остальных) нарезается ручей постоянного сечения.

Ко второму виду профилей относят профили типа арматурной стали (рис. 43). В этом случае прокатки оба вала (или все валки) имеют переменный профиль ручьев, однако по углу поворота относительно друг друга валки могут устанавливаться произвольно, так как точного совпадения фигур не требуется.

Профили первого и второго видов можно прокатывать на существующих сорт овых прокатных станах или вальцах.

Для изготовления периодических профилей третьего вида (рис. 44 и 45) требуются специальные устройства или механизмы, позволяющие на стане (или в вальцах) произво-

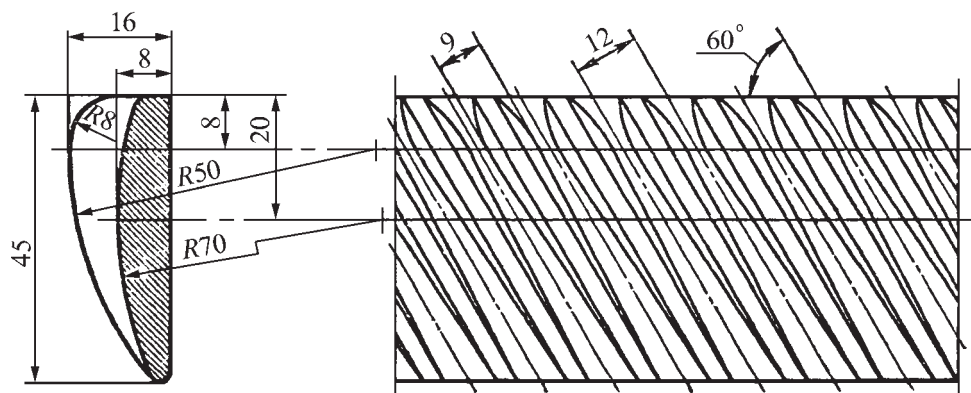
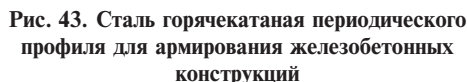


Рис. 41. Сталь бичевая ребристая



Периодические профили с плавными переходами (как готовые изделия, так и заготовки под штамповку) можно прокатывать на стане-прессе, имеющем гладкие валки постоянного радиуса, перемещающиеся в процессе прокатки относительно друг друга.

При продольной периодической прокатке имеют место явления отставания, опережения и обкатки полосы. Скорость выходящей из валков полосы больше окружной скорости валков, а скорость заднего (по ходу прокатки) конца полосы меньше проекции окружной скорости вала в точке начала захвата полосы валками на направление прокатки.

Опережение и отставание полосы определяют в процентах (или в до-



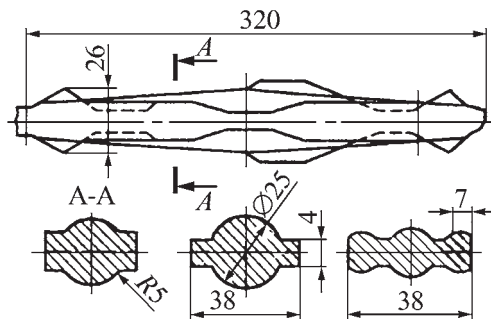


Рис. 45. Периодический профиль скребка шахтных конвейеров

лях единицы) по следующим формулам:

$$S_{\text{оп}} = \frac{v_1 - v_B}{v_B} 100\%;$$

$$S_{\text{от}} = \frac{v_B \cos \alpha - v_0}{v_B \cos \alpha} 100\%,$$

где v_B — окружная скорость валков (рис. 46); v_1 — скорость выходящего из валков конца полосы, v_0 — скорость заднего по ходу прокатки (поступающего в валки) конца прокатываемой полосы; α — угол захвата — угол между осевой плоскостью валков и радиусом, проведенным в точку начала захвата полосы валками.

Коэффициент вытяжки полосы определяют по формуле

$$\lambda = l_1 / l_0,$$

где l_0 и l_1 — длины полосы соответственно до прокатки и после нее.

При постоянном коэффициенте вытяжки λ с увеличением опережения $S_{\text{оп}}$ отставание $S_{\text{от}}$ будет уменьшаться, и наоборот. Взаимосвязь этих параметров определяется следующей формулой:

$$\lambda = \frac{S_{\text{оп}} + 1}{(1 - S_{\text{от}}) \cos \alpha}.$$

Распределение металла на опережение и отставание из всего объема металла, смещаемого по направлению прокатки, определяет положение критического сечения полосы, т.е. критический угол γ (см. рис. 46).

При отсутствии уширения полосы критический угол γ определяют по формуле И. М. Павлова:

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{n\mu} \right), \quad (11)$$

где n — коэффициент, учитывающий положение равнодействующей давлений металла полосы на валок; μ — коэффициент трения в очаге деформации.

При равномерном распределении давлений по дуге захвата при горячей прокатке $n = 2$.

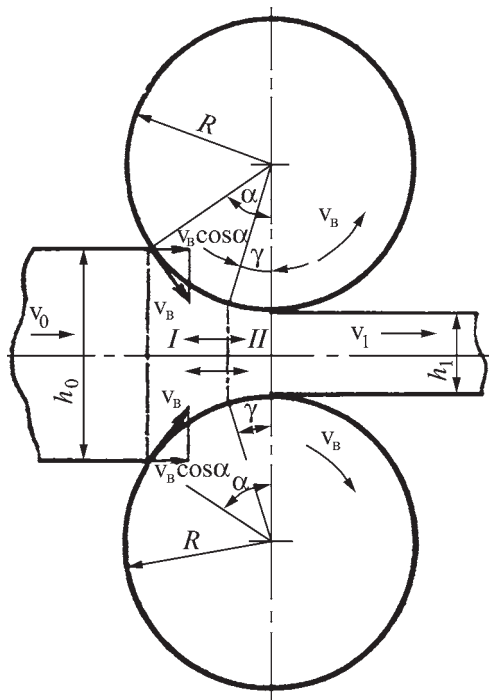


Рис. 46. Очаг деформации при прокатке:
I — зона отставания; II — зона опережения; γ — критический угол; h_0 и h_1 — высота (толщина) полосы соответственно до прокатки и после

При известном значении γ опережение определяют по формуле

$$S_{\text{оп}} = \frac{R}{h_1} \gamma^2, \quad (12)$$

где R — радиус вала (см. рис. 46); h_1 — высота полосы после прокатки. Тогда формула для определения отставания принимает следующий вид:

$$S_{\text{от}} = 1 - \frac{S_{\text{от}} + 1}{\lambda \cos \alpha}. \quad (13)$$

Отставание может привести к снижению качества получаемых изделий, особенно при прокатке периодических профилей с резкими выступами. После про-

хождения резкого уступа вала на полосе образуется контур отставания (рис. 47). Это приводит к невыполнению передней кромки уступов полосы, к недоформлению ее выступа, особенно если на последующем участке полосы обжатие мало, течение металла в направлении прокатки будет недостаточным для заполнения зоны контура вытеснения.

Размер максимального отхода кромки контура отставания от плоскости, перпендикулярной оси полосы (см. рис. 47), определяют по формуле

$$x = \frac{mA}{4} \left(h_0 - h_1 + h_1 \ln \frac{h_0}{h_1} \right),$$

где m — коэффициент, характеризующий долю металла, пошедшего на вытяжку, от всего металла, смещенного по высоте полосы; A — показатель, учитывающий положение критического сечения и характеризующий долю металла, идущего на отставание от всего металла, смещаемого в направлении длины полосы. При отсутствии уширения $m = 1$. Если отсутствует зона опережения ($\gamma = 0$), показатель $A = 1$.

Для предварительных расчетов можно принимать $m = 0,75$ и $A = 0,9$.

Условный угол наклона грани контура отставания — угол β_1 (см. рис. 47) может быть найден из формулы

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{x}{0,5(h_0 - h_1)} = \frac{mA}{2} \left(1 + \frac{h_1}{h_0 - h_1} \ln \frac{h_0}{h_1} \right).$$

Наклон грани контура отставания необходимо учитывать при конструировании профиля, если нет возможности создать условия для заполнения зоны контура отставания металлом, вытесняемым вперед (по направлению прокатки) на последующем участке обжимаемой полосы.

Отставание необходимо также учитывать и при периодической прокатке в несколько проходов, чтобы подготов-

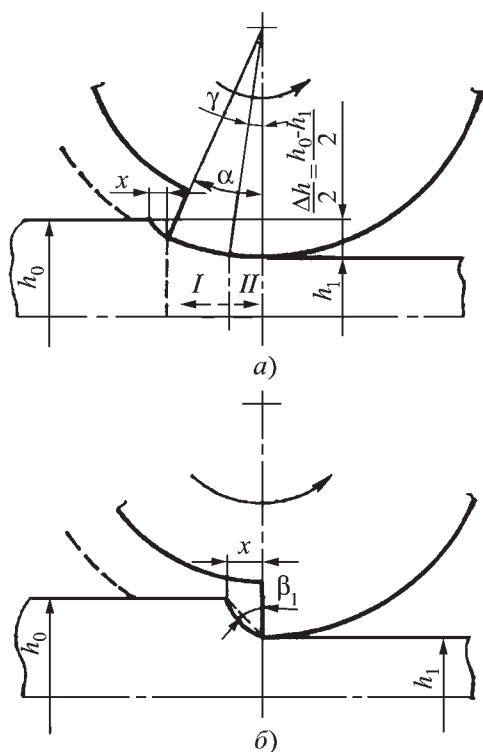


Рис. 47. Образование контура отставания:
 а — схема процесса образования контура; б — конечный момент образования контура (I — зона отставания; II — зона опережения); штриховой линией показано направление вытеснения металла в очаге деформации

ленная полоса переменного сечения попадала в соответствующую зону валька.

Опережение при продольной периодической прокатке достигает 15...20 %, а иногда и более, поэтому расстояние между характерными точками на полосе будет на такую же величину больше, чем расстояние между соответствующими им точками на вальках.

На участках полосы с нарастающим обжатием опережение будет больше, чем на участках с постоянным обжатием, а на участках с убывающим обжатием меньше.

Критический угол в этом случае определяют по формуле

$$\gamma = \frac{\alpha \pm \theta}{2} \left(1 - \frac{\alpha \mp \theta}{n\mu} \right), \quad (14)$$

где верхние знаки для случая нарастающего обжатия, нижние — для убывающего обжатия; θ — угол наклона поверхности валька;

$$\theta = \arcsin \frac{\Delta R}{R\alpha},$$

где R — радиус валька в осевой плоскости; ΔR — изменение радиуса валька при перемещении его на длину дуги $R\alpha$ от осевой плоскости.

Опережение и отставание определяют по формулам (12) и (13).

Явление **обкатки** возникает вследствие поворота поверхностей валька относительно оси полосы за время прохода через очаг деформации (за время контакта вальков с полосой). Обкатка наблюдается даже при отсутствии опережения. Наличие опережения увеличивает искажение формы поверхностей полосы.

Даже если при проходе осевой плоскости вальков выступ на полосе выполнится хорошо, например по радиальной плоскости (рис. 48), то вследствие явления обкатки при движении полосы после прохода осевой плоскости вальков выступ полосы получит криволи-

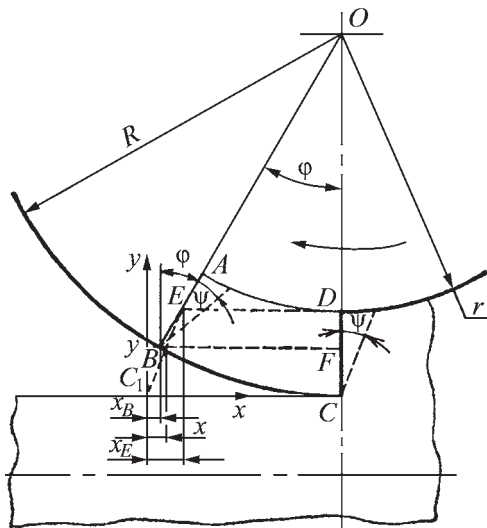


Рис. 48. Образование передней грани выступа полосы (контур обкатки)

нейную форму. Наибольшее отклонение $x_{E \max}$ будет иметь вершина выступа. При уступе на вальке, выполненном по радиальной плоскости (см. рис. 48), при отсутствии опережения величину $x_{E \max}$ можно определить из формулы

$$\frac{x_{E \max}}{R} = \arccos \sqrt{\frac{r}{R}} - \sqrt{\frac{r}{R} - \left(\frac{r}{R}\right)^2}.$$

Контур обкатки передней грани выступа полосы, прокатываемой без опережения, определяют по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \frac{x}{R} &= \varphi_k - \sin \varphi_k + \cos \varphi_k \operatorname{tg}(\varphi_k + \psi) - \\ &\quad - \operatorname{tg}(\varphi_k + \psi) + \frac{y}{R} \operatorname{tg}(\varphi_k + \psi); \\ \frac{y}{R} &= 1 - \cos^2(\varphi_k - \psi) + \\ &\quad + \cos(\varphi_k + \psi) \cos \psi - \cos \varphi_k, \end{aligned}$$

где ψ — угол наклона плоскости уступа валька к его радиусу. При заданном относительном уровне y/R определяют значе-

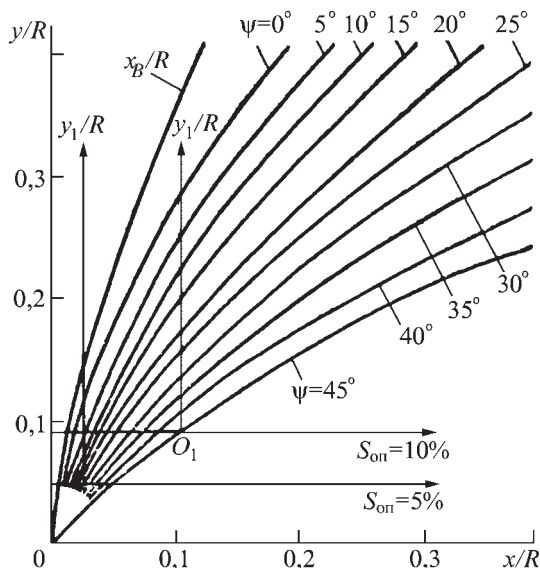


Рис. 49. Графики контуров обкатки (x_B/R — траектория движения т. В относительно полосы)

ние φ_k , после чего из предыдущей формулы находят отклонение x на уровне y .

Графики контуров обкатки при разных углах ψ в относительных величинах x/R и y/R приведены на рис. 49.

При $\psi = 0$ (грань уступа валка расположена по радиусу) получаем следующую формулу:

$$\frac{x}{R} = \arccos \sqrt{1 - \frac{y}{R}} - \sqrt{\frac{y}{R} - \left(\frac{y}{R}\right)^2}.$$

За начало координат берется точка у корня передней грани выступа полосы (см. рис. 48, точка C_1).

При наличии опережения за радиус R принимают условный радиус $R_{\text{расч}}$, при котором окружная скорость валка равна скорости выходящего из валков конца полосы:

$$R = R_{\text{расч}} = \frac{v_{\text{п}}}{v_{\text{в}}} R_{\text{кат}} = (S_{\text{оп}} + 1) R_{\text{кат}},$$

где $v_{\text{п}}$ — скорость выходящего из валков конца полосы; $R_{\text{кат}}$ — катающий радиус.

Профиль грани выступа в этом случае строят от точки на уровне:

$$\frac{y}{R} = \frac{R_{\text{расч}} - R_{\text{кат}}}{R_{\text{расч}}} = \frac{S_{\text{оп}}}{1 + S_{\text{оп}}}.$$

На рис. 49 проведены линии уровней начальных точек y/R , соответствующие опережениям $S_{\text{оп}} = 5$ и 10% . Эти линии будут являться осями абсцисс (осями x). Оси ординат (оси y) и точки начала координат при наличии опережения для каждого угла ψ будут своими (y_1/R и O_1 см. рис. 49).

Передняя грань выступа полосы сохранит форму, полученную в осевой плоскости валков, если катающим будет радиус r (см. рис. 48), когда после прохождения осевой плоскости валков все точки выступа валка убегают от полосы, так как их скорость больше скорости полосы. Аналогично будет сохраняться форма выступа полосы (будет отсутствовать явление обкатки) для всех радиусов больше катающего, т. е. перемещающихся со скоростью больше скорости полосы — убегающих от полосы, от передней грани ее выступа при выходе из очага деформации.

Профиль обкатки и контур вытеснения могут образовываться и на задней грани выступа полосы, в основном тогда, когда обжатие полосы в зоне выступа отсутствует или незначительно.

Полоса любого переменного по длине сечения может быть разбита на участки трех видов: с постоянным, с нарастающим и с убывающим обжатием.

Определение профиля валка по длине окружности производят по участкам с учетом опережения. Если опережение отсутствует, то расстояния между характерными элементами по длине окружности валка будут равны таковым на полосе. Это положение принимается за исходное для расчета профиля валков. Для этого

случая находят опережение по участкам, после чего пересчитывают длины участков вала. При необходимости более точного определения размеров вала можно провести второй цикл перерасчета или провести расчет на основе экспериментального определения опережения на каждом из участков.

Зависимость размеров соответствующих участков полосы x и вала x_1 определяется следующим уравнением:

$$x = \int (1 + S_{\text{оп}}) dx_1.$$

Если опережение на исследуемом участке является постоянным или же берется его среднее значение, то уравнение принимает следующий вид:

$$x = (1 + S_{\text{оп.ср}}) x_1.$$

Закон изменения ординат на валке (радиусов вала) остается таким же, как и для полосы, т.е. $y = f(x)$, только каждая ордината будет соответствовать определенному значению x_1 . Учитывая, что

$$x_1 = R_0 \varphi, \quad (15)$$

где φ — центральный угол между искомым и начальным радиусами; R_0 — радиус вала в начальном положении, а искомый радиус

$$R = R_0 \pm y,$$

получаем следующую зависимость:

$$R = R_0 \pm f[(1 + S_{\text{оп.ср}}) R_0 \varphi]. \quad (16)$$

Здесь знак плюс для нарастающего обжатия, минус — для убывающего.

Пример. Толщина исходной полосы $h_0 = 80$ мм, расстояние между осями валков стана 550 мм, коэффициент трения $\mu = 0,3$. Требуется прокатать полосу, имеющую следующие участки:

1) постоянной толщины $h_1 = 65$ мм на длине $x = 180$ мм; 2) плавно изменяющейся толщины h_1 от 65 до 50 мм на длине 150 мм; 3) постоянной толщины $h_1 = 50$ мм на длине 100 мм; 4) плавно нарастающей толщины h_1 от 50 до 80 мм на длине 150 мм, далее идет необжимаемая полоса толщиной 80 мм.

На первом участке получаем:

— катающий диаметр

$$D = 550 - 65 = 485 \text{ мм};$$

— угол захвата

$$\begin{aligned} \alpha &= \arccos \left(1 - \frac{h_0 - h_1}{D} \right) = \\ &= \arccos \left(1 - \frac{80 - 65}{485} \right) = 0,249 \text{ рад}, \end{aligned}$$

$$\alpha = 14,29^\circ;$$

— критический угол по формуле (11)

$$\gamma = 0,0729 \text{ рад } (4,17^\circ);$$

— опережение по равенству (12)

$$S_{\text{оп}} = \frac{242,5}{65} 0,0729^2 = 0,0198 (1,98\%);$$

— длина участка на валке

$$x_1 = \frac{x}{1 + S_{\text{оп}}} = \frac{180}{1 + 0,0198} = 178,5 \text{ мм};$$

— центральный угол участка вала с постоянным радиусом $R_0 = 242,5$ мм для прокатки участка полосы толщиной 65 мм из выражения (15)

$$\varphi_1 = \frac{176,5}{242,5} = 0,7278 \text{ рад } (41,7^\circ).$$

На втором участке:

— при $R_0 = 242,5$ мм обжатие будет нарастающим с углом со стороны одного вала

$$\theta = \arcsin \frac{65 - 50}{2 \cdot 150} = 0,05 \text{ рад } (2,86^\circ);$$

— критический угол по формуле (14)

$$\gamma = \frac{0,249 + 0,05}{2} \left(1 - \frac{0,249 + 0,05}{2 \cdot 0,3} \right) =$$

$$= 0,0999 \text{ рад } (5,72^\circ);$$

— средняя толщина (высота полосы после прокатки)

$$h_{\text{л.ср}} = \frac{65 + 50}{2} = 57,5 \text{ мм};$$

— среднее на участке опережение

$$S_{\text{оп.ср}} = \frac{242,5}{57,5} 0,0999^2 = 0,042 (4,2 \ %);$$

— длина участка на валке $x_1 = 144$ мм;

— центральный угол, охватывающий на валке этот участок:

$$\varphi_2 = \frac{144}{242,5} = 0,594 \text{ рад } (34,01^\circ);$$

— радиус в любой точке участка валка при $y = x \operatorname{tg} \theta = 0,05x$, $R = 242,5 (1 + 0,052\varphi)$, причем угол φ меняется в пределах $0 \leq \varphi \leq \varphi_2$ (при $\varphi = \varphi_2$ $R = 250$ мм).

На третьем участке $R_0 = \frac{550 - 50}{2} = 250$ мм; $\alpha = 0,348$ рад ($19,95^\circ$); по формуле (11) $\gamma = 0,073$ рад ($4,19^\circ$); $S_{\text{оп}} = 0,0267$ (2,67 %); $x_1 = 97,4$ мм; центральный угол на валке с радиусом участка 250 мм $\varphi_3 = 0,3886$ рад ($22,32^\circ$).

На четвертом участке обжатие убывает, толщина нарастает: $R_0 = 250$ мм; $\theta = 0,1002$ рад ($5,74^\circ$); $\gamma = 0,0313$ рад ($1,79^\circ$); $h_{\text{л.ср}} = 65$ мм; $S_{\text{оп.ср}} = 0,0049$ (0,5 %); $x_1 = 149,3$ мм; $\varphi_4 = 0,597$ рад ($34,21^\circ$). При $y = x \operatorname{tg} \theta = 0,1005x$ радиус валка плавно уменьшается: по формуле (16) $R = 250 (1 - 0,101\varphi)$, где $0 \leq \varphi \leq \varphi_4$ (при $\varphi = \varphi_4$ $R = 235$ мм).

Далее идет участок с катающим диаметром $550 - 80 = 470$ мм.

В данном случае перерасчеты опережений на участках с переменными радиусами существенных изменений не дают.

6. ПОПЕРЕЧНАЯ, ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВАЯ, ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВАЯ ПРОКАТКА

При *поперечной прокатке* инструмент придает заготовке вращательное движение (рис. 50), в связи с этим попе-

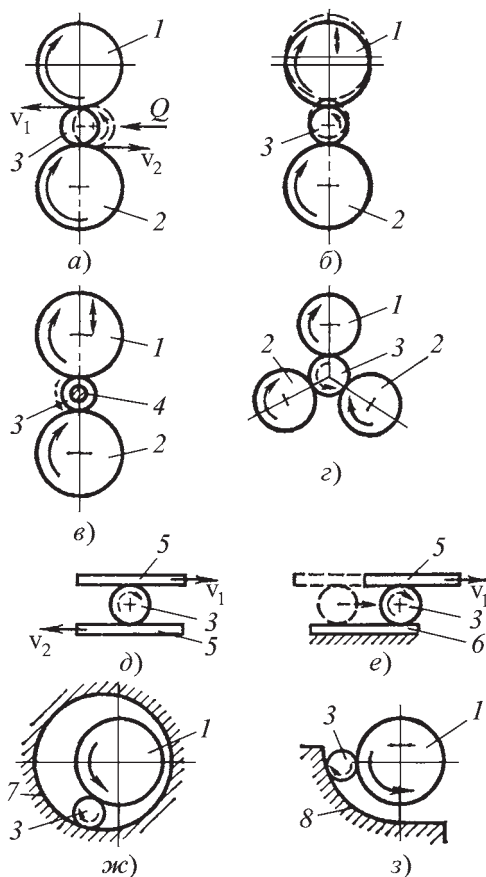


Рис. 50. Схемы поперечной прокатки:

1, 2 — валки; 3 — заготовка; 4 — оправка; 5 — подвижная плита; 6 — неподвижная плита; 7 — барабан; 8 — сегмент

речная прокатка и ее разновидности — поперечно-винтовая и поперечно-клиновная — служат лишь для обработки тел вращения, обрабатываемый металл, в основном, в поперечном направлении.

Производительность процесса по сравнению с обработкой на токарных автоматах увеличивается в десять и более раз, расход металла уменьшается на 30...60 %. При этом повышается качество продукции, в частности, повышается прочность и износостойкость изделий. Рассматриваемые процессы прокатки легче поддаются механизации и автоматизации, чем заменяемые ими.

Поперечная прокатка может осуществляться в двух- или трехвалковом прокатном стане (см. рис. 50, *а–г*), валки которого вращаются в одну сторону (например, по часовой стрелке), придавая находящейся между ними заготовке вращение в обратную сторону.

Для обеспечения непрерывности процесса при прохождении заготовки через зону деформации окружные скорости валков двухвалкового прокатного стана делают разными ($v_1 > v_2$, см. рис. 50, *а*) за счет разных рабочих (катающих) диаметров валков $D_1 > D_2$ ($n_1 = n_2$); при равных диаметрах валков $D_1 = D_2$ за счет разной угловой скорости валков (разных частот вращения валков $n_1 > n_2$). Для продвижения заготовки через очаг деформации можно применять и специальные задающе-проталкивающие устройства, в том числе в установках с одинаковой окружной скоростью валков $v_1 = v_2$ (например, направляющие линейки и задающие ролики), которые задают и проводят заготовку через очаг деформации при ее вращении за счет сил трения между валками и заготовкой. В этом случае необходимо прикладывать задающее усилие Q .

Обжатие заготовки по мере ее вращения между валками можно производить сближением валков в процессе по-

перечной прокатки (см. рис. 50, *б–г*). Такой прием используют при прокатке шестерен. В этом случае дополнительно применяют принудительное синхронное вращение заготовки с целью получения точных зубьев шестерен. Сближение валков для обжатия заготовки применяют иногда и на трехвалковых станах (см. рис. 50, *г*) и на аналогично им работающих трехроликовых станах, в которых сближение и развод роликов осуществляется, например, от гидравлических приводов, работающих по копиру в зависимости от величины осевой силы протаскивания заготовки.

Поперечную прокатку полых изделий выполняют на оправке (см. рис. 50, *в*), причем оправка может быть сплошной или разборной (для изделий сложной формы).

Поперечную прокатку можно производить в поступательно движущемся инструменте (см. рис. 50, *д* и *е*) как без перемещения оси заготовки при прокатке т.е. $v_1 = v_2$ (см. рис. 50, *д*), так и с ее перемещением (см. рис. 50, *е*). Таким образом, в частности, производят и накатку, в том числе резьбы на резьбонакатных станках. Для уменьшения потерь времени на замену инструмента и переход на прокатку другого изделия применяются устройства с многопозиционным креплением инструмента.

Поперечную прокатку осуществляют также в барабанных станах (см. рис. 50, *ж*), в валково-сегментных станах (см. рис. 50, *з*) и на другом оборудовании (стан торцевой прокатки, стан шнекового типа, стан с эксцентричными валками, четырехвалковый стан и др.).

Поперечно-винтовая (косая) прокатка является разновидностью поперечной прокатки, когда валки двух- или трехвалкового стана располагают под углом друг к другу и к оси заготовки, которая в результате получает не только вращательное движение, но и дви-

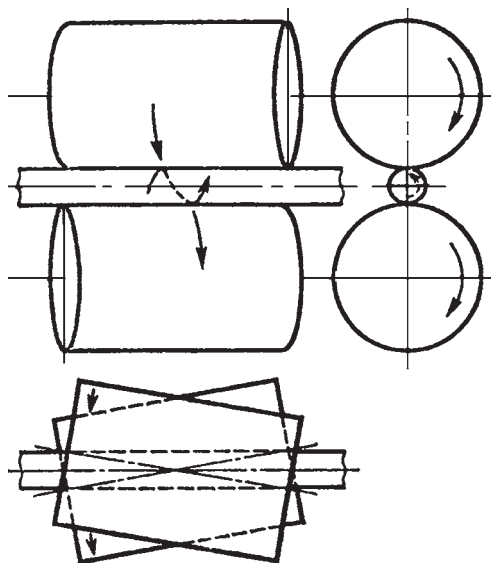


Рис. 51. Схема поперечно-винтовой (косой) прокатки

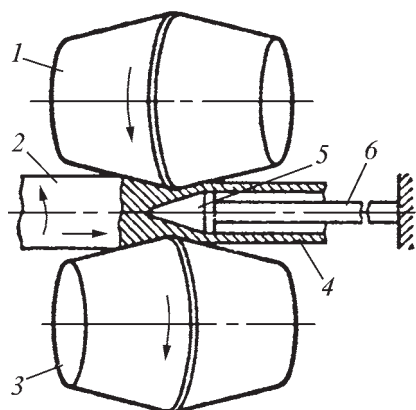


Рис. 52. Схема косой (винтовой) прокатки труб (вид сверху):

1 — левый валок; 2 — заготовка; 3 — правый валок; 4 — гильза; 5 — оправка; 6 — штанга (стержень)

жение вдоль оси заготовки (рис. 51), что способствует непрерывности процесса. В соответствии с винтовым движением заготовки валкам придается необходимая форма поверхности.

Поперечно-винтовую прокатку применяют при производстве труб и труб-

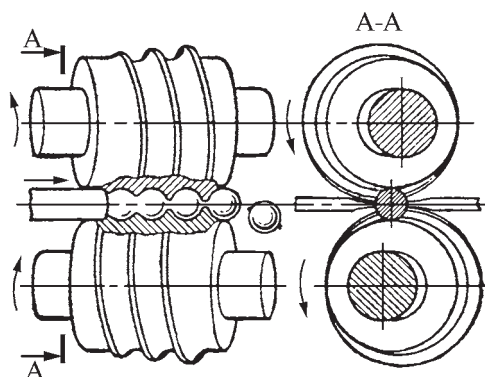


Рис. 53. Поперечно-винтовая прокатка в спиральных калибрах

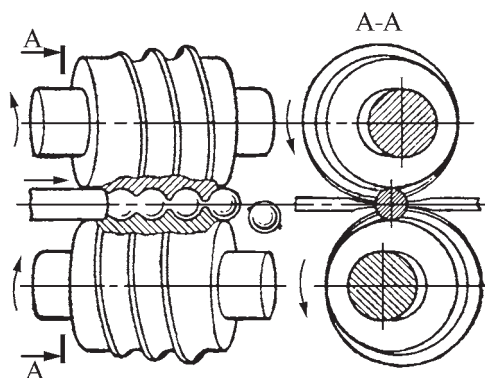


Рис. 54. Схема поперечно-винтовой прокатки периодического профиля на трехвалковом стане:

1 — рабочие валки (дисковые); 2 — заготовка; 3 — копир; 4 — следящее устройство гидросистемы; 5 — гидравлический цилиндр тянущего типа; 6 — свободно вращающийся зажим

ных заготовок на двух- и трехвалковых станах (рис. 52), втулок различных видов (в том числе втулок заднего колеса велосипеда), оребренных трубчатых изделий, например, для теплообменников, шаров для шаровых мельниц (рис. 53), ходовых винтов, а также для подготовки заготовок для штамповки (рис. 54 и 55).

Поперечно-клиновую прокатку выполняют в инструменте, имеющем боковые наклонные грани, расположен-

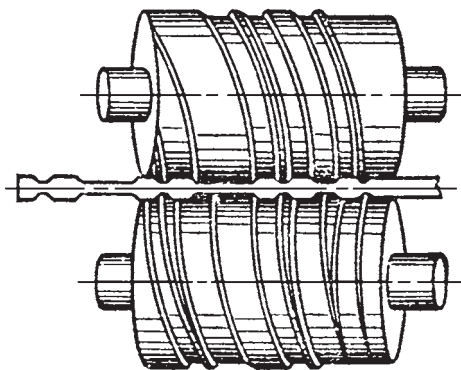


Рис. 55. Схема прокатки заготовки для штамповки шатуна

ные под углом к плоскости вращения. В процессе прокатки эти грани заставляют перемещаться избытки металла, возникающие при внедрении инструмента в заготовку, вдоль оси заготовки (например, к торцам, удлиняя тем самым заготовку), т.е. способствуют перераспределению металла вдоль оси заготовки. Оставшаяся часть металла на данном участке заготовки прокатывается между инструментами, приобретая их негативный профиль в продольном сечении тела вращения (рис. 56). Учитывая, что при движении инструмента обжатие заготовки по мере ее вращения происходит постепенно, причем точки поверхности заготовки неоднократно попадают в зону контакта с инструментом, и в зонах прямого обжатия форма инструмента имеет вид клина — валки переменного радиуса, плоский инструмент разной толщины или ширины (или того и другого).

Поперечно-клиновой прокаткой получают как готовые изделия, так и заготовки под штамповку.

Основные схемы поперечно-клиновой прокатки показаны на рис. 57. Каждой из схем соответствуют свои конструкции станков.

В двухвалковых станах (см. рис. 57, а) заготовка удерживается в рабочей зоне направляющими проводками или цен-

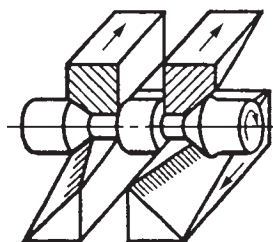


Рис. 56. Схема поперечно-клиновой прокатки

трами, что часто приводит к искажению формы и перерасходу металла — возникает необходимость отрезки торцовых участков. Для загрузки и выгрузки валки, как правило, необходимо останавливать либо размещать инструмент не по всей окружности, что снижает производительность процесса. Преимуществом валковых станков является возможность прокатки изделий из прутка, что наиболее эффективно при изготовлении коротких изделий, так как облегчает механизацию и автоматизацию процесса и снижает отходы, весьма значительные при изготовлении коротких изделий из штучных заготовок. Валковые станы успешно применяют и при прокатке несимметричных деталей, так как при этом отпадает необходимость в выравнивании условий прокатки на различных частях заготовки.

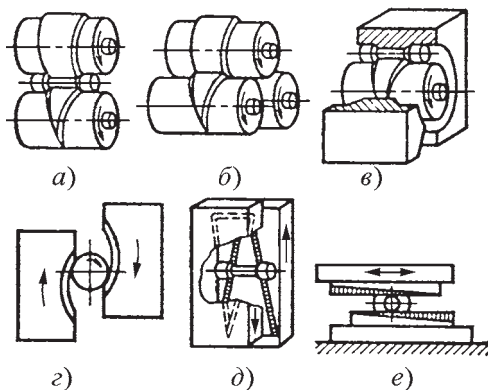


Рис. 57. Основные схемы поперечно-клиновой прокатки

Трехвалковые станы (см. рис. 57, б) по сравнению с двухвалковыми создают качественно отличное напряженное состояние в очаге деформации, что значительно снижает вероятность разрушения металла в осевой зоне заготовки. При прокатке тремя приводными валками к заготовке может передаваться в 1,5 раза больший крутящий момент, чем при прокатке двумя валками (три контактные площадки вместо двух), что позволяет в значительной мере интенсифицировать процесс. Недостатком данной схемы является ограниченность минимального диаметра изделия:

$$d_{\min} > \left(\frac{2}{\sqrt{3}} - 1 \right) D_{\text{в}} = 0,1547005 D_{\text{в}};$$

приблизенно $d_{\min} > 0,155 D_{\text{в}}$.

При соответствии минимального диаметра изделия указанному значению валки будут упираться друг в друга. Чтобы этого не происходило, необходимо ограничить диаметры валков:

$$D_{\text{в}} < 6,4641032 d_{\min}; \quad (17)$$

приблизенно $D_{\text{в}} < 6,46 d_{\min}$.

Валковые станы ввиду сложности изготовления валков для поперечно-клиновой прокатки и, как следствие, недостаточной точности обработки применяют в основном при прокатке коротких изделий с относительно невысокими требованиями к их точности, в том числе для прокатки заготовок под штамповку.

Валково-сегментные станы (рис. 57, в) отличаются простотой и обеспечивают высокую производительность процесса благодаря тому, что загрузка и удаление заготовок производятся без остановки вращения валка. Их недостатком является сложность изготовления и отладки сегментов инструмента. Станы работают

только со штучной заготовкой при относительно невысоких требованиях по точности изделий.

Двухсегментные станы (рис. 57, г) имеют ограниченную длину инструмента и характеризуются незначительной производительностью. Их применяют для накатки шлицев и шестерен, для поперечно-клиновой прокатки валов.

Станы с двумя подвижными плитами (рис. 57, д) отличаются сравнительной простотой изготовления и ремонта инструмента, что позволяет обеспечить высокую точность его изготовления, а следовательно, и высокую точность изделий и простоту отладки новых технологических процессов. Однако производительность таких станов невысока, что связано с двумя остановками плит — для загрузки и удаления заготовок.

Станы с подвижной и неподвижной плитами (рис. 57, е) имеют те же преимущества, что и станы с двумя подвижными плитами. Кроме того, они не требуют остановок для загрузки и удаления заготовок. В результате перестановки неподвижной плиты создаются лучшие условия для регулирования точности получаемых изделий.

Недостатком станов с плоскими плитами является невозможность прокатки от прутка, что ведет к нерентабельности изготовления на них коротких заготовок длиной менее 1,0...1,5 диаметра. Их применяют при изготовлении деталей сложной конфигурации небольшими партиями при большой номенклатуре, когда требуются частые переналадки, причем обеспечивается достаточная точность изделий.

Деформация и силы при поперечной прокатке. Схемы обжатия металла при поперечной прокатке показаны на рис. 58. Обозначения на рисунке: D и R — соответственно диаметр и радиус валков; d — диаметр изделия, равный

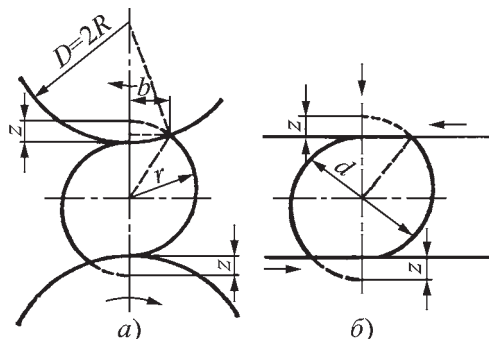


Рис. 58. Схемы обжатия металла при поперечной прокатке:

a — между валками; b — между плитами

расстоянию между валками в осевой плоскости или расстоянию между плоскими плитами; z — уменьшение радиуса заготовки за половину ее оборота; r — условный радиус заготовки; $r = d / 2 + z$; b — ширина поверхности соприкосновения заготовки с инструментом (в проекции на плоскость, перпендикулярную к осевой плоскости валков, или на плоскость, параллельную направлению движения плиты).

При прокатке в валках

$$b = \sqrt{\frac{zd + 2z^2}{(1 + d/D + 2z/D)\psi}}; \quad (18)$$

при прокатке между плитами

$$b = \sqrt{(zd + 2z^2) \frac{1}{\psi}},$$

где ψ — поправочный коэффициент, учитывающий увеличение ширины поверхности контакта вследствие того, что в процессе поперечной прокатки заготовка приобретает овальность, вызванную тангенциальной раскаткой периферийных слоев; $\psi < 1$.

При предварительных расчетах принимается $\psi = 1$.

Второй формулой можно пользоваться как приближенной и в случае

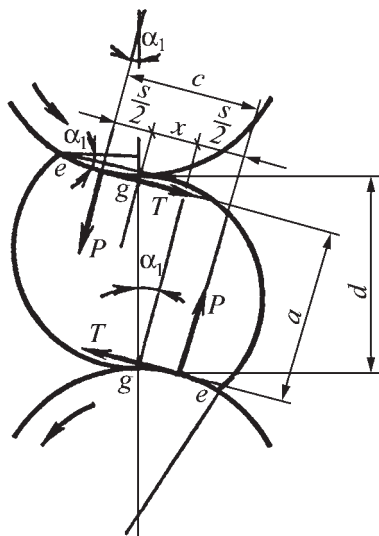


Рис. 59. Схема сил, действующих при поперечной прокатке в двухвалковом стане

прокатки в валках, если диаметр заготовки мал по сравнению с диаметром валков.

При поперечной прокатке со стороны каждого из валков (или плит) к заготовке приложены силы, которые в любой точке контактной поверхности направлены по нормали к ней. Равнодействующую этих сил P обычно считают приложенной в середине дуги eg , соответствующей поверхности соприкосновения заготовки с валками (рис. 59). Нормальные силы вызывают появление на поверхности контакта (соприкосновения) заготовки с вращающимися валками сил трения, равнодействующая которых обозначена через T . Силы трения приложены в тех же точках, что и нормальные силы, и направлены по касательным к поверхностям контакта.

Силы трения, приложенные к заготовке со стороны валков, создают вращающий момент

$$M_1 = Ta,$$

который вызывает вращение заготовки. Этому вращению препятствует вра-

щающий момент, создаваемый нормальными силами P , равный

$$M_2 = Pz.$$

Для осуществления установившегося процесса поперечной прокатки необходимо соблюдение следующего соотношения:

$$M_1 \geq M_2.$$

Учитывая, что

$$T = P\mu,$$

получим

$$a \geq c/\mu,$$

где μ — коэффициент трения валков с поверхностью прокатываемой заготовки.

Обозначим длину хорды eg через s . Из геометрических соотношений (см. рис. 59), используя предыдущую зависимость, получаем, что установившийся процесс поперечной прокатки возможен лишь при соблюдении следующего условия:

$$\frac{s}{d} \leq \frac{\mu}{1+d/D} \quad \text{или} \quad \frac{s}{d} \leq \frac{\mu\psi}{1+d/D} \quad (19)$$

Ширина поверхности соприкосновения заготовки и валков

$$b = s \cos \alpha_1 \quad (20)$$

Учитывая малость угла α_1 , можно считать, что $b \approx s$, тогда из соотношений (19) можно рассчитать предельную ширину поверхности соприкосновения заготовки и валков.

Предельное относительное обжатие определяется условием

$$\frac{z}{d} = \frac{\mu^2 \psi}{1+d/D} \quad (21)$$

Эта формула справедлива и для случаев прокатки в станах с тремя, четырьмя и большим числом валков, причем величина z/d будет представлять относительное единичное обжатие за $1/m_1$ долю оборота, где m_1 — число валков стана.

Для осуществления нормального процесса поперечной прокатки необходимо, чтобы отношение z/d всегда было меньше предельного.

Как видно из выражения (21), относительное обжатие одним валком в значительной мере определяется коэффициентом трения и в меньшей степени зависит от соотношения диаметров изделия и валков. При прокатке на плоских плитах $d/D = 0$.

Определение силы прокатки, действующей на валок при поперечной прокатке, сводится, как и при обычной прокатке, к решению двух задач: определению площадки контакта металла с валком (инструментом) и определению среднего давления.

Сила прокатки

$$P = Fp_{cp},$$

где F — площадь контакта; p_{cp} — среднее давление.

Площадь контакта (поверхность соприкосновения) металла с инструментом определяется для каждого конкретного случая поперечной прокатки и обычно берется в проекции на плоскость, перпендикулярную к плоскости действия силы прокатки. Ширина поверхности соприкосновения определяется из формул (17)–(20). Длина поверхности соприкосновения зависит от размеров и формы изделия и заготовки, а также формы инструмента, применяемого для поперечной прокатки.

Среднее давление определяется пределом текучести металла при данных условиях деформирования, зави-

сит также от формы очага деформации и условий трения на контактной поверхности.

Предел текучести при данных условиях деформирования может быть определен из уравнения

$$\sigma_T = \sigma_{T_0} K_T K_\varepsilon K_v, \quad (22)$$

где σ_{T_0} — базисное значение предела текучести; K_T , K_ε , K_v — соответственно температурный, деформационный и скоростной коэффициенты.

Параметры, входящие в правую часть равенства (22), определяют по графикам или таблицам (см. т. 1, с. 179).

Среднее давление

$$p_{cp} = K_\sigma \sigma_T,$$

где K_σ — коэффициент, учитывающий влияние вида напряженного состояния, определяется теоретически на основе рассмотрения эпюр распределения давлений по поверхности контакта или экспериментально. При прокатке в винтовых калибрах на двухвалковых станах $1,5 < K_\sigma < 7,5$, при прокатке на трехвалковых станах $6 < K_\sigma < 17$, при поперечно-клиновой прокатке $2,5 < K_\sigma < 5,5$.

При поперечно-клиновой прокатке сила прокатки

$$P = \frac{(md_0)^2}{2} \sqrt{\frac{\pi r_k \beta \operatorname{tg} \alpha}{(m\delta)^3}} \times \\ \times \left[m\delta \mu_1 + \left(\beta \sin \alpha + \mu_2 \frac{4r_T \delta - \delta - 1}{\delta - 1} \right) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{m\delta - 1}{\sin \alpha} - \frac{\pi r_k \beta}{\cos \alpha} \right) \right] p_{cp},$$

где d_0 — диаметр исходной заготовки; m — коэффициент увеличения диаметра вследствие напłyва, $m = 1 / \psi$; r_k — относительный радиус качения, $r_k = R_k / d_0$ (R_k — радиус качения); β — угол заострения; α — угол наклона бо-

ковой грани; δ — степень обжатия, $\delta = d_0 / d$ (d — диаметр заготовки после прокатки в рассматриваемом сечении); μ_1 и μ_2 — коэффициенты трения соответственно на калибрующей и наклонной частях клина, например, при прокатке заготовок из стали 45, нагретых до температуры 1200° ; экспериментально установлено, что на шлифованной калибрующей грани $\mu_1 = 0,4$, а на наклонной грани, на которой нанесена насечка $\mu_2 = 0,7$; r_T — относительный радиус трения, $r_T = R_T / d_0$ (R_T — радиус трения — расстояние от оси заготовки до зоны прилипания).

Дефекты поперечной прокатки могут быть аналогичны дефектам обычной прокатки и штамповки: трещины, плены, закаты (зажимы), наддавы и т.п., однако при поперечной прокатке встречаются дефекты и виды брака, свойственные только данному процессу. Это осевая рыхлость, вскрытие осевой или кольцевой полости (рис. 60), образование трехгранных тел вращения с тремя цен-

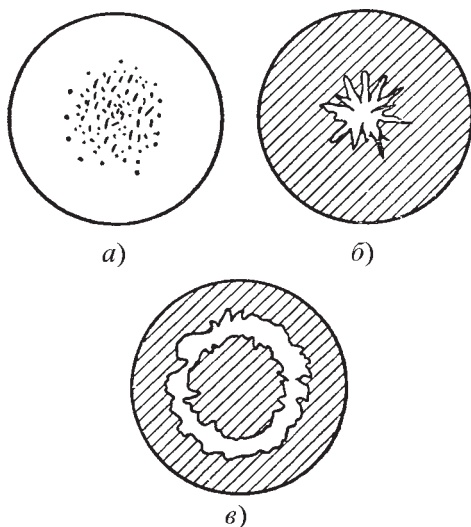


Рис. 60. Виды брака, присущие только поперечной прокатке:

а — осевая рыхлость; б — вскрытие осевой полости; в — вскрытие кольцевой полости

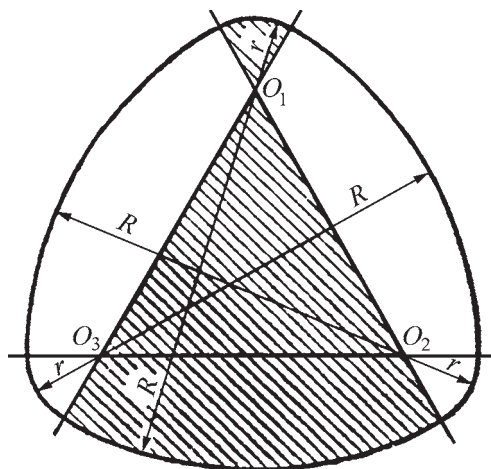


Рис. 61. Трехгранное тело вращения постоянно-го диаметра $D = R + r$

трами вращения, имеющих постоянный диаметр (рис. 61). Осевая рыхлость и вскрытие полостей возникают вследствие появления в зоне деформации растягивающих напряжений, что особенно сильно проявляется при обработке двумя инструментами, например прокатке на двухвалковом стане. Осевая полость имеет обычно рваный, трещиноватый характер поверхности, кольцевая полость может иметь поверхности как с трещинами, так и сглаженные. При прокатке на трех- или четырехвалковом стане разрыхление осевой зоны и вскрытие полостей наблюдается значительно реже и в меньших размерах.

Причиной образования формы тела, напоминающей правильную треугольную призму, считается то, что после вскрытия полости ее объем быстро увеличивается, вызывая увеличение внешнего диаметра тела, но так как зазор между валками при прокатке уменьшается, обрабатываемое тело сминается валками. Необходимо отметить, что при диаметре изделия (см. рис. 61)

$$d = R + r,$$

периметр трехгранного тела равен периметру круга диаметром d , а именно

$$3 \frac{2\pi R}{6} + 3 \frac{2\pi r}{6} = \pi d,$$

площадь же поперечного сечения трехгранного тела будет меньше площади круга диаметром d на величину

$$\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\pi}{4} \right) (R-r)^2 = 0,0806273(R-r)^2.$$

Вероятно, трехгранная форма тела образуется при больших обжатиях, когда наблюдаются периодические проскальзывания прокатываемой заготовки, то по одному, то по другому валку.

Возможность вскрытия полостей уменьшается при прокатке узкой зоны в середине длины заготовки (даже при больших обжатиях) вследствие уменьшения растягивающих напряжений — результат сдерживающего действия соседних необжимаемых зон. Такой режим свойственен поперечно-клиновой прокатке, при которой обжатие производится не сразу по всей длине, а на узких участках, постепенно перемещающихся по длине заготовки, что снижает вероятность указанных видов брака при поперечно-клиновой прокатке.

7. РАСКАТКА КОЛЬЦЕВЫХ ЗАГОТОВОК

Раскатка кольцевых деталей (заготовок) — технологическая операция формоизменения, посредством которой производится одновременное увеличение наружного диаметра и диаметра отверстия кольцевого полуфабриката (поковки) за счет уменьшения толщины его стенки, при этом может быть также изменена форма поперечного сечения кольца.

Раскатку осуществляют в процессе деформирования валками на специа-

лизированных кольцераскатных машинах и применяют при изготовлении кольцевых деталей диаметром от 50...70 до 7000 мм, шириной соответственно от 5...7 до 1200 мм и массой от нескольких десятков грамм до 12,5 т.

В зависимости от поставленных задач, габаритов изготавливаемых деталей, марки материала и других условий раскатку выполняют в горячем, полугорячем или холодном состояниях.

Способы раскатки. По схемам формоизменения раскатку кольцевых заготовок условно разделяют на открытую, полуоткрытую, закрытую и полузакрытую. Наиболее распространенной является открытая раскатка (рис. 62, а). Исходная заготовка (полуфабрикат) 1

помещается между двумя валками 2 и 3, один из которых (обычно наружный) является приводным, а второй вращается за счет сил трения от контакта с заготовкой. Один из валков (нажимной) имеет возвратно-поступательное перемещение, при своем рабочем ходе воздействуя на заготовку с силой, необходимой для ее деформирования. Увеличиваясь в диаметре, заготовка в течение всего процесса деформирования соприкасается с двумя свободно вращающимися направляющими валками 4 и 5, которые прижимаются к ней с определенной силой, предотвращая смещение центра заготовки от оси центров раскатных валков 2 и 3, устраняя вибрации и обеспечивая правильную геометрическую форму кольца.

При раскатке с небольшими степенями суммарной деформации два подвижных опорных валка 4 и 5 могут быть заменены одним неподвижным (правым), выполняющим те же функции. В процессе раскатки с заготовкой контактирует контрольный ролик 6, который при достижении заданного наружного диаметра подает сигнал на отвод нажимного валка 3 в исходное положение, после чего заготовка может быть удалена с валка 2.

Полуоткрытая раскатка (рис. 62, б) отличается от открытой тем, что с помощью пары приводных или холостых торцовых конических валков 7 и 8 производится обжатие заготовки в осевом направлении и проработка ее торцов. В процессе раскатки при постепенном сближении торцовых валков достигается заданная деформация по ширине заготовки. В некоторых случаях расстояние между осями пары конических валков в процессе раскатки не изменяется и они лишь препятствуют естественному уширению, обеспечивая проработку торцов заготовки и устраняя утяжины, обусловленные неравномер-

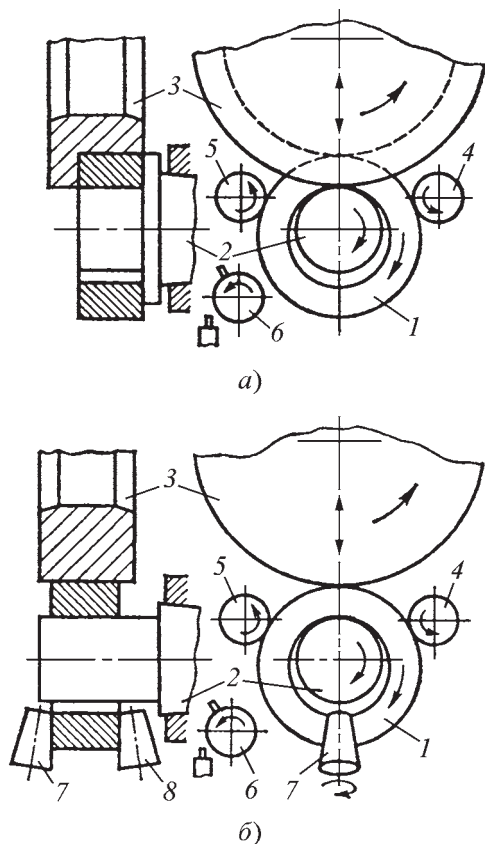


Рис. 62. Схемы раскатки:
а — открытой; б — полуоткрытой

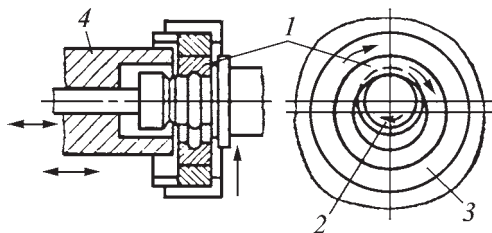


Рис. 63. Схема закрытого способа раскатки

ностью уширения в продольном сечении заготовки.

Применение принудительно сближающихся в процессе раскатки торцовых валков позволяет более интенсивно перераспределить металл и получать более сложные формы поперечных сечений у кольцевых заготовок.

Закрытая раскатка (рис. 63) в отличие от предыдущих способов осуществляет формоизменение заготовки прокаткой между внутренним валком 2 и

наружным полым валком 3. Радиальное обжатие заготовки достигается принудительным сближением осей внутреннего и полого валков. Процесс формоизменения продолжается до тех пор, пока наружный диаметр заготовки 1 не примет размера диаметра отверстия полого валка, а толщина ее стенки не достигнет заданной. После этого исходное положение осей валков восстанавливается, а заготовка удаляется из полого валка выталкивателем 4.

Полузакрытая раскатка (рис. 64) представляет собой комбинацию схем открытой и закрытой раскатки. При сближении осей внутреннего валка 1, полого валка 2, ширина которого меньше ширины раскатываемой заготовки, и двух холостых боковых валков 4, оформляющих участки заготовки, примыкающие к ее торцам,

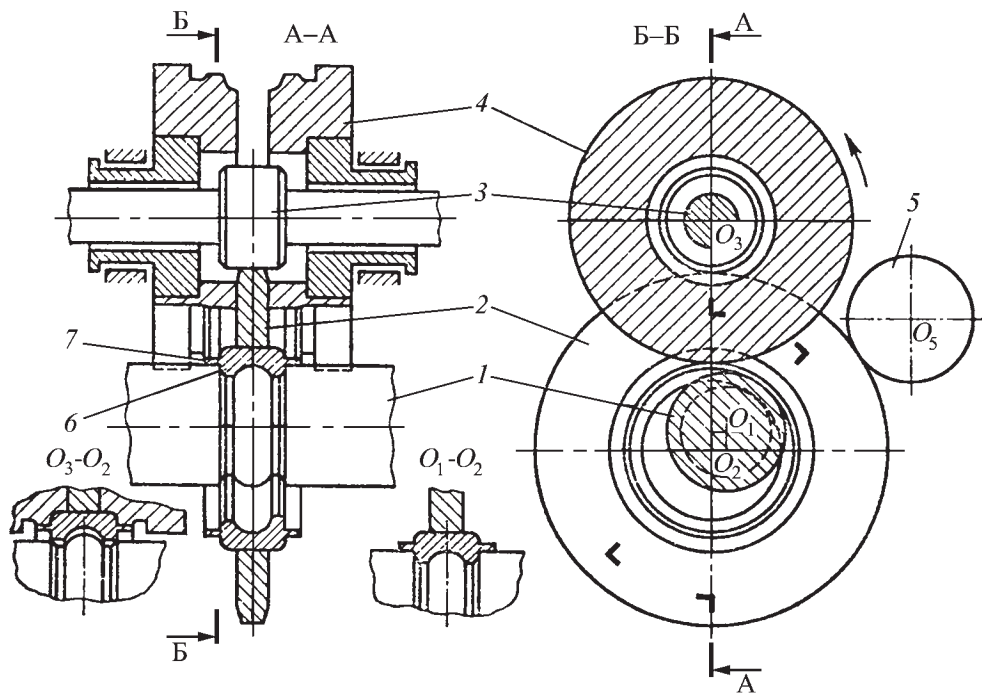


Рис. 64. Схема полузакрытого способа раскатки:

1 — внутренний валок; 2 — наружный полый валок; 3 — нажимной валок; 4 — боковые валки; 5 — опорный валок; 6 — раскатываемый полуфабрикат; 7 — торцевые заусенцы у раскатанной заготовки

производится радиальное обжатие стенки заготовки, продолжающееся до тех пор, пока ее наружный диаметр не окажется равным диаметру отверстия полого валка, а толщина стенки не достигнет заданной. При этом боковые валки 4, полый валок 2 и внутренний валок 1 могут быть расположены так, что ось O_3 боковых валков находится вне плоскости, проходящей через ось полого валка O_2 и ось внутреннего валка O_1 . Этим обеспечивается возможность удаления избыточного объема заготовки, образующего торцевые заусенцы в процессе раскатки кольца. При восстановлении исходного положения осей валков раскатанная заготовка удаляется из полого валка выталкивателем и снимается с внутреннего валка.

Технологические возможности раскатки. Технологические возможности раскатки определяются техническими возможностями и экономической целесообразностью реализации одной из указанных выше схем формоизмене-

ния. С точки зрения максимального приближения размеров и формы сечения раскатанных заготовок колец к готовым деталям предпочтительными являются схемы закрытой и полузакрытой раскатки. Однако их использование ограничено габаритами и массой деталей — до 150 мм по наружному диаметру при массе до 1,0 кг. Обусловлено это конструктивной сложностью кольцераскатных машин и технологической оснастки, высокими требованиями к исходным кольцевым полуфабрикатам и повышенными энергетическими и силовыми затратами на процесс формоизменения. Открытая и полуоткрытая схемы, обладая большей универсальностью и конструктивной простотой, имеют более широкое распространение и их применение продолжает расширяться во многих отраслях машиностроения и металлообработки.

Современные кольцераскатные машины для полуоткрытой раскатки способны обеспечить получение кольцевых заготовок с формами сечений, подобными представленным на рис. 65.



Рис. 65. Формы сечений кольцевых заготовок, полученных на кольцераскатных машинах полуоткрытой раскатки:

1–11 — формы сечений с горизонтальной осью симметрии; 12–19 — сечения, не имеющие горизонтальной оси симметрии

Возможности формирования сложных профилей при раскатке по открытой и полукоткрытой схемам определяются следующими факторами:

— степенью приближения формы сечения исходного кольцевого полуфабриката к профилю сечения раскатанной заготовки;

— величиной деформаций при раскатке, характеризуемой значением коэффициента суммарного обжатия $K = F_{\text{пф}} / F_3$, где $F_{\text{пф}}$, F_3 — соответственно площадь сечения исходного полуфабриката и раскатанной заготовки, мм².

Подобие формы сечения полуфабриката сечению раскатанной заготовки достигается при равенстве кольцевых площадей у полуфабриката $f_{\text{пф}}$ и раскатанной заготовки f_3 в любом соответствующем сечении, перпендикулярном оси. Соблюдение этого условия гарантирует получение качественно оформленного кольца после раскатки при малых коэффициентах суммарного обжатия ($K = 1,15 \dots 1,3$). Для колец, форма сечения которых имеет горизонтальную ось симметрии, например формы I–II (см. рис. 65), выполнение

условия $f_{\text{пф}} = f_3$ для любого сечения необязательно. Заданный профиль может быть получен при использовании полуфабриката с простейшей прямоугольной формой сечения и коэффициенте суммарного обжатия $1,5 \leq K \leq 2,2$.

Для колец, форма сечения которых не имеет осевой симметрии, например формы 12, 16, 17 (см. рис. 65), оформление профиля при $1,5 \leq K \leq 2,2$ обеспечивается при соблюдении равенства только торцовых поверхностей у полуфабрикатов и раскатанных заготовок, а при использовании полуфабрикатов прямоугольного сечения требуются коэффициенты суммарного обжатия $K > 2,5$.

Выбор метода изготовления кольцевого полуфабриката. Ориентировочно выбор метода изготовления кольцевых полуфабрикатов можно производить по табл. 14. Не исключено использование и других способов, например, центробежной отливки, гибки со сваркой и некоторых других, которые могут быть применены в зависимости от материала, габаритов, назначения кольцевой заготовки и серийности производства.

14. Методы изготовления кольцевых полуфабрикатов для раскатки кольцевых заготовок

Габаритные размеры раскатанной заготовки, мм		Масса раскатанной заготовки, кг	Серийность производства	Метод изготовления полуфабриката для раскатки
наружный диаметр	ширина			
Открытая раскатка				
70...140	10...40	0,2...3,0	Крупносерийное	Закрытая штамповка на горячештамповочных автоматах; штамповка на ГKM высадкой в пуансоне от переднего упора
Открытая или полуоткрытая раскатка				
120...250	20...60	2,0...6,0	Крупносерийное, серийное	Закрытая штамповка на специализированных трехпозиционных прессах; штамповка на ГKM высадкой в пуансоне от переднего упора
			Мелкосерийное	Штамповка на ГKM высадкой в пуансоне от переднего упора; штамповка на КГШП

Окончание табл. 14

Габаритные размеры раскатанной заготовки, мм		Масса раскатанной заготовки, кг	Серийность производства	Метод изготовления полуфабриката для раскатки
наружный диаметр	ширина			
150...350	30...100	3,0...12,0	Крупносерийное, серийное	Закрытая штамповка на специализированных трехпозиционных прессах; штамповка на ГKM высадкой в пуансоне от переднего упора
			Мелкосерийное	Штамповка на ГKM высадкой в пуансоне от переднего упора; штамповка на КГШП, ковка на молоте или гидропрессе
150...500	40...160	6,0...40,0	Крупносерийное, серийное	Штамповка на ГKM высадкой в пуансоне от переднего упора; штамповка на специализированном гидропрессе
			Мелкосерийное	Ковка на молоте или гидропрессе
200...1000	40...200	20,0...100,0	Крупносерийное, серийное	Ковка на специализированном гидропрессе
			Мелкосерийное	Ковка на специализированном гидропрессе; ковка на универсальном гидропрессе или молоте
500...7000	50...1150	80,0...12500	Крупносерийное, серийное, мелкосерийное	Ковка на специализированном гидропрессе

Чертеж раскатанной заготовки. Чертеж раскатанной кольцевой заготовки должен учитывать особенности формоизменения при выбранной схеме (способе) раскатки.

Для открытой раскатки характерно отсутствие хорошей проработки торцовых поверхностей колец, а при больших коэффициентах суммарного обжатия возможность образования утяжин в виде кольцевых канавок на торцах. Это вызывает необходимость назначения увеличенных припусков на этих поверхностях. Наружная боковая и торцовые поверхности должны сопрягаться радиусами, минимальные значения которых определяются по формуле

$$r = \frac{П + П_1}{2},$$

где $П$ и $П_1$ — припуски соответственно на наружной боковой и на торцовой поверхностях, мм.

Следует избегать формирования глубоких узких канавок и высоких узких гребней как на наружной, так и на внутренней боковых поверхностях. Особенно затруднено оформление узких гребней, расположенных на наружной боковой поверхности вблизи торцов колец. Канавки и гребни должны иметь уклоны (выпуски), ограниченные минимальным значением угла 7° .

Полуоткрытая схема обеспечивает хорошую проработку торцовых поверхностей и обладает большими возможностями формирования сложных профилей за счет обжатия кольцевых полуфабрикатов не только в радиальном, но и в осевом направлении.

Закрытая и полузакрытая схемы характеризуются тем, что объемные отклонения исходных кольцевых полуфабрикатов вызывают повышенные отклонения ширины раскатанных ко-

лец. В ряде случаев для облегчения качественного формирования профиля при небольших коэффициентах суммарного обжатия ($K = 1,3 \dots 1,5$) предусматривается применение так называемого «ящичного калибра», образуемого наружным и внутренним валками, который затрудняет течение металла в осевом направлении, его избыточный объем образует аксиальные торцовые заусенцы (см. рис. 64), форма и место расположение которых выбирается из соображений удобства их удаления при последующей обработке. Торцовые поверхности, а также канавки и гребни на боковых поверхностях должны иметь выпуски с углами не менее 7° .

При разработке чертежа раскатанной заготовки назначение диаметров и ширины кольца базируется на припусках и допусках, значения которых приведены в табл. 15–19.

Назначение припусков и допусков обусловлено не только способом рас-

катки и габаритами изготавливаемой детали, но существенно зависят от точности массы и качества исходного полуфабриката, а также от технологических возможностей используемого кольце-раскатного оборудования. В связи с этим каждая из приведенных таблиц припусков и допусков правомерна для определенного сочетания перечисленных факторов.

Машины типа КФРВТ, входящие, как правило, в состав поточно-механизированных линий модели Л-234, осуществляют раскатку, обеспечивая постоянство толщины стенки у раскатанного кольца вне зависимости от объема (массы) кольцевого полуфабриката. Поэтому при настройке машины объемные отклонения кольцевых полуфабрикатов вызывают рассеяние размеров как наружного, так и внутреннего диаметров у раскатанных колец, обуславливая необходимость их дополнительной калибровки по одному из диаметров. Операция калибровки, вы-

15. Припуски и допуски колец*, изготавливаемых горячей штамповкой на ГKM и MGA** с последующей открытой раскаткой на машинах типа MGP (размеры, мм)

Наружный диаметр	На наружный диаметр		На ширину		Внутренний диаметр	На внутренний диаметр	
	припуск	допуск	припуск	допуск		припуск	допуск
До 80	3,0	+1,0	3,0	+1,5	До 50	3,0	–1,5
81...120	3,0	+1,5	3,5	+1,5	51...80	3,0	–2,0
121...150	3,0	+1,5	3,5	+2,0	81...120	3,0	–2,5
151...180	3,5	+1,5	4,0	+2,0	121...150	3,0	–3,0
181...220	4,0	+2,0	4,5	+2,0	151...180	3,5	–3,5
221...250	4,5	+2,0	5,0	+2,5	181...220	4,0	–4,0
251...300	5,0	+2,5	5,5	+3,0	221...250	4,5	–4,5
301...350	5,5	+3,0	6,0	+3,0	251...300	5,0	–5,0
351...400	6,0	+3,5	6,5	+3,5	301...350	5,0	–5,5
401...450	6,5	+4,0	7,0	+3,5	351...400	6,0	–6,0
451...500	7,0	+4,5	7,5	+4,0	—	—	—

* Масса заготовок 0,2...30 кг.

** MGA — многопозиционные горячештамповочные автоматы.

16. Припуски и допуски колец*, изготавливаемых ковкой на молоте с последующей открытой раскаткой на машинах типа МГР (размеры, мм)

Ширина	Наружный или внутрен- ний диаметр	На наружный диаметр		На ширину		На внутренний диаметр	
		припуск	допуск	припуск	допуск	припуск	допуск
До 60	До 250	6	+3	7	+4	7	−6
	251...300	7				8	
	301...350		+4	8	+5		9
	351...400	8				9	
	401...450		9	10	11		−10
	451...500	+5				10	
	501...600		10	+6	11		−10
	601...700	+5				10	
61...120	До 250		7	+3	7		+4
	251...300	8				+5	
	301...350		+4	8	+5		9
	351...400	8				9	
	401...450		9	10	+7		11
	451...500	+5				10	
	501...600		10	11	+7		12
	601...700	+6				11	
121...240	До 300		7	+4	8		+5
	301...350	8	9			−9	
	351...400	9		+5	9		+6
	401...450	10	10			+7	
	451...500			+6	11		+7
	501...600	11	12			+8	
	601...700			12	13		+9

* Масса заготовок до 80 кг.

полняемая обжимом или раздачей в штампах, устанавливаемых на кривошипном прессе, предусмотрена технологией изготовления заготовок колец на линии Л-234, а также применяется после открытой раскатки на машинах других типов с целью повышения точности наружного или внутреннего диаметров раскатанных колец.

Значения допусков, указанные в табл. 18, относятся к заготовкам после

раскатки и калибровки из кольцевых полуфабрикатов, объемные отклонения у которых не превышают 4 %. Полуфабрикаты с большими объемными отклонениями раскатывать на машинах типа КФРВТ нецелесообразно, так как их последующая калибровка затруднительна.

С увеличением габаритов и массы колец возрастают технические и технологические трудности обеспечения

17. Припуски и допуски колец, раскатанных на машинах типа РАВ и ХВ (фирма «СМС-Вагнер-Баннинг», Германия), размеры, мм

Ширина	Наружный или внутренний диаметр	На наружный диаметр		На внутренний диаметр		На ширину	
		припуск	допуск	припуск	допуск	припуск	допуск
До 100	До 325	4,5	$\pm 1,0$	5,5	$\pm 1,0$	4,5	$\pm 1,0$
101...150		4,5	$\pm 1,0$	5,5	$\pm 1,0$	4,5	$\pm 1,0$
151...200		5,3	$\pm 1,3$	6,3	$\pm 1,3$	5,0	$\pm 1,0$
До 100	326...400	4,5	$\pm 1,0$	5,5	$\pm 1,0$	4,5	$\pm 1,0$
101...150		4,8	$\pm 1,3$	5,8	$\pm 1,3$	4,5	$\pm 1,0$
151...200		5,5	$\pm 1,5$	6,5	$\pm 1,5$	5,0	$\pm 1,0$
До 100	401...500	4,8	$\pm 1,3$	5,8	$\pm 1,3$	4,5	$\pm 1,0$
101...150		5,0	$\pm 1,5$	6,0	$\pm 1,5$	4,5	$\pm 1,0$
151...200		5,5	$\pm 1,5$	6,5	$\pm 1,5$	5,0	$\pm 1,0$
До 100	501...600	6,0	$\pm 1,5$	7,0	$\pm 1,5$	5,5	$\pm 1,0$
101...150		6,3	$\pm 1,8$	7,3	$\pm 1,8$	5,8	$\pm 1,3$
151...200		6,8	$\pm 1,8$	7,8	$\pm 1,8$	6,3	$\pm 1,3$
До 100	601...700	6,3	$\pm 1,8$	7,3	$\pm 1,8$	5,8	$\pm 1,3$
101...150		7,0	$\pm 2,0$	8,0	$\pm 2,0$	6,3	$\pm 1,3$
150...200		7,5	$\pm 2,0$	8,5	$\pm 2,0$	6,8	$\pm 1,3$

18. Припуски и допуски колец*, изготавливаемых открытой раскаткой на машинках типа КФРВТ, входящих в состав линии Л-234 (размеры, мм)

Наружный или внутренний диаметр	На наружный диаметр		На внутренний диаметр		На ширину	
	припуск	допуск	припуск	допуск	припуск	допуск
121...150	3,0	$+1,2$	3,0	$-2,5$	3,0	$+0,7$
151...180						
181...220	3,5	$+1,2$	3,5	$-3,0$	3,5	$+0,7$
221...250	4,0	$+1,5$	4,0	$-3,5$	4,0	$+1,0$
251...300	4,5	$+1,5$	4,5	$-3,5$	4,5	$+1,0$

* Масса заготовок до 7 кг.

19. Припуски и допуски колец, изготавливаемых из среднеуглеродистых и легированных сталей полуоткрытой раскаткой (данные фирмы «СКФ Стил», Швеция)

Наружный диаметр кольца, мм	Параметр	Ширина кольца, мм				
		120	121...150	151...220	221...300	301...400
500	D	8^{+3}_{-3}	10^{+4}_{-4}	11^{+4}_{-5}	11^{+5}_{-5}	13^{+6}_{-6}
	H	7^{+2}_{-2}	8^{+2}_{-2}	8^{+2}_{-2}	9^{+3}_{-3}	13^{+6}_{-6}

Окончание табл. 19

Наружный диаметр кольца, мм	Параметр	Ширина кольца, мм				
		120	121...150	151...220	221...300	301...400
501...600	<i>D</i>	9^{+3}_{-3}	11^{+4}_{-5}	12^{+4}_{-5}	12^{+5}_{-5}	14^{+6}_{-7}
	<i>H</i>	8^{+2}_{-2}	8^{+2}_{-2}	9^{+2}_{-2}	10^{+3}_{-3}	14^{+6}_{-7}
601...750	<i>D</i>	10^{+3}_{-4}	12^{+4}_{-5}	13^{+5}_{-6}	13^{+6}_{-6}	15^{+7}_{-7}
	<i>H</i>	8^{+2}_{-2}	9^{+2}_{-2}	9^{+2}_{-2}	10^{+3}_{-3}	15^{+7}_{-7}
751...1000	<i>D</i>	11^{+4}_{-4}	13^{+5}_{-5}	14^{+6}_{-6}	15^{+7}_{-7}	17^{+8}_{-8}
	<i>H</i>	9^{+2}_{-2}	10^{+2}_{-2}	10^{+2}_{-2}	11^{+3}_{-3}	17^{+8}_{-8}
1001...1500	<i>D</i>	14^{+4}_{-5}	15^{+5}_{-6}	16^{+6}_{-6}	18^{+8}_{-8}	19^{+9}_{-9}
	<i>H</i>	12^{+2}_{-3}	12^{+2}_{-3}	12^{+2}_{-3}	13^{+3}_{-3}	19^{+9}_{-9}
1501...2000	<i>D</i>	15^{+5}_{-5}	16^{+6}_{-6}	17^{+7}_{-7}	19^{+8}_{-9}	21^{+9}_{-10}
	<i>H</i>	13^{+3}_{-3}	13^{+3}_{-3}	13^{+3}_{-3}	13^{+3}_{-3}	21^{+9}_{-10}

точности геометрических параметров при их раскатке. Вместе с тем, раскатка, как метод производства крупногабаритных кольцевых заготовок (см. табл. 19), становится единственно экономически целесообразной как в условиях серийного, так и единичного производства.

Определение размеров полуфабриката для раскатки. Раскатка, как правило, производится за один нагрев полуфабриката. Не исключено, однако, что при раскатке крупногабаритных колец, осуществляемой с большими коэффициентами суммарного обжата, или при использовании кольцераскатной машины недостаточной мощности потребуются промежуточный подогрев полуфабриката. Потери (кг) на угар и окалину в зависимости от применяемых средств нагрева определяются по формуле

$$q_y = G_3 \delta_y,$$

где коэффициент угара δ_y принимается по табл. 20; G_3 — масса заготовки.

20. Значения коэффициентов угара

Нагревательное устройство	Наружный диаметр кольца, мм	
	До 200	Св. 200
Пламенные печи:		
мазутные	0,03	0,025
газовые	0,015	0,010
Индукционные установки	0,07	0,005

Ширина полуфабриката $B_{пф}$ назначается с учетом выбранного способа раскатки. При открытой раскатке ширина полуфабриката принимается равной ширине раскатанного кольца:

$$B_{пф} = B_3.$$

Полуоткрытая раскатка предполагает необходимость проработки торцовых поверхностей коническими валками, в связи с этим в процессе раскатки ширина полуфабриката может быть уменьшена. В ряде случаев

хорошая проработка торцов обеспечивается при равенстве ширины полуфабриката ширине раскатанной заготовки за счет естественного уширения. При формировании в процессе полуоткрытой раскатки сложных профилей иногда приходится прибегать к принудительному обжатию полуфабриката в осевом направлении. В этих случаях ширина полуфабриката должна превышать ширину раскатанного кольца и ее значение устанавливается экспериментально.

Наружный и внутренний диаметры (мм) полуфабриката под раскатку, имеющего прямоугольную форму сечения, в общем случае определяют по следующим формулам:

$$D_{\text{пф}} = \frac{G_3 \delta_y}{\pi r K s_3 B_3} + s_3 K;$$

$$d_{\text{пф}} = \frac{G_3 \delta_y}{\pi \gamma s_3 B_3} - s_3 K,$$

где G_3 — масса раскатанной заготовки, кг; γ — плотность металла заготовки; B_3 — ширина раскатанной заготовки, мм; K — коэффициент суммарного обжатия; δ_y — коэффициент угара; s_3 — толщина стенки кольцевой заготовки после раскатки, мм, определяемая как отношение площади ее сечения к ширине B_3 .

Приведенные формулы справедливы при определении размеров полуфабрикатов, имеющих прямоугольную форму сечения для раскатки колец, профиль сечения которых имеет горизонтальную ось симметрии. При определении размеров полуфабрикатов для раскатки колец с профилем, не имеющим осевой симметрии, следует придерживаться рекомендаций, которые даны выше.

Горячая закрытая и полузакрытая раскатка профильных кольцевых заготовок в данное время не имеет широ-

кого распространения. В отечественной практике использование закрытой раскатки ограничено изготовлением заготовок колец радиального шарикоподшипника типа 308 (наружный диаметр 90 мм) в условиях крупносерийного производства на одном из подшипниковых заводов.

Полузакрытая раскатка, прошедшая производственное опробование, требует создания и отработки надежной конструкции кольцераскатных машин. В обоих случаях успешная реализация схем закрытой и полузакрытой раскатки требует особого подхода при выборе метода изготовления и назначения размеров полуфабрикатов. Основным требованием является ограничение отклонений массы в пределах, не превышающих 1,5...3,0 %. Не менее важным требованием для этих способов раскатки следует считать также отсутствие зажимов, заштамповок, окалины и других поверхностных дефектов. Коэффициенты суммарного обжатия не должны превышать 1,5...1,6.

Выбор кольцераскатной машины. Выбор кольцераскатной машины должен основываться на определении силы раскатки. При открытой, а также полуоткрытой раскатке сила P_p может быть определена на основании расчета средних давлений p_1 и p_2 на контактных поверхностях полуфабриката с наружным и внутренним валками.

Максимальная сила должна быть приложена к валкам в начале процесса, когда толщина стенки полуфабриката наибольшая. По мере обжатия и уменьшения толщины стенки процесс может продолжаться при меньших силах. Если же сила остается постоянной, то обжатие за каждый оборот полуфабриката будет возрастать. Экспериментально установлено, что в подавляющем большинстве случаев для нормально протекающего процесса деформирования необходимо,

чтобы обжатие за один оборот кольцевого полуфабриката Δh обеспечивало относительную деформацию его стенки $\varepsilon \geq (\Delta h/h)100 = 5...8\%$, где h — средняя толщина стенки полуфабриката, определяемая как отношение площади сечения полуфабриката к его ширине.

Сила, которая должна быть приложена к нажимному валку, определяется как произведение среднего давления p на площадь контакта его с раскатываемым полуфабрикатом. Продольное сечение очага деформации при раскатке характеризуется двумя показателями:

$$\eta = h/l_2 \text{ и } a = l_2/l_1,$$

где h — средняя толщина стенки полуфабриката, мм; l_1 и l_2 — соответственно меньшая и большая длина контакта инструмента с раскатываемым полуфабрикатом, мм.

При $\eta \geq 1$ средние давления на контактных поверхностях с длинами l_1 и l_2 рассчитывают по следующим формулам:

$$p_1 = \left[1,25a^{0,65} \left(\ln \eta + \frac{1}{\eta} - 0,2 \right) \right] 2k;$$

$$p_2 = \left[1,25a^{-0,35} \left(\ln \eta + \frac{1}{\eta} - 0,2 \right) \right] 2k.$$

При $\eta < 1$ расчет средних давлений производят по формулам:

$$p_1 = \left[1,25 \left(\ln \frac{a+1}{2a\eta} + \frac{2a\eta}{a+1} - 0,2 \right) \frac{a+1}{2} \right] 2k;$$

$$p_2 = \left[1,25 \left(\ln \frac{a+1}{2a\eta} + \frac{2a\eta}{a+1} - 0,2 \right) \frac{a+1}{2a} \right] 2k;$$

здесь k — напряжение текучести материала на сдвиг; $k = \sigma_T/2$, где σ_T — физический предел текучести.

Среднюю скорость деформации рассчитывают по формуле

$$\dot{\varepsilon}_{cp} = \frac{v\Delta h}{l_{cp}h},$$

где v принимается равной окружной скорости полуфабриката по его среднему диаметру; l_{cp} — средняя длина контакта, $l_{cp} = (l_1 + l_2)/2$.

Определение длин контакта l_1 и l_2 производят по формулам:

$$l_1 = \sqrt{\frac{2\Delta h}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_b}} \frac{a}{a+1}}; l_2 = \sqrt{\frac{2\Delta h}{\frac{1}{r_n} + \frac{1}{r_2}} \frac{1}{a+1}}.$$

$$\text{Здесь } a = \sqrt{\frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_b}}{\frac{1}{r_n} + \frac{1}{r_2}}}, \text{ где } r_1 \text{ и } r_2 \text{ — радиусы соответственно внутреннего и наружного валков; } r_b \text{ и } r_n \text{ — внутренний и наружный радиусы кольца.}$$

Сила раскатки

$$P_p = p_1 l_1 B_{пф} = p_2 l_2 B_{пф}.$$

Примеры компоновочных схем кольцераскатных машин. В условиях крупносерийного производства при небольших габаритах колец, получаемых штамповкой и имеющих объемные отклонения в пределах 1,5...3,0 %, экономически оправданным является применение закрытой и полужакрытой раскатки на узкоспециализированных машинах, включаемых в состав автоматических линий. Во всех остальных случаях наиболее целесообразным является применение кольцераскатных машин открытого и полуоткрытого типа.

При крупносерийном производстве колец диаметром 120...150 мм, осуществляемом на специализированных поточно-механизированных линиях, машины открытой раскатки типа КФРВТ,

КФРВМ и машины полуоткрытой раскатки типов КФРАВМ и РИА (табл. 21 и 22), включаемые в состав таких линий, равноценны. Для производства

кольцевых заготовок более крупных размеров преимущества полуоткрытой раскатки возрастают по мере увеличения габаритов и массы колец.

21. Эксплуатационные характеристики отечественных кольцераскатных машин

Модель машины	Параметры раскатанных колец			Производи- тельность, шт/ч	Максимальная сила нажим- ного вала, кН	Примечание
	Наружный диаметр, мм	Ширина, мм	Масса, кг			
		Не более				
Открытая раскатка						
МГР-250	80...250	60	5	250...270	60	Ручное обслужива- ние
РМ-300	151...300	120	30	58...110	300	
Полуоткрытая раскатка						
КПС-250	141...300	40...100	14	120...300	300	Автоматическая за- грузка и разгрузка
Д-244	201...700	150	120	80...100	300	
КФРВТ-400	121...300	60	8	200...700	—	Ручное обслужива- ние
КПС-350	151...350	100	4	150...300	—	
КПС-1000	251...1500	300	350	20...40	1000	
Закрыва́тая раскатка						
АО730	41...60	30	0,3	400...600	1000	Автоматическая за- грузка и разгрузка
407940	91...100	25	0,5	300...400	70	

22. Эксплуатационные характеристики кольцераскатных машин, выпускаемых за рубежом

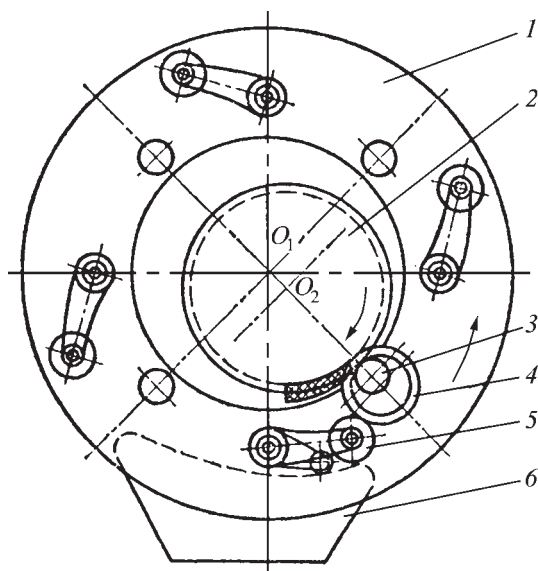
Модель машины (фирма, страна)	Параметр раскатанных колец			Производи- тельность, шт/ч	Максимальная сила нажимного валка*, кН
	Наружный диаметр, мм	Ширина, мм	Масса, кг, не более		
Открытая раскатка					
УЕЛ-85 (Чехия)	53...80	10...30	0,4	До 3000	—
УЕЛ-160 (Чехия)	81...160	До 40	3,0	До 900	—
КФРВМ-630 («СМС-Ваг- нер-Баннинг», Германия)	151...350	До 80	18,0	—	160
Полуоткрытая раскатка					
КФРАВМ-630 («СМС-Ваг- нер-Баннинг», Германия)	151...350	До 120	18,0	—	160 (120)
КФРАВМ-800 («СМС-Ваг- нер-Баннинг», Германия)	251...500	До 160	40,0	—	320 (250)
РИА 20/16 («СМС-Ваг- нер-Баннинг», Германия)	121...500	20...160	—	—	200 (160)

Окончание табл. 22

Модель машины (фирма, страна)	Параметр раскатанных колец			Производительность, шт/ч	Максимальная сила нажимного вала*, кН
	Наружный диаметр, мм	Ширина, мм	Масса, кг, не более		
РАВ 25/20 («СМС-Вагнер-Баннинг», Германия)	401...800	30...170	160,0	40...60	250 (200)
РАВ 125/100 («СМС-Вагнер-Баннинг», Германия)	801...3000	50...580	3150	8...25	1250 (1000)
РАВ 200/125 («СМС-Вагнер-Баннинг», Германия)	1001...5000	50...740	6300	—	2000 (1250)
РАВ 315/200 («СМС-Вагнер-Баннинг», Германия)	1001...6000	60...870	10 000	—	3150 (2000)
РАВ 500/315 («СМС-Вагнер-Баннинг», Германия)	1501...7000	100...1160	12 500	—	5000 (3150)
УРВА 100С («Бад Дюбен», Германия)	120	43	—	—	200
УРВА 130Л («Бад Дюбен», Германия)	130	43	—	—	200
УРВА 160 («Бад Дюбен», Германия)	160	80	—	—	630
УРВА 210 («Бад Дюбен», Германия)	210	80	—	—	630
УРВА 250 («Бад Дюбен», Германия)	250	80	—	—	800

* Без скобок приведены значения радиальной силы, в скобках — аксиальной.

Примечание. «Вагнер-Баннинг» является отделением фирмы SMS Eumuco.



На рис. 66 представлена компоновочная схема кольцераскатной машины открытой раскатки типа КФРВТ, а на рис. 67 — полностью автоматической машины полуоткрытой раскатки типа КФРАВМ. Последние наряду с автоматизацией загрузки полуфабрикатами и раз-

Рис. 66. Компоновочная схема кольцераскатной машины типа КФРВТ:

1 — приводной вращающийся стол; 2 — приводной наружный валок; 3 — четыре холостых внутренних валка; 4 — раскатываемый кольцевой полуфабрикат; 5 — четыре направляющих вала; 6 — неподвижный копир, управляющий перемещением направляющих валков

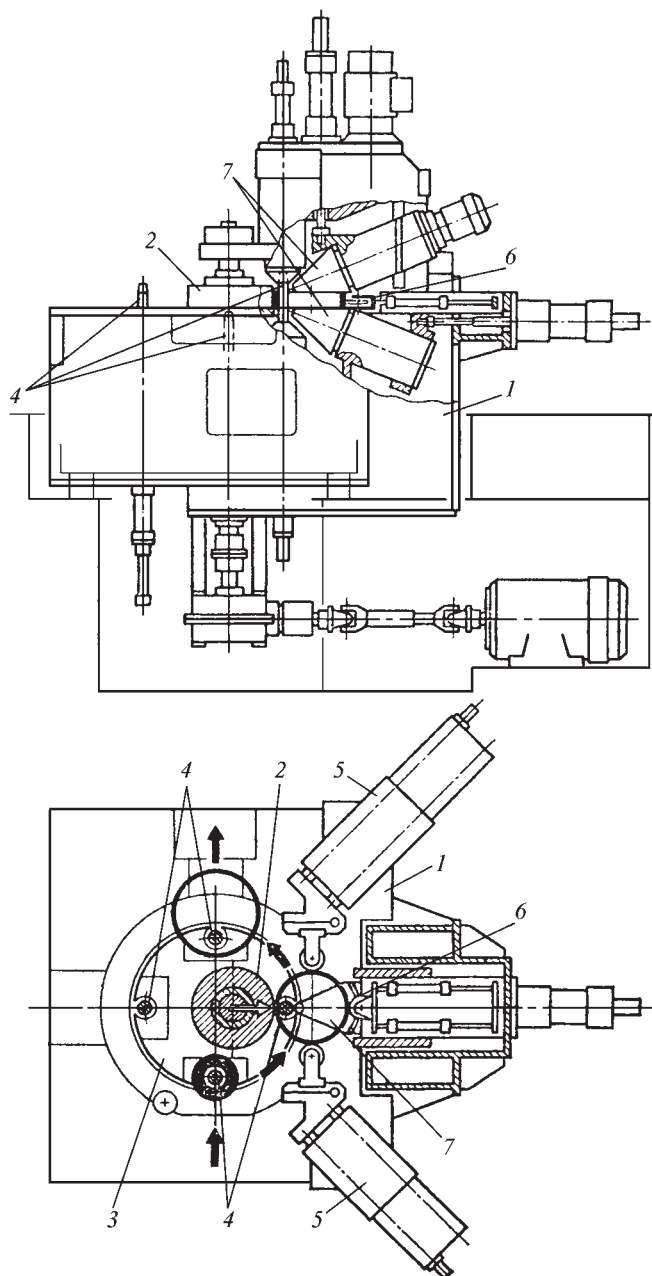


Рис. 67. Компонировочная схема кольцеракатного автомата типа КФРАВМ:

1 — станина; 2 — наружный нажимной валок; 3 — вращающийся приводной стол; 4 — четыре холостых внутренних валка; 5 — направляющий валок; 6 — контрольный ролик; 7 — торцовые валки

грузки раскатанных заготовок включают систему ЧПУ, обеспечивающую соблюдение оптимального режима обжа-

тия как в радиальном, так и в аксиальном направлениях в течение всего процесса раскатки. Система ЧПУ обеспе-

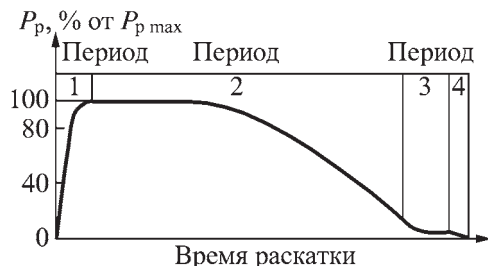


Рис. 68. Диаграмма оптимального режима обжатия полуфабриката при раскатке

чивает также отключение нажимных механизмов при достижении кольцом заданного наружного, внутреннего или среднего диаметра. В последнем случае это значит, что избыточный объем полуфабриката равномерно распределяется между наружным и внутренним диаметрами кольцевой заготовки.

На рис. 68 приведена диаграмма оптимального режима обжатия при раскатке, реализуемая с помощью ЧПУ. В течение первого периода сила раскатки P_p интенсивно возрастает до некоторого заранее установленного максимума

$P_{p \max}$ и остается постоянным, пока не будет достигнута заданная скорость роста диаметра кольца, поддерживаемая затем постоянной. В связи с уменьшением поперечного сечения кольца во втором периоде автоматически снижается сила раскатки. На стадии подготовки к отключению, начало которой устанавливается заранее, назначается предварительно выбранная уменьшенная скорость роста диаметра кольца. Это автоматически обуславливает дальнейшее снижение силы раскатки в третьем периоде. Процесс раскатки прекращается после короткого, предварительно выбранного четвертого периода — «выхаживания»; скорость роста диаметра кольца перед достижением заданного размера при этом еще раз уменьшается.

На рис. 69 приведена компоновочная схема автоматической линии для крупносерийного производства кольцевых заготовок диаметром 200... 350 мм, комплектуемая кольцераскатными машинами типа КФВМ, КФРАВМ или РИА.

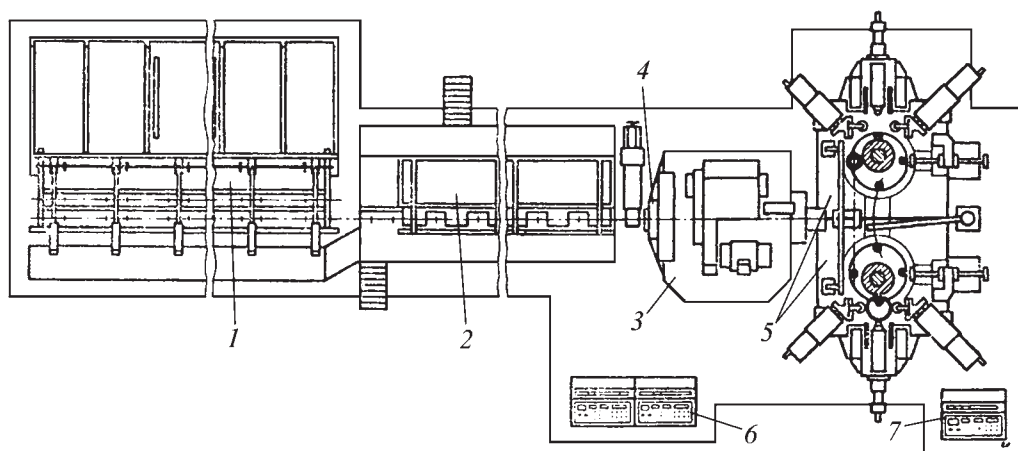


Рис. 69. Компоновка автоматической линии для крупносерийного производства кольцевых заготовок:

1 — стеллаж для прутков; 2 — индукционная нагревательная установка проходного типа; 3 — специализированный кривошипный пресс с боковым ползуном 4 для резки прутков на мерные заготовки и штамповки кольцевых полуфабрикатов; 5 — две кольцераскатные машины типа КФВМ или КФРАВМ; 6 — пульт управления нагревательной установкой и прессом; 7 — пульт управления кольцераскатными машинами

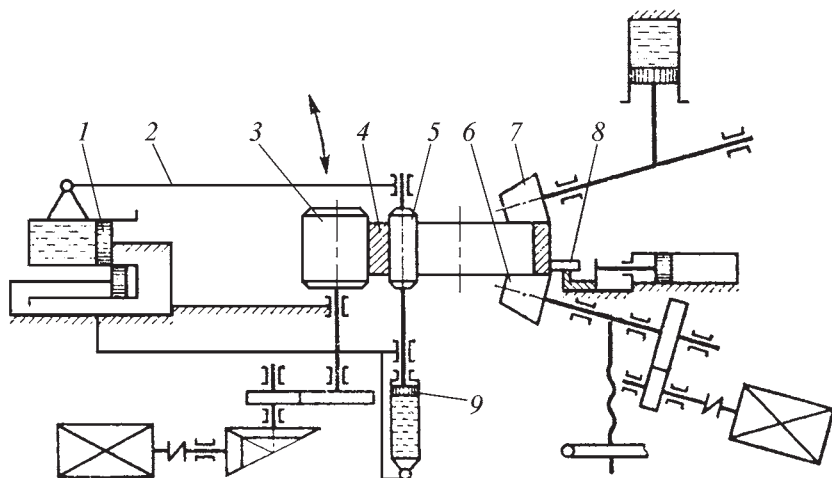


Рис. 70. Схема кольцераскатной машины для полуоткрытой раскатки типа РАВ:

1 — гидравлический привод нажимного механизма; 2 — накидная опора внутреннего вала; 3 — наружный приводной и нажимной валок; 4 — раскатываемый полуфабрикат; 5 — внутренний холостой валок; 6 — нижний приводной торцовый валок; 7 — верхний нажимной торцовый валок; 8 — измерительное и отключающее устройство; 9 — гидропривод осевого перемещения внутреннего вала для загрузки полуфабрикатов

Производительность таких линий определяется производительностью комплектующих их кольцераскатных машин и в зависимости от габаритов и массы раскатываемых заготовок составляет 200...600 шт/ч.

На рис. 70 приведена компоновочная схема кольцераскатных машин типа РАВ, применяемых для изготовления кольцевых заготовок крупных размеров (диаметром 400...7000 мм). Машинами этого типа комплектуют специализированные участки или цеха поточного производства при высокой степени механизации основных и вспомогательных операций.

8. НАКАТКА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЗВЕЗДОЧЕК

Технологический процесс. Накатывание (накатку) применяют как окончательную операцию обработки зубчатого венца при производстве зубчатых колес 15...16-го квалитетов точности с модулем не более 4 мм и звездочек для цеп-

ных передач до 7-го квалитета точности. Во всех остальных случаях зубчатые колеса накатывают с припуском по контуру зуба под чистовую обработку.

При изготовлении методами накатывания экономится 15...30 % металла, трудоемкость процесса уменьшается в 2—5 раз, сопротивление усталости выше на 15...20 %, прочность при изгибе — на 20...40 %. Различными способами накатывания изготавливают следующие изделия:

1) цилиндрические прямозубые и косозубые колеса с модулем 1,5...3 мм и диаметром до 250 мм; накатывание при осевой подаче заготовки для колес 7-го квалитета точности как окончательная операция и как предварительная для более точных колес;

2) цилиндрические прямозубые и косозубые колеса с модулем 3...6 мм; накатывание при радиальной подаче валков обработанной заготовки (окончательная операция);

3) цилиндрические прямозубые и косозубые колеса с модулем более

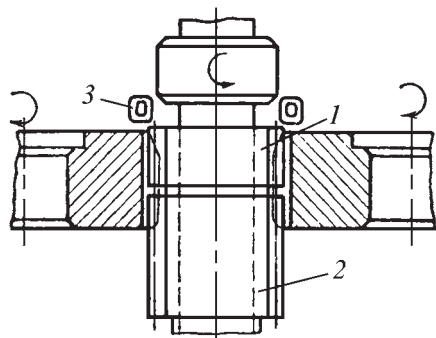


Рис. 71. Схема накатывания шестерни с осевой подачей заготовки:

1 — заготовка; 2 — эталонная шестерня; 3 — индуктор

6 мм; накатывание при радиальной подаче валков штампованной заготовки (предварительная операция);

4) конические прямозубые и спиральные зубчатые колеса с модулем 5...12 мм; накатывание при подаче валка по нормали к начальному конусу (предварительная операция);

5) звездочки для цепных передач с шагом до 24,5 мм; накатывание при радиальной подаче валков как окончательная операция для колес 7-го качества точности;

6) зубчатые колеса с внутренним зацеплением с модулем 3...6 мм; накатывание в матрице при радиальной подаче внутреннего валка (предварительная операция).

На рис. 71 показана схема накатывания шестерни с осевой подачей заготовки. Сущность метода заключается в проталкивании нанизанных на стержень заготовок и зажатых гидравлическим устройством между двумя вращающимися зубчатыми колесами — инструментами, установленными на определенное межцентровое расстояние. Заготовки перед прокаткой нагревают в кольцевом индукторе. Заборной конической частью валков осуществляется в основном деформация заготовки и образование зубьев, а цилинд-

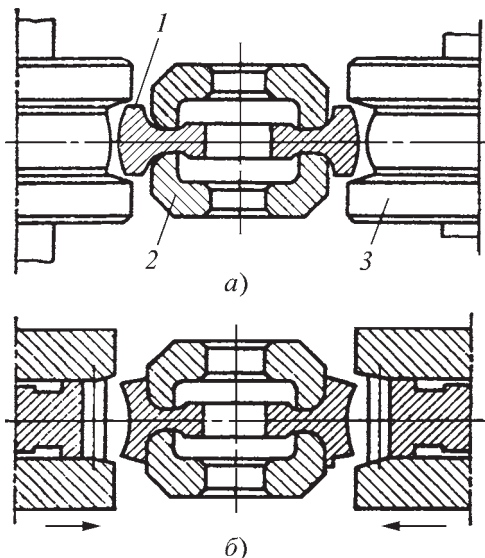


Рис. 72. Схемы накатывания зубчатых колес с радиальной подачей валков:

1 — заготовка; 2 — центрирующие конусы; 3 — гладкие валки

рической частью — их калибровка. В процессе прокатки на валки подается смазочный материал.

При накатывании шестерни с радиальной подачей валков (рис. 72) технологический процесс накатывания осуществляется двумя парами валков, из которых одна пара зубчатые, вторая — гладкие. Зубчатый и гладкий валок насажены на общий вал так, что зубчатый валок находится выше гладкого. Заготовку зажимают гидравлическим устройством и располагают напротив гладких валков. После нагрева заготовки секторным индуктором валки сближают и производят обкатку обода, придавая ему точные размеры по диаметру и ширине.

Одновременно на наружной стороне обода накатывают желобок со стрелой прогиба, зависящей от модуля и ширины накатываемых колес (для колес с модулем 5...10 мм прогиб составляет 0,5...2 мм). Это способствует лучшему заполнению вершин зубьев по

торцам при накатке. Далее валки разводят, заготовку с помощью гидравлического устройства устанавливают напротив зубчатых валков, после чего на ней производят накатку зубьев. При прокатке на валки подается смазочный материал. Реборды валков препятствуют вытеканию металла в торцы заготовки во время прокатки и накатки.

Изготовление цилиндрических прямозубых и косозубых колес с модулем 1,5...3 мм и диаметром до 250 мм осуществляется накатыванием с осевой подачи заготовки. В качестве заготовок используют поковки (штамповки) или отрезанные от прутка дисковые заготовки. В обоих случаях заготовки перед накатыванием подвергают предварительной обработке по наружному диаметру, торцам и посадочному отверстию.

Обработанные заготовки собирают на гладкой цилиндрической оправке, по 5...8 шт, устанавливают и зажимают в главном суппорте зубопрокатного стана. Затем заготовки перемещают в позицию нагрева до тех пор, пока их верхний торец не совместится с верхним торцом индуктора; после чего их движение прекращается, включаются нагрев и привод валков. Через 5...8 с верхняя заготовка нагревается до температуры накатывания (1000...1100 °С) и вновь включается механизм перемещения, обеспечивающий непрерывное движение стопки заготовок через индуктор и валки.

Скорость перемещения подбирают так, чтобы при прохождении заготовки через индуктор обеспечивался ее нагрев до заданной температуры. Обычно скорость перемещения составляет 4...8 мм/с. После выхода из валков заготовки снимают со стана, разбирают и помещают в специальные термостаты для медленного остывания.

Дальнейшая обработка резанием накатанных колес заключается в окончательном растачивании посадочного отверстия, снятии фасок, зачистке за-

усенцев и протягивании шпоночного паза. Точность накатанных таким образом колес лежит в пределах 7-го качества точности.

Для изготовления цилиндрических прямозубых колес с модулем 6...10 мм и диаметрами 150...800 мм используют поковку с допусками, соответствующими 7-му качеству точности. Поковка подается на стан, минуя отжиг и очистку. При накатывании за установочную базу принимают поверхность заготовки. После накатывания зубьев наружный диаметр накатанной заготовки используют как базу для первой операции обработки резанием. Точность накатанного зубчатого венца заготовки достаточно высока и обработка резанием накатанной заготовки в основном сводится к получению базового отверстия. Оптимальный припуск по боковым сторонам зубьев для чистовой обработки, определенный экспериментально, составляет 0,814 мм на сторону.

Для обеспечения минимального биения зубчатого венца предварительную обработку базового отверстия разделяют на две операции: 1) заготовку устанавливают по наружному диаметру зубчатого венца, после чего зенкуют отверстие; 2) базовое отверстие растачивают резцом под протягивание. Затем деталь протягивают по внутреннему диаметру, после чего обрабатывают наружный контур. После токарной обработки шлицевое отверстие еще раз калибруют чистовым протягиванием, подрезают торцы, фрезеруют зубья шестерни, подвергают их шевингованию. Затем следует термическая обработка и окончательное шлифование отверстия.

Для накатывания звездочек для втулочно-роликовых цепей с шагом 25,4 мм используют заготовки двух типов: штампованные со ступицей и плоские, вырезанные из листа. Базой при накатывании служит центральное отверстие. Процесс накатки заключа-

ется в установке по внутреннему отверстию на гладкой оправке заготовки, ее зажиме, нагреве по периферии на глубину 20 мм до 1100 °С.

Нагретая заготовка передается в зубчатые валки и накатывается в них при скорости подачи валков 4 мм/с и частоте вращения 60 мин⁻¹. После прекращения подачи выполняют калибровку заготовки в валках (за 3–5 оборотов). При изготовлении заготовок из листа его толщину выбирают на 4...5 мм меньше, чем для заготовок, предназначенных к нарезанию. Торцы заготовок перед накатыванием не обрабатывают. Внутреннее отверстие предварительно растачивают с припуском для дальнейшей обработки резанием, которую осуществляют после накатывания. За базу при этой обработке принимают диаметр впадин накатанной заготовки.

Типовой технологический процесс изготовления конических колес с использованием накатки осуществляется в следующей последовательности: обрезка заготовки под штамповку, штамповка, прошивка отверстия, обрезка заусенца, нормализация и отпуск, нагрев заготовки и накатывание зубьев, высокий отпуск колес, токарная обработка, окончательное нарезание зубьев, снятие фасок, цементация, закалка, шлифование посадочного отверстия. Обработку базового торца и посадочного отверстия заготовок после накатывания осуществляют при базировании на зубья.

Прокатка внутренних зубьев осуществляется зубчатым валком, помещенным внутри заготовки, которая находится в матрице. Заготовке и инструменту сообщают принудительное вращение с частотой, соответствующей передаточному отношению между валками и прокатываемой шестерней, затем осуществляется рабочая подача узла заготовки к инструменту. Нагрев внутренней поверхности заготовки до

температуры прокатки и подогрев ее в процессе прокатки зубьев осуществляется секторным высокочастотным индуктором, находящимся, как и инструмент, внутри заготовки. Прокатка внутренних зубьев, так же, как и наружных, осуществляется в две операции: обкатка и накатка зубьев. Процесс прокатки внутренних зубьев на стане заменяет обработку (обточку) заготовки по наружному диаметру, торцам и предварительное зубодолбление. Припуск на чистовое зубодолбление составляет 0,1...0,15 мм на сторону зуба.

Более экономичным является процесс формирования зубьев методами холодной прокатки. При этом необходимость в последующем шевинговании или фрезеровании отпадает. Благодаря наклепу прочность зубьев в этом случае повышается.

Методы холодной прокатки зубьев основаны на использовании продольной прокатки зубьев роликами. Наиболее эффективен этот способ для изготовления зубчатых колес с числом зубьев 6...30 и модулем 1,5...5 мм.

Нагрев заготовок. Особенностью нагрева заготовок под накатывание токамами высокой частоты является необходимость создания высокой температуры только в зоне деформации. При этом исключительно важным является поддержание низкой температуры в недеформируемой части заготовки, что обеспечивает сохранение ее жесткости. Не менее важна также стабильность температурного интервала процесса деформации, так как изменение температуры конца накатывания влияет не только на силовые параметры процесса, но и на точность элементов зацепления накатанного колеса.

При прутковом способе накатывания заготовки нагрев осуществляют цилиндрическим индуктором, при этом глубину нагрева заготовки до температуры деформации принимают равной

примерно двум модулям, так как процесс накатывания при радиальной подаче накатников осуществляется медленнее, чем при осевой, заготовка нагревается на большую глубину, чем это необходимо для деформации. В этом способе накатывания применяют, как правило, комбинированный нагрев, при котором заготовку предварительно нагревают с помощью кольцевого или секторного индуктора до необходимой температуры, после чего эта температура поверхности заготовки поддерживается в процессе накатывания дополнительным секторным индуктором.

23. Рекомендуемая частота тока индуктора при нагреве заготовок

Высота зуба накатываемого колеса, см	Глубина проникновения тока в заготовку, см	Рекомендуемая частота тока, Гц
До 0,33	До 0,4	8000
0,8...1,0	1,1	2500
1,0...1,4	1,5	1000

Рациональную частоту тока индуктора при нагреве заготовок в зависимости от высоты зуба и глубины проникновения тока в заготовку можно определить по табл. 23.

Выбор размеров заготовки. При проектировании процесса накатки необходимо определить: размеры заготовки, размеры накатных валков, окружную скорость накатных валков, величину подачи валков, силу на валках, крутящий момент на валках.

Размеры заготовки под накатку зубчатых колес назначают исходя из сохранения равенства объемов металла, перемещаемого из впадин в головки зубьев. На рис. 73 представлен график для определения наружного диаметра заготовки. По оси ординат отложено отношение радиуса заготовки, необходимое для правильного заполнения зубьев, к делительному радиусу накатываемого коле-

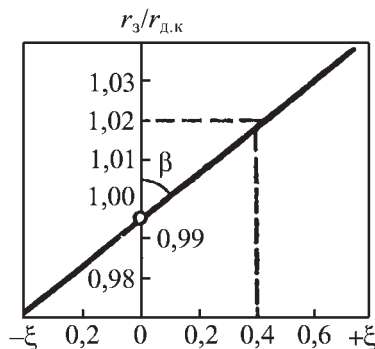


Рис. 73. График для определения диаметра заготовки под накатку зубчатых колес

са; по оси абсцисс — значение коэффициента ξ , характеризующего отношение высоты зуба к модулю. Диаметр заготовки (мм) можно также определить по следующей формуле:

$$d_3 = d_0 - 0,14m,$$

где d_0 — диаметр начальной окружности, мм; m — модуль, мм.

Наружный диаметр заготовок при накатывании зубьев с зацеплением Нувикова:

— для заготовки шестерни

$$d_{з.ш} = d_{д.ш} + 1,08m;$$

— для заготовки колеса

$$d_{з.к} = d_{д.к} - 1,2m,$$

где $d_{д.ш}$ и $d_{д.к}$ — делительные диаметры соответственно шестерни и колеса.

Форма зубьев зубчатых передач с исходным контуром «Урал-2Н» одинакова как для шестерни, так и для колеса. Наружный диаметр заготовок для них, подсчитанный по приведенной выше методике, равен

$$d_3 = d_d - 0,08m.$$

Приведенные формулы получены при условии, что во время накатывания осевое течение металла заготовки отсут-

стствует, а припуск на обработку резанием равен нулю. В действительности, при штучном способе накатывания предусмотрено некоторое увеличение ширины заготовки и обязательно дается припуск на чистовую обработку зубьев.

Припуск на чистовую обработку зубьев следует назначать с учетом способов накатывания, обработки резанием и выбранного оборудования. Припуск по профилю для чистового фрезерования в основном зависит от накопленной погрешности окружного шага, имеющейся на накатанной заготовке, метода базирования при обработке отверстия и торца и способа установки заготовки относительно инструмента на зубофрезерном станке. В табл. 24 приведены значения накопленной погрешности окружного шага для разных случаев накатывания зубчатых колес и припусков, принятых в практике заводов, применяющих накатывание взамен операции чернового фрезерования зубьев.

Поправка на увеличение наружного диаметра заготовки с учетом ее уширения должна составлять 0,25 мм.

Накатывание зубьев звездочек цепных передач, как правило, осуществляют штучным способом. В отличие от

накатывания зубьев колес образование профиля при накатывании звездочек происходит в основном благодаря уширению заготовки.

Такой характер деформации позволяет применять для накатывания заготовки, толщина которых значительно меньше толщины накатываемого зубчатого венца. Одновременно с накатыванием венца выполняют закругление торцовых поверхностей зубьев; при этом большая часть металла также расходуется на уширение заготовки. Поэтому при определении наружного диаметра необходимо знать толщину исходной заготовки и толщину накатанного зубчатого венца. График для определения диаметра заготовки звездочки в зависимости от ее исходной ширины и размеров готовой звездочки представлен на рис. 74.

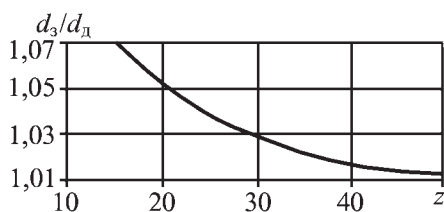


Рис. 74. График для определения диаметра заготовки звездочки

24. Значения накопленной погрешности окружного шага в зависимости от способа накатывания

Способ накатывания	Модуль, мм	Число зубьев	Накопленная погрешность окружного шага, мм	Припуск на толщину зуба, мм
С осевой подачей заготовки	1,5	15...60	0,04...0,1	0,2...0,3
	3	15...50	0,08...0,15	0,3...0,5
С радиальной подачей (обработанная заготовка)	3	15...60	0,2...0,3	0,3...0,6
	5	15...50	0,3...0,5	0,5...0,9
С радиальной подачей валков (штампованная заготовка)	6	20...40	0,4...0,6	1,6...2
	8	20...30	0,4...0,8	1,6...2
С радиальной подачей валков (звездочки)	14,5	15...30	0,04...0,08	—
	24,5	15...30	0,06...0,1	—
Конические зубчатые колеса	10	30...40	0,05...0,07	0,5

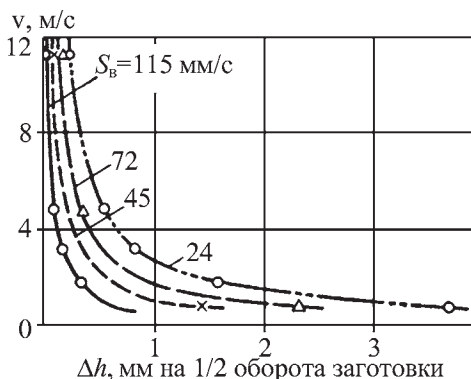


Рис. 75. График для выбора скорости подачи и окружной скорости накатников при различных значениях обжатия Δh

Режимы накатывания. К режимам накатывания относят окружную скорость накатников и скорость их сближения при радиальном способе накатывания или скорость перемещения заготовки при осевом способе накатывания. Эти режимы обуславливают как производительность процесса, так и точность накатанных зубьев и их качество. Важен не только выбор абсолютных величин этих параметров, но и правильное соотношение между ними, которое характеризуется степенью обжатия Δh .

На рис. 75 представлены графики, позволяющие установить зависимости для выбора скорости подачи S_b и окружной скорости накатников v при различных значениях степени обжатия Δh .

Оптимальные режимы горячего накатывания прутковым (осевым) способом подбирают с учетом обеспечения нагрева поверхности заготовки при ее прохождении через индуктор. Поэтому сначала определяют осевую скорость подачи заготовки, при которой поверхность нагревается на заданную температуру и глубину, затем подбирают частоту вращения накатников. Исходя из опыта эксплуатации зубонакатного оборудования для шестерен с модулем 1,5...3 мм и диаметром 24...200 мм ре-

комендуемые значения скорости осевой подачи 5...15 мм/с, окружной скорости накатников 0,5...0,7 м/с.

Калибровка накатников. В процессе накатывания размеры зубьев и их профиль определяются размерами и профилем зубьев накатников и межцентровым расстоянием, при котором заканчивается этот процесс.

Кинематика процесса накатывания зубчатых колес аналогична кинематике процесса нарезания их долбяком на зубодолбежном станке. Поэтому зацепление накатника с заготовкой имеет все элементы станочного зацепления долбяка с заготовкой. Размеры зубьев, получаемые в процессе накатывания, можно определить по формулам, применяемым в теории эвольвентного зацепления.

Толщина зуба горячего колеса по делительной окружности

$$s' = m \left[\frac{\pi}{2} + (z_n + z_k)(\text{inv}\alpha_n - \text{inv}\alpha_0) \right],$$

Ширина впадины по делительной окружности соответственно равна

$$u' = m \left[\frac{\pi}{2} - (z_n + z_k)(\text{inv}\alpha_n - \text{inv}\alpha_0) \right],$$

где m — модуль зацепления; z_n и z_k — числа зубьев соответственно накатника и заготовки; $\text{inv}\alpha_n$, $\text{inv}\alpha_0$ — инвариантные функции угла зацепления при накатывании;

$$\text{inv}\alpha_n = \text{inv}\alpha_0 + 2 \text{tg}\alpha_0 \frac{\xi_k + \xi_n}{z_n + z_k},$$

где ξ_n и ξ_k — коэффициенты смещения исходного контура соответственно накатника и заготовки.

Высота зуба на колесе будет равна высоте зуба накатника:

$$h'_k = h_n.$$

Размеры колеса, полученные в результате охлаждения: m ; $d_{д.к}$; h_k ; $s_{д.к}$ будут связаны с размерами горячего колеса зависимостью

$$L = \frac{L'}{1 + \alpha t_k},$$

где L — размер заготовки в холодном состоянии; L' — соответствующий размер заготовки в горячем состоянии; α — термический коэффициент линейного расширения; t_k — температура нагрева заготовки.

Накатывание заготовки в горячем состоянии некорректированным накатником при межцентровом расстоянии $A = 1/2[m(z_n + z_k)]$ не обеспечивает предусмотренных ГОСТом размеров у холодных накатанных колес. Вследствие того, что шаг накатанных зубчатых колес по основной окружности отличается от шага накатников, нарезанных нормальным инструментом, правильное их зацепление с колесами нормального ряда невозможно. В этом случае рекомендуется выполнять накатывание при нормальном межцентровом расстоянии накатником с нестандартным углом профиля, определяемым по формуле:

$$\cos \alpha_d = \cos \alpha_0 \frac{1 + \alpha t_n}{1 + \alpha t_k},$$

или с нестандартным модулем

$$m_n = m \frac{1 + \alpha t_k}{1 + \alpha t_n},$$

где α_d — угол профиля на делительной окружности, t_n , t_k — соответственно начальная и конечная температура заготовки.

При накатывании зубьев корригированных колес размеры инструмента рассчитывают по принятой в теории эвольвентного зацепления методике.

Более простым способом накатывания, не требующим сложного корригирования инструмента, является выбор соответствующего межцентрового расстояния при накатывании зубьев нулевых и корригированных зубчатых колес.

В этом случае основные размеры накатника определяют по следующим формулам.

Делительный радиус накатника

$$r_{д.н} = \frac{mz_n}{2}.$$

Толщина зуба на начальной окружности

$$s_n = \frac{\pi m}{2} \frac{1 + \alpha t_k}{1 + \alpha t_n}.$$

Высота зуба накатника

$$h_n = 2,2m \frac{1 + \alpha t_k}{1 + \alpha t_n}.$$

Диаметр выступов накатника

$$D_{е.н} = m(z_n + 2,4) \frac{1 + \alpha t_k}{1 + \alpha t_n}.$$

Диаметр впадины накатника

$$D_{в.н} = m(z_n - 2) \frac{1 + \alpha t_k}{1 + \alpha t_n}.$$

Основной шаг накатника

$$t_0 = \pi m \cos \alpha_0.$$

Накатывание зубьев колес со стандартными размерами можно выполнять накатником, нарезанным нормальным инструментом, корригирование которого заключается в увеличении высоты зуба и уменьшении его толщины. Необходимость такой коррекции накатников возникает в процессе накатывания при радиальной подаче инструмента.

Поправка на высоту зуба накатника

$$\Delta h = \frac{h_k \alpha (t_n - t_k)}{1 + \alpha t_n}.$$

Поправка на толщину зуба накатника

$$\Delta s = \frac{s_{д.к} \alpha (t_n - t_k)}{1 + \alpha t_n}.$$

Предельные коэффициенты смещения, исходя из возможности изготовления накатников без подрезания или среза зубьев, определяют из формулы

$$z_n = \frac{34(\chi'_n + 1)}{17\xi'_k \operatorname{tg} \beta + 2},$$

где $\chi'_n = \chi_n + \chi_c$ — коэффициент высоты зуба (χ_n — коэффициент ножки колеса; χ_c — коэффициент зазора). При заданном числе зубьев накатываемого колеса и фактическом коэффициенте коррекции по последней формуле можно определить минимальное число зубьев накатника, при котором явление подрезания будет отсутствовать. Срез головок зубьев накатника, приводящий к заострению вершин или уменьшению высоты зубьев, может возникнуть при накатывании зубьев колеса с положительным коэффициентом коррекции. Угол заострения может быть определен по инвалюте угла:

$$\operatorname{inv} \alpha_x = \operatorname{inv} \alpha_0 + \frac{\pi i + 2 \operatorname{tg} \alpha_0 (\xi'_k z_k \operatorname{tg} \beta 2 i \chi_n)}{2 z_k}.$$

Угол заострения α_x должен быть больше угла давления в точке профиля на вершине зубьев накатника α_R , который определяют по формуле

$$\cos \alpha_R = \frac{\cos \alpha_0}{1 + \xi'_k \operatorname{tg} \beta},$$

где β — угол наклона прямой к оси (см. рис. 73).

Конструкция и технология изготовления накатного инструмента. В ком-

плект рабочего инструмента для радиального накатывания крупномодульных эвольвентных зубчатых колес входят гладкие обкатные валки и зубчатые накатники с ограничительными ребордами, устанавливаемые или непосредственно на опору, или на промежуточную оправку. Нарезание зубьев накатников выполняют на обычных зубофрезерных станках. После нарезания зубьев накатники закалывают до твердости 48...52 HRC, а затем шлифуют по всем поверхностям.

Инструмент для пруткового способа накатывания представляет собой зубчатое колесо с двумя заходными участками со стороны торцов и калибрующей частью в середине. На заходном участке со стороны переднего торца осуществляется основное пластическое деформирование. Калибрующая часть служит для окончательного оформления профиля накатываемого колеса, второй заходной участок — для выхода зубчатого колеса. Угол заборного конуса при горячем накатывании составляет 10...13°, при холодном накатывании в зависимости от материала колес 5...15°.

Для накатывания зубьев колес с зацеплением Новикова применяют две пары накатников. Передачи с единым исходным контуром (заполюзное зацепление) накатывают двумя парами накатников — делительными и калибровочными. Первые имеют ограничительные реборды. Нарезание зубьев делительных накатников осуществляют специальной дисковой фрезой методом единичного деления. Для накатки колес с исходным контуром «Урал-2Н» (дозаполюзное зацепление) применяют только делительные накатники. Эти накатники рассчитывают из условия правильного деления и нарезают дисковой фрезой методом единичного деления.

Зубья накатников для изготовления звездочек изготавливают методом обкат-

ки долбяком с размерами зубьев нака-
тываемой звездочки.

В качестве материала для изготовле-
ния накатников рекомендуются стали
марок 50Х6ВФМ и 55Х6ВС3МФ. Сталь
55Х6ВС3МФ рекомендуется для изго-
товления накатников горячего нака-
тывания.

К особенностям технологического
процесса изготовления зубонакатного
инструмента относятся операции полу-
чения поковок, а также термической об-
работки, так как несоблюдение режимов
обработки на этих операциях приводит к
снижению стойкостных показателей ра-
боты инструмента. Нагрев заготовок под
ковку ведут постепенно до 800...850 °С,
после чего следует быстрый нагрев до
1050...1100 °С. Температура начала ков-
ки должна быть 1050...1100 °С, темпера-
тура концаковки 850...900 °С. Для отжи-
га накатников применяют камерные или
муфельные печи.

До выполнения термической обра-
ботки закалки и отпуска, заготовки
накатников подвергают предваритель-
ному obtачиванию, во время которого
снимают основной припуск металла,
оставленный при получении поковки.
Заготовки под закалку нагревают сту-
пенчато в соляных ваннах при темпе-
ратуре от 300...400 °С до 800...850 °С.
Окончательный нагрев заготовки под
закалку осуществляют при 1000...
1020 °С в хлорбариевой ванне. Отпуск
проводят при 490...520 °С в селитровой
ванне. Отпуск при 350...370 °С осуще-
ствляют в ванне (расплав натриевой
селитры и нитрита натрия в соотноше-
нии 1 : 1), а также в электрической ка-
мерной печи. Чтобы придать стали
50Х6ВФМ свойства, необходимые для
инструмента, применяемого при горя-
чем пластическом деформировании
(высокой твердости, теплостойкости,
высоких механических свойств и др.),
ее надо закалывать от температуры по-
рядка 1060 °С.

Накатники, предназначенные для
изготовления шестерен с 15-м квалите-
том точности и ниже, как правило, не
шлифуют по профилю, а доводят на зу-
бофрезерных станках. Требуемых па-
раметров шероховатости поверхностей
профиля зубьев достигают полирова-
нием с применением необходимых аб-
разивных паст. Зубонакатный инстру-
мент с 10-м качеством точности и вы-
ше изготавливают в три этапа. Финиш-
ные операции делятся на получистовые
и чистовые, а также предусматривается
дополнительная операция старения.
Полирование всего профиля зубьев
применяют для накатников любого
качества точности.

Сила и крутящий момент на валки.
При радиальной накатке силу на вал-
ки с учетом увеличения давления на
накатники от наличия ограничитель-
ных реборд подсчитывают по формуле

$$P = 1,1 B p_{cp} m (1,84 + 3,1 f).$$

Составляющие общей силы, дейст-
вующей на накатники в заборной час-
ти при осевой накатке, определяют по
следующим формулам:

$$P_x = \frac{p_{cp} m^2}{\operatorname{tg} \beta} \times \\ \times [1,26(f \operatorname{tg} \beta + 1) + 0,6 f \sin \beta + 0,28];$$

$$P_y = \frac{p_{cp} m^2}{\operatorname{tg} \beta} [1,26(f + \operatorname{tg} \beta) + 0,68 f \cos \beta].$$

Добавочную радиальную силу при
осевой накатке в зависимости от дли-
ны калибрующего участка L_k накат-
ника определяют по формуле

$$P_k = 15 m L_k p_{cp}.$$

Добавочная осевая сила

$$P_{k.o} = 3 m L_k p_{cp}.$$

Крутящий момент на валки при осевой накатке

$$M = \frac{1,67 p_{\text{ср}} m^2 (1 + i)(1,84 + 3,1 f)}{i}$$

В приведенных формулах $p_{\text{ср}}$ — среднее контактное давление, принимаемое равным σ_s ; f — коэффициент трения, $f = 0,15 \dots 0,2$.

Оборудование для накатывания зубчатых колес и звездочек. Разработанные в настоящее время зубопрокатные станы типа ЭПС обеспечивают накатывание зубчатых колес с модулем 1,5...8 мм и диаметром до 600 мм. На базе этих станов создано оборудование для накатывания звездочек цепных передач.

Накатывание зубчатых изделий на станах выполняют с применением нагрева заготовок токами высокой частоты (ТВЧ). Станы полностью автоматизированы, обеспечивают высокую производительность процесса накатывания и хорошее качество зубчатых колес.

Основной характеристикой станов является максимальное произведение модуля на ширину зубчатого венца изготавливаемых колес.

Основные технические характеристики станов для накатывания цилиндрических зубчатых колес приведены в табл. 25. Технические характеристики станов для прокатки звездочек и для холодной прокатки зубчатых колес приведены в табл. 26 и 27.

25. Технические характеристики станов для накатывания зубчатых колес

Параметр	Модель стана				
	ЗПС-350	ЗПС-350-2М	ЗПС-450	ЗПС-1250	ЗПС-1700
Размеры прокатываемых колес, мм:					
диаметр	120...320	200...300	300...600	400...700	190...1000
ширина, не более	55	70	80	120	160
модуль, не более	9	9	10	10	15
Мощность, кВт:					
главного привода	40	45	100	236	200
генератора ТВЧ	250	—	500	—	—
Габаритные размеры, м	5×2,3×2,8	10,1×7,24×3,23	7,5×4×3,8	10,1×7,42×4,52	9,4×7,75×2,85
Масса, т	19,3	26,5	36	87	96
Производительность, шт/ч	20...30	40	25	12	5...10

26. Технические характеристики станов для прокатки звездочек

Параметр	Модель стана	
	ЗПС-250	ЗПС-350-1М
Размеры прокатываемых звездочек, мм:		
диаметр	60...320	60...400
ширина венца, не более	50	—
шаг, не более	25,4	25,4
Мощность главного привода, кВт	50,6	60

Окончание табл. 25

Параметр	Модель стана	
	ЗПС-250	ЗПС-350-1М
Габаритные размеры, м	5,05×3,23×2,29	6,8×5,0×3,167
Производительность, шт/ч	60...150	30...60
Масса, т	19,8	27,5

27. Технические характеристики станов для холодной прокатки зубчатых колес

Параметр	Стан 2,25	Стан 3	Стан для прокатки шлицевых валов
Размеры прокатываемого зубчатого профиля, мм:			
диаметр	20	45	56,6
длина	6000	До 2200	1430
модуль, не более	2,25	3	3 (высота шлиц)
Мощность главного привода, кВт	10,5	40	44
Габаритные размеры, м	7,22×1,12×1,23	5,96×1,36×1,4	9,925×2,225×1,6
Масса, т	4,4	—	18,5
Производительность, шт/ч	12...21	12...21	12...21

Технические характеристики стана для накатки внутреннего зацепления конструкции ВНИИметмаш приведены ниже.

Размеры прокатываемого колеса, мм:

наружный диаметр	250...350
ширина	40
модуль	4
Мощность главного привода, кВт	28
Габаритные размеры, м	3,65×2,8× 3,0
Масса, т	21
Производительность, шт/ч	20

Зубопрокатный стан ЗПС-120, предназначенный для прокатки мелко-модульных колес, имеет следующие технические характеристики.

Размеры прокатываемых колес, мм:

диаметр детали, не более	300
диаметр детали при радиальном внедрении вала, не менее	50
диаметр детали при осевом перемещении заготовки, не менее	35
модуль, не более	4
шаг, не более	19,05

Длина прокатываемой стопки, мм 180

Мощность, кВт:

 главного привода 36

 генератора ТВЧ 100

Габаритные размеры, м 4,7×1,9× 2,81

Масса, т 9,6

Производительность, шт/ч 30...120

9. ШТАМПОВКА НА ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ АВТОМАТАХ

Применение автоматов для горячей объемной штамповки в крупносерийном и массовом производстве является одним из перспективных направлений развития и совершенствования кузнечного производства. Производительность автоматов достигает 200 и более поковок в 1 мин, что во много раз превышает производительность универсального горячештамповочного оборудования.

При штамповке на автоматах достигается высокая стабильность размеров поковок с небольшими (0,5...1 мм на

сторону) припусками на последующую обработку резанием при отсутствии заусенцев и штамповочных уклонов на поковках. Это приводит к экономии металла (КИМ составляет около 0,84... 0,96) и последующей обработке резанием. Себестоимости поковок массой 0,5... 2 кг, изготавливаемых на автоматах, в 1,8 раза ниже, чем на универсальных горячештамповочных прессах.

Серийно выпускают автоматы с силой 400...15 000 кН, а по специальным заказам и до 28 000 кН. Развитие конструкций автоматов идет по пути увеличения их номинальной силы и расширения области эффективного применения.

Горячештамповочные автоматы работают как самостоятельные машины либо входят как составная часть в автоматические линии и комплексы.

Типовые поковки. Поковки, получаемые на горячештамповочных автоматах, можно разделить на две группы.

К первой группе относятся удлиненные поковки типа стержня с головкой. Это, в основном, болты большого диаметра.

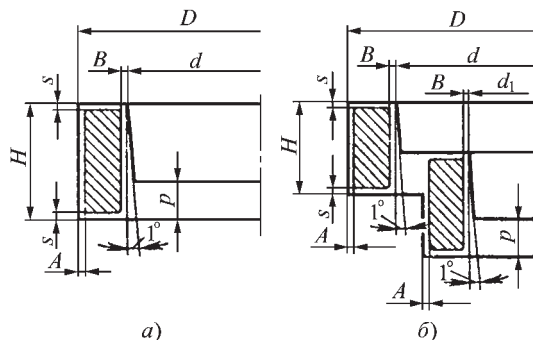


Рис. 76. Геометрические характеристики колец шарикоподшипников

Вторую группу поковок составляют короткие цилиндрические изделия типа гаек (шестигранных, квадратных, специальных), колец подшипников, шестерен, фланцев, высота которых обычно меньше диаметра. Сюда же относятся и более сложные, в том числе асимметричные поковки, штампуемые на автоматах с применением процессов прямого и обратного выдавливания.

Геометрические характеристики колец шарикоподшипников (рис. 76), получаемых на горячештамповочных автоматах АМР швейцарской фирмы «Хаттебур», приведены в табл. 28.

28. Геометрические характеристики, мм, колец шарикоподшипников, получаемых на горячештамповочных автоматах

Параметр (см. рис. 71, а, б)	АМР20	АМР30	АМР70
Диаметр D , не более	35	60	120
Допуски:			
на наружный диаметр D	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$
на внутренние диаметры d и d_1	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
на высоту кольца H	$\pm 0,2$	$\pm 0,25$	$\pm 0,3$
на эксцентricность	0,4...0,5	0,45...0,5	0,6...0,8
Припуски на обработку:			
A — по наружному диаметру на сторону	0,5	0,5	0,75
B — по внутреннему диаметру на сторону	0,75	0,75	1,2
s — по высоте	0,75	0,75	1
Толщина перемычки p под прошивку	$0,1d + 2$	$0,1d + 2$	$0,1d + 2$

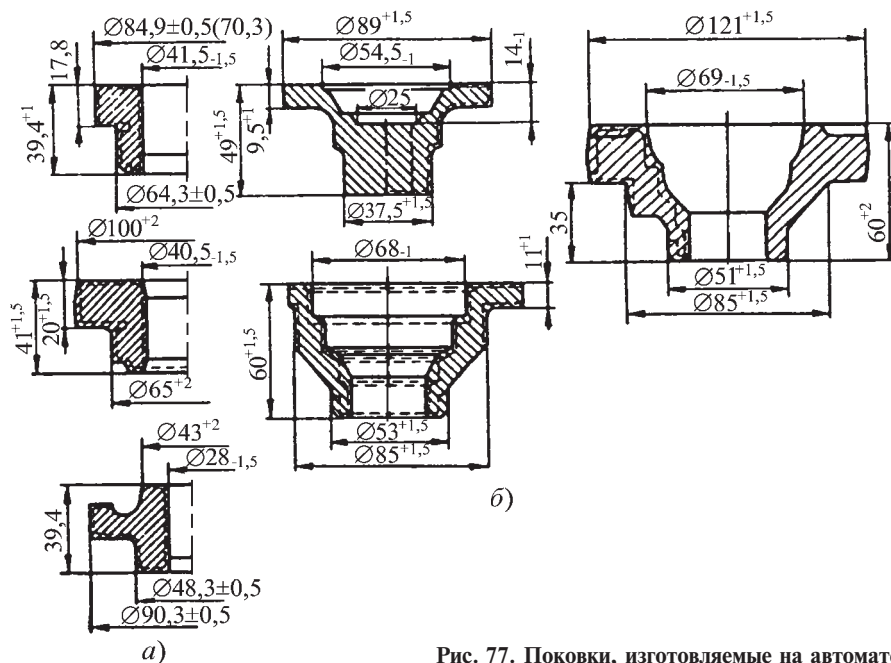


Рис. 77. Поковки, изготавливаемые на автомате GF-6

На рис. 77 показаны поковки шестерен (а) и фланцев (б), изготавливаемые на автомате GF-6 фирмы Pelzer (Германия). На этом автомате изготавливают поковки шестерен и фланцев семи типоразмеров массой 0,75...2,32 кг с производительностью 1500...4200 шестерен/ч или 1500...3000 фланцев/ч.

Чтобы выдержать заданные допуски при достаточно высокой стойкости инструмента, необходимо свести к минимуму образование окалины при нагреве, а также выполнить следующие требования:

1) отклонение диаметров прутков при использовании для штамповки горячекатаной стали не должно превышать 1 мм в одной партии, в противном случае следует выполнять калибровку или сортировку прутков;

2) высота кольца после штамповки должна составлять не более 0,8...0,9 его внутреннего диаметра.

Определение силовых параметров штамповки. В технических характеристиках горячештамповочных автома-

тов обычно указывают номинальную силу и наибольший размер отрезаемой заготовки.

Силу штамповки определяют по формуле

$$P = F \sigma_{\text{вф}} k n,$$

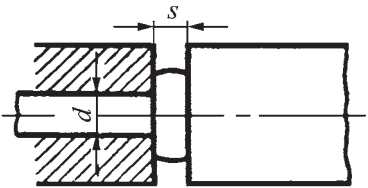
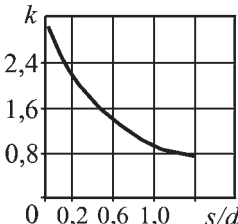
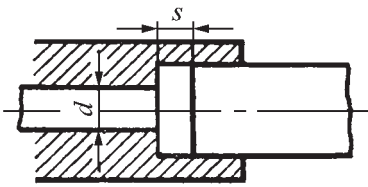
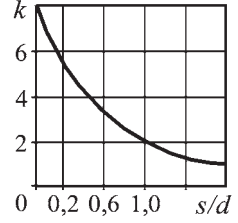
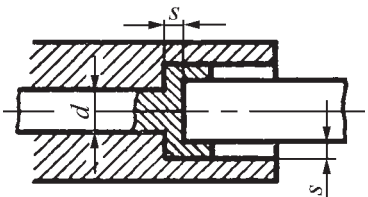
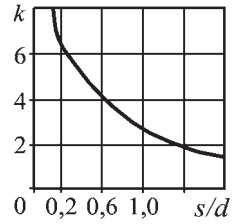
где F — площадь проекции поковки на плоскость, перпендикулярную к направлению движения ползуна; $\sigma_{\text{вф}}$ — временное сопротивление материала при температуре штамповки; k — коэффициент, учитывающий характер технологической операции (табл. 29); n — скоростной коэффициент, учитывающий скорость деформирования материала (рис. 78).

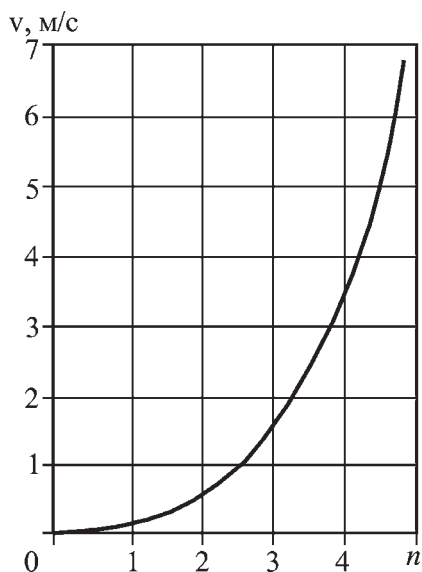
Силу отрезки заготовок с учетом притупления ножей определяют по формуле

$$P_{\text{от}} = 0,8 \sigma_{\text{вф}} D_{\text{заг}}^2,$$

где $D_{\text{заг}}$ — диаметр отрезаемой заготовки.

29. Зависимость коэффициента k от технологической операции

Операция	Схема штамповки	Коэффициент k
Осадка, свободная высадка		
Высадка в закрытой матрице		
Выдавливание и высадка тонкостенных полостей		

Рис. 78. К определению скоростного коэффициента n

Для нормальной стабильной работы необходимо гарантированное выталкивание изделий из матриц и пуансонов, что обеспечивается соответствующей силой выталкивания:

— для цилиндрических поковок

$$P_{\text{выт}} = \pi D_{\text{п}} H \mu p,$$

где $D_{\text{п}}$ — диаметр поковки; H — высота поковки; μ — коэффициент трения между поковкой и инструментом; $\mu = 1,05 - 0,0005t$ (t — температура штамповки); p — давление, $p = (0,8 \dots 1,0) \sigma_{\text{вт}}$;

— для шестигранных поковок (заготовок гаек)

$$P_{\text{выт}} = 3,5 S H \mu p,$$

где S — размер под ключ для данной заготовки гайки;

— для квадратных поковок

$$P_{\text{выт}} = 4bH\varphi,$$

где *b* — сторона квадрата.

Автоматы для горячей штамповки стержневых изделий. Горизонтальный однопозиционный автомат А315 с разъемной матрицей применяют для изготовления болтов.

Технические характеристики автомата А315 следующие.

Номинальная сила, кН	2500
Размеры штампуемых заготовок, мм:	
диаметр	27...36
длина	50...250
Ход ползуна, мм	280
Производительность автомата (регулируемая), шт/мин	41–63–85
Установленная мощность электродвигателя, кВт	35
Габаритные размеры автомата, м:	
длина	4,75
ширина	3,1
высота (над уровнем пола)	2,3
Масса автомата, т	29

Вертикальные прессы-автоматы «Polimaster» фирмы Pelzer (Германия) имеют три или четыре штамповочные позиции (табл. 30). Они обычно работают, в составе автоматических линий, включающих оборудование для отрезки заготовок, нагрева участка заготовки под штамповку, а также автоматы для последующей обработки (редуцирование стержня, обрезка облоя, накатка резьбы). Подачу заготовок в пресс, их передачу между позициями штамповки и удаление отштампованных заготовок осуществляет грейферный механизм.

Многопозиционный автомат BSRV фирмы Kieserling (Германия) с шестью матрицами предназначен для горячей штамповки штучных заготовок диаметром 12...25 мм, длиной 60...200 мм с производительностью 60 шт/мин. Шестигранную головку болта оформляют за три рабочих перехода. Передачу заготовок между позициями штамповки производят непосредственно матрицы, рас-

30. Технические характеристики прессов-автоматов фирмы Pelzer (Германия)

Параметр	PM160	PM250	PM450	PM630	PM800	PM1000	PM1250	PM1500	PM2000
Номинальная сила прессы, кН	1600	2500	4500	6300	8000	10 000	12 500	15 000	20 000
Число штамповочных позиций	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Частота ходов штамповочного ползуна, мин ⁻¹	60	60	50	50	40	40	40	30	30
Ход штамповочного ползуна, мм	180	315	275	350	350	350	350	400	400
Диаметр, мм:									
штамповочной матрицы	130	150	220	275	300	335	360	400	450
пуансонов	45	55	75	90	100	110	125	140	160
Длина штампуемой заготовки, мм	75	125	125	150	150	175	175	200	200
Мощность электродвигателя, кВт	30	50	80	120	150	200	250	300	380
Масса прессы, т	21	33	61	85	105	140	175	210	280

положенные в периодически поворачиваемся блоке. В комплект автомата входит стеллаж для подачи прутков, пресс для рубки заготовок, индукционное нагревательное устройство и средства транспортирования.

Автоматы для горячей штамповки коротких изделий. При штамповке гаек, шестерен, колец шарикоподшипни-

ков прутков подается с автоматического стеллажа в индукционный нагреватель, а из него непосредственно в автомат на позицию отрезки штучных заготовок. Технические характеристики отечественных автоматов представлены в табл. 31. Автоматы, как правило, имеют три штамповочные позиции. Штамповка производится одно-

31. Технические характеристики автоматов для горячей штамповки отечественного производства

Параметр	A3422	AA3424	A3426	A3629	A0341
Номинальная сила автомата, кН	400	1250	2000	3150	12 500
Число рабочих позиций	3	3	3	3	4
Диаметр исходной заготовки, мм	12...18	20...28	До 40	До 45	36...60
Длина отрезаемой заготовки, мм	14...22	18...45	38	45	45...135
Размеры поковки, мм:					
диаметр, не более	30	50	55	80	120
высота	8...17	14...30	35	35	70
Частота ходов штамповочного ползуна (регулируемая), мин ⁻¹	150...220	100...150	55...70	45...70	35...70
Расстояние между позициями, мм	90	140	180	210	320
Ход штамповочного ползуна, мм	90	140	200	220	320
Диаметр матриц, мм:					
на первой позиции	65	110	140	160	200
на второй и четвертой позициях	80	130	165	210	270
на третьей позиции	65	110	140	160	270
Ход выталкивателя из матриц, мм	28	46	50	70	130
Мощность электродвигателя, кВт	14	45	40	75	300
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	3,5	6	10	20	195
Габаритные размеры автомата, м	3,0×1,61×1,67	4,44×2,4×2,46	4,42×2,82×2,37	6,4×3,92×2,4	10,75×7,55×5,5
Масса автомата, т	8,5	24,3	30	54,4	165

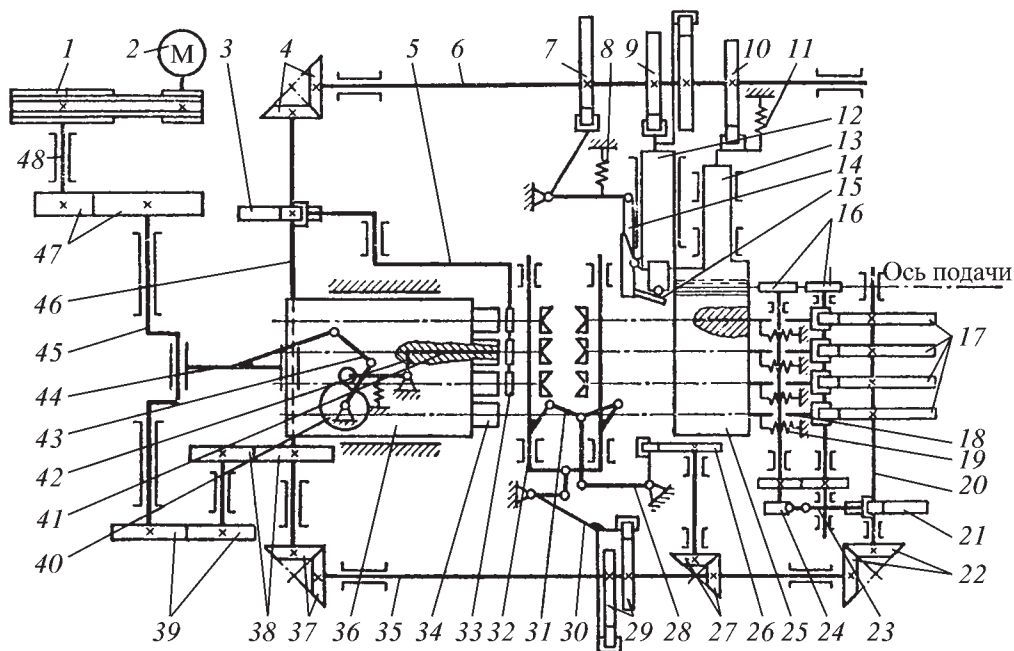


Рис. 79. Кинематическая схема горячештамповочного автомата

временно на всех позициях с выдачей готовой поковки после каждого хода ползуна. Крупные автоматы выполняются четырехпозиционными.

Типовая кинематическая схема большинства отечественных и зарубежных конструкций горячештамповочных автоматов приведена на рис. 79. Электродвигатель 2 (обычно постоянного тока с возможностью регулирования частоты вращения) через клиноременную передачу вращает маховик 1 со встроенной в него фрикционной пневматической муфтой включения. При включении муфты вращение передается на приводной вал 48, а с него через зубчатые колеса 47 на кривошипный вал 45. Последний через шатун 44 перемещает ползун 36 с закрепленными на нем пуансонами 34. Ход ползуна S устанавливают в зависимости от длины заготовки $l_{\text{заг}}$: $S = (2,3 \dots 2,75) l_{\text{заг}}$. Через зубчатые колеса 39 и 38 вращение передается на поперечный вал 46 и с

него посредством конических зубчатых колес 4 и 37 на два продольных распределительных вала 6 и 35.

От распределительного вала 6 приводится в действие механизм отрезки заготовок. Кулачки 9 перемещают ножовой шток 12 с отрезным ножом в форме полукруга (для лучшего охвата заготовки). Средняя скорость перемещения ножового штока при рабочем ходе 0,7...0,85 м/с, а при обратном (холостом) ходе 0,8...1,0 м/с. При отрезке и переносе заготовки на первую штамповочную позицию она захватывается пальцем 15. Последний перемещается клином 14, приводимым в движение от кулака 7 через рычажную систему. Возвращение в исходное положение осуществляется пружиной 8. Механизм переноса заготовок между позициями штамповки 32 получает возвратно-поступательное движение от распределительного вала 35 через прямой и обратный кулачки 29 и рычажную систему 30. Средняя ско-

рость как рабочего, так и холостого хода механизма переноса заготовок 1,2...1,35 м/с. Поворот скалок для раскрытия и закрытия клещей в соответствии с циклограммой работы производится через рычажную систему 31 и 28 от кулачка 26 с приводом от распределительного вала 35 через конические зубчатые колеса 27.

Зажимная матрица 13 перемещается кулачком 10 на распределительном валу 6 и возвращается в исходное положение пружиной 11.

Выталкиватели 18 в блоке матриц 25 срабатывают от кулачков 17, установленных на валу 20, который получает вращение от распределительного вала 35 через конические зубчатые колеса 22. В исходное положение выталкиватели возвращаются пружинами 19.

Выталкиватели 41 заготовок из пуансонов приводятся в движение шату-

ном 44 через рычажную систему 43 и кулачок 40. Возврат выталкивателей в исходное положение осуществляется пружинами, действующими на двуплечие рычаги 42. Средняя скорость перемещения выталкивателей заготовок из матриц 1,2...1,5 м/с, из пуансонов 0,4...0,6 м/с. Контроль залипания заготовок производится шупами 33, приводимыми в действие кулачком 3 через рычажную систему 5.

Механизм подачи прутковых заготовок состоит из двух пар подающих роликов 16 с приводом только на нижние ролики от кулачка 21 через рычажную систему 23 и обгонную муфту 24.

Большое распространение в нашей стране и за рубежом получили горяче-штамповочные автоматы швейцарской фирмы Hatebur, технические характеристики которых представлены в табл. 32. Рекомендации по определе-

32. Технические характеристики автоматов фирмы Hatebur (Швейцария)

Параметр	AMP20	AMP30	AMP50	AMP70	AMP70L
Номинальная сила автомата, кН	600	2300	8000	12 000	15 000*
Число рабочих позиций	3	3	4	4	4
Диаметр исходной заготовки, мм	14...25	18...40	28...50	36...60	36...75
Длина отрезаемой заготовки, мм	15...40	20...72	32...110	45...135	52...150
Наибольший диаметр поковки, мм	35	64	92	120	145
Масса поковки, кг	0,02...0,15	0,05...0,7	0,17...1,7	0,4...3,0	0,5...5,0
Частота ходов штамповочного ползуна (регулируемая), мин ⁻¹	120...180	85...140	55...90	45...70	45...70
Расстояние между позициями, мм	110	160	240	320	320
Диаметр матриц, мм:					
на первой позиции	80	125	160	200	200
на второй и четвертой позициях	100	150	200	270	290**
на третьей позиции	80	120	200	270	290
Ход штамповочного ползуна, мм	110	160	240	320	320
Ход выталкивателя, мм:					
из матриц	55	70	90	130	130; 150
из пуансонов	—	—	35	50	По заказу

Окончание табл. 32

Параметр	AMP20	AMP30	AMP50	AMP70	AMP70L
Мощность электродвигателя, кВт	40	100	320	450	450
Расход охлаждающей воды при давлении 400 кПа, м ³ /ч	8	30	60	80	80
Расход воздуха на всасывании ^{***} , м ³ /ч	3	3	3	4	4
Габаритные размеры автомата, м	3,2×2,6×1,55	5,0×3,7×2,0	7,5×5,2×2,65	9,2×6,2×3,1	9,2×6,2×3,1
Масса автомата, т	11	35,8	77	168	172

* Наибольшая сила штамповки на первой позиции 3000 кН, на второй и третьей — до 9000 кН и на четвертой — 7000 кН.

** На четвертой позиции диаметр матрицы 270 мм.

*** Давление сжатого воздуха 550...1000 кПа.

33. Рекомендуемые размеры гаек, заготовок и частота ходов штамповочного ползуна

Параметр	Диаметр заготовки, мм				
	14	16	18	20	22
Автомат AMP20					
Размеры гайки, мм:					
диаметр резьбы	M12	M14	M16	M18	M20
размер под ключ	19	22	24	27	30
высота	9,5	11	13	15	16
Длина отрезаемой заготовки, мм	14,9	17,8	19,0	22,8	24,6
Диаметр прошиваемого в гайке отверстия, мм	10	11,7	13,7	15,1	17,1
Толщина «выдры», мм	2,0	2,2	2,7	3,1	3,3
Частота ходов штамповочного ползуна, мин ⁻¹	150...180	150...180	130...150	130...150	120...140
Производительность (ориентировочная) автомата, кг/ч	194	300	345	510	610

Параметр	Диаметр заготовки, мм						
	20	22	22	25	28	32	36
Автомат AMP 30							
Размеры гайки, мм:							
диаметр резьбы	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36
размер под ключ	27	30	32	36	41	46	55
высота	15	16	17	18	20	22	29
Длина отрезаемой заготовки, мм	22,8	24,6	28,8	30,7	35	37,6	50,7
Диаметр прошиваемого в гайке отверстия, мм	15,1	17,1	19,1	20,5	23,5	25,9	31,3
Толщина «выдры», мм	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,2	5,8
Частота ходов штамповочного ползуна, мин ⁻¹	140	140	140	120	120	120	100
Производительность (ориентировочная) автомата, кг/ч	475	620	720	850	1220	1700	2430

нию размеров заготовок и оптимальной производительности горячей штамповки гаек на этих автоматах приведены в табл. 33.

Технические характеристики горячештамповочных автоматов GF фирмы Pelzer (Германия) приведены в табл. 34.

Технологические процессы и инструмент для штамповки на автоматах. На рис. 80 показаны переходы штампов-

ки заготовок колец подшипников на горячештамповочном автомате АМР70 по технологии 1-го ГПЗ с получением сразу трех различных колец за один ход ползуна. Отрезанная от нагретого прутка заготовка свободно осаживается на первой позиции. На второй позиции формируется поковка, на третьей позиции поковка разделяется на два кольцевых элемента. Один элемент

34. Технические характеристики автоматов типа «Forgemaster» фирмы Pelzer (Германия)

Параметр	GF-2	GF-3	GF-3S	GF-4
Номинальная сила автомата, кН	1000	2000	3000	4500
Наибольшие размеры поковки, мм:				
диаметр	40	50	65	80
высота	30	38	45	58
Масса поковки, кг, не более	0,19	0,35	0,70	1,4
Размеры исходной заготовки, мм, не более:				
диаметр	25	30	40	50
длина	50	65	75	90
Ход штамповочного ползуна, мм	100	130	160	180
Частота ходов штамповочного ползуна (регулируемая), мин ⁻¹	80...120	70...110	60...100	55...90
Запас полезной энергии за один ход ползуна, кДж/ход	7	18	34	57
Мощность электродвигателя, кВт	30	55	75	132
Масса автомата, т	28	35	41	67
Номинальная сила автомата, кН	6000	8000	12 500	15 000
Размеры поковки, мм, не более:				
диаметр	95	105	130	145
высота	70	82	105	120
Масса поковки, кг, не более	1,8	2,3	3,5	4,5
Размеры исходной заготовки, мм, не более:				
диаметр	55	60	70	80
длина	110	125	140	160
Ход штамповочного ползуна, мм	220	260	320	360
Частота ходов штамповочного ползуна (регулируемая), мин ⁻¹	50...80	45...80	40...70	35...60
Запас полезной энергии за один ход ползуна, кДж/ход	93	145	240,5	320
Мощность электродвигателя, кВт	160	250	315	365
Масса автомата, т	103	128	190	240

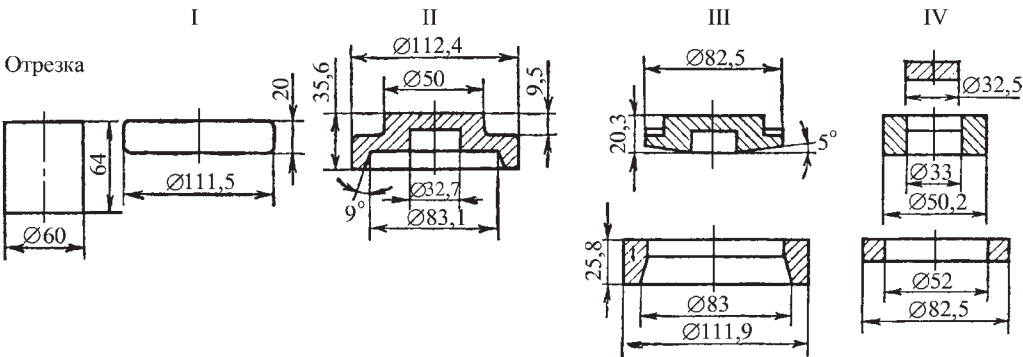


Рис. 80. Переходы штамповки колец подшипников

является заготовкой кольца, другой на четвертой позиции разделяется на две кольцевые заготовки. В табл. 35 приведены другие варианты технологических процессов штамповки кольцевых заготовок, разработанные на 1-м ГПЗ.

На рис. 81 показаны технологические переходы штамповки поковок шестерен (а) и фланцев (б), изготавливаемых на автомате GF-6.

Инструмент, установленный на горячештампочных автоматах, работает в крайне тяжелых условиях с боль-

35. Варианты штамповки трех кольцевых элементов

№	I позиция	II позиция	III позиция	IV позиция
I				
II				
III				

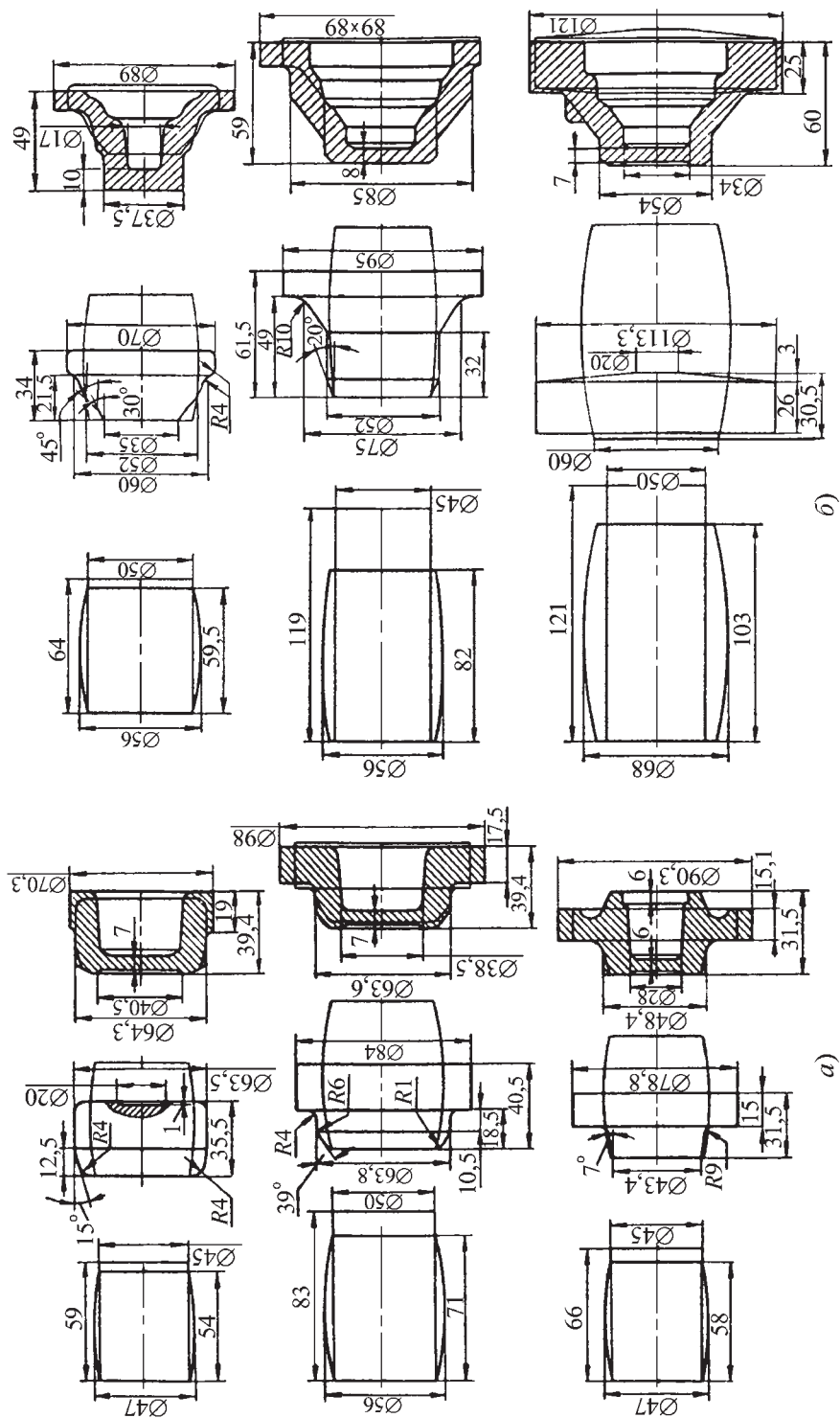


Рис. 81. Переходы штамповки поковок шестерен (а) и фланцев (б)

шими силовыми и термическими нагрузками. Он должен обладать достаточной стойкостью, чтобы обеспечить высокую производительность, требуемую точность поковок, а также минимальные простои оборудования из-за замены инструмента.

Основной причиной износа инструмента является появление и развитие сетки разгарных трещин. Прошивники пуансонов выходят из строя из-за износа истиранием и реже из-за смятия элементов гравюры.

Пуансоны и матрицы обычно изготавливают из стали 3Х3М3Ф с термообработкой до 50...52 HRC и с толщиной азотированного слоя 0,2...0,3 мм. Эффективным является применение твердосплавных вставок для некоторых элементов штампов, а также наплавка и напыление быстроизнашивающихся поверхностей гравюр твердыми сплавами. Большое значение имеет автоматическое нанесение эффективных смазок и интенсивное водяное охлаждение инструмента в процессе работы автоматов. Повышение стойкости инструмента позволяет реже выполнять контрольные операции при штамповке, а также расширить технологические возможности горячештамповочных автоматов за счет увеличения номенклатуры деталей, которые можно и экономически целесообразно на них штамповать.

На рис. 82 показан инструмент для штамповки заготовок шестерен на автомате GF-6 фирмы Pelzer (Германия).

На позиции отрезки установлены направляющие полувтулки 1, зажимные по-луматрицы 2 и ножи 3, соответствующие диаметру обрабатываемого прутка.

На первой позиции происходит осадка отрезанной заготовки с целью ее уш ирения и удаления окалины. Пуансон первого перехода состоит из рабочей вставки 4, корпуса 5, фланца 9. Фиксация отрезанной заготовки после

ее переноса механизмом отрезки осуществляется пальцем 8 и подпружиненной опорой 7, которая в крайнем переднем положении пуансона взаимодействует с пальцем 6. Осадочная плита 10 матрицы является универсальной для всех случаев свободной осадки заготовок.

На второй позиции выполняют предварительную штамповку. Пуансон второго перехода состоит из формообразующей вставки 18, фланца 19 и опоры 20. Прижимной палец-выталкиватель 21 связан с подпружиненным выталкивающим штырем 22, который опирается на шайбу 23. Матрица состоит из трех вставок 14, 15 и 16. Вставки 14 и 15 фланцем 17 прижимаются к опоре 13, смонтированной на подставке 12. Через полый выталкиватель 11 во вставку 14 подается охлаждающая вода. При выталкивании поковки вода через радиальные отверстия во вставке 14 поступает на внутренние поверхности вставок 15 и 16 для их охлаждения и удаления окалины из ручья.

На третьей позиции окончательно формируется поковка с наметкой отверстия. Пуансон и матрица третьего перехода в целом аналогичны применяемым на втором переходе. Матрица в труднозаполнимых участках имеет газоотводящие каналы, а пуансон — внутреннее охлаждение.

На четвертой позиции производится прошивка отверстия в поковке. Быстро-сменный прошивной пуансон 24 крепится к корпусу винтом. После прошивки отход (выдра) проталкивается пуансоном в матрицу и удаляется из нее под действием силы тяжести через наклонное отверстие, а поковка снимается с пуансона жестким съемником 25.

Диаметр штамповочных матриц D_m устанавливают в зависимости от наибольшего диаметра штампуемой поковки D_n . В четырехпозиционных автоматах на наиболее нагруженных

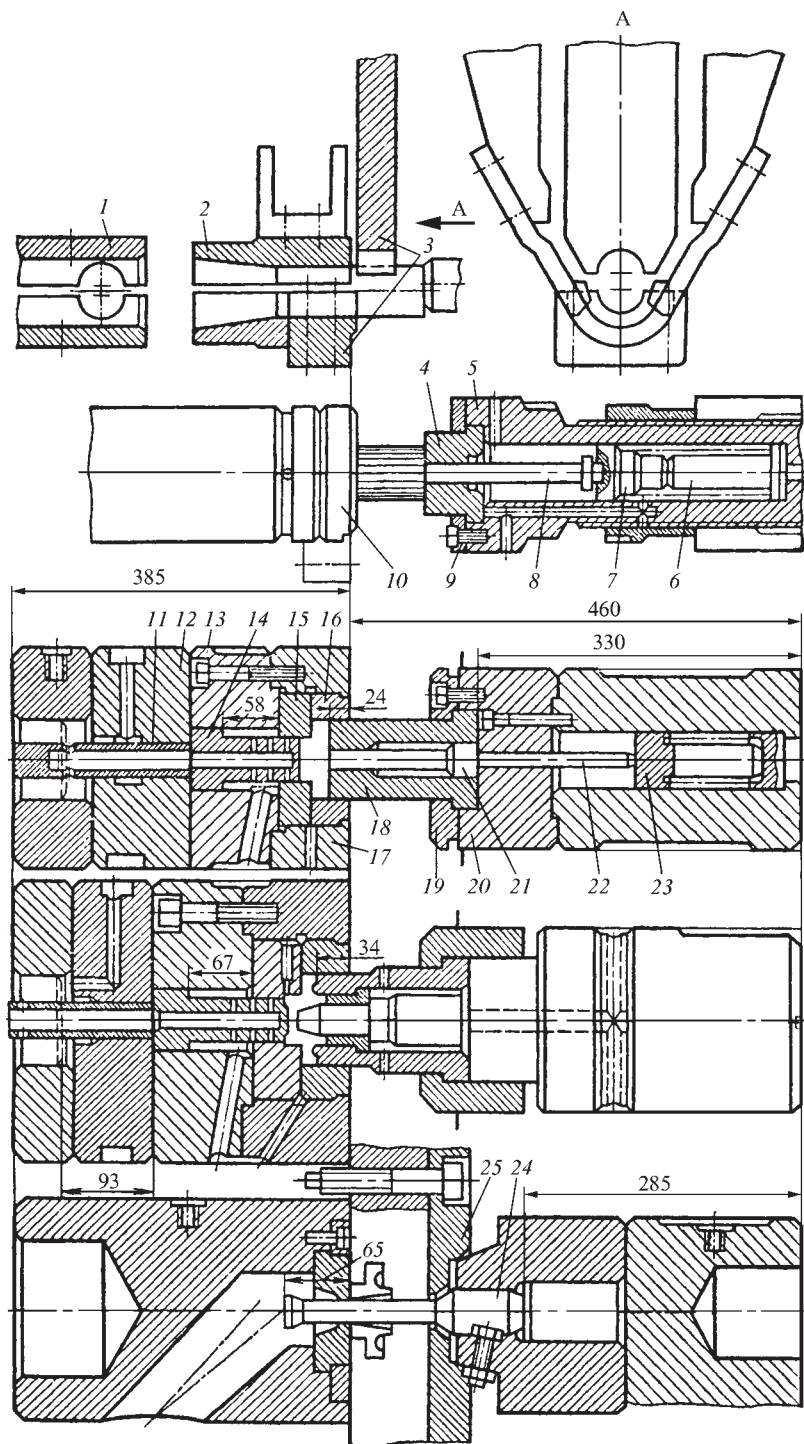


Рис. 82. Инструмент для штамповки заготовок шестерен

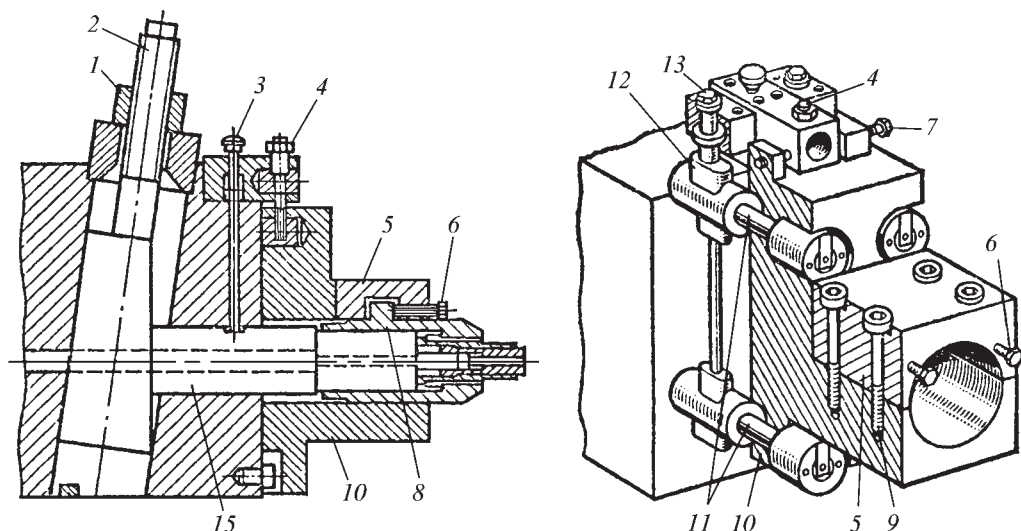


Рис. 83. Пуансонодержатели

второй и третьей позициях принимают $D_m = (2,25...2,75)D_n$. При этом для крупных автоматов берут коэффициент 2,25, а для мелких 2,75. На первой и последней позиции применяют матрицы несколько меньшего диаметра.

Перемычки между матрицами выбирают как из прочностных условий, так и из конструктивных соображений, чтобы обеспечить возможность размещения в них крепежных болтов или шпилек.

Крепление пуансонов производят в пуансонодержателях 10 (рис. 83), каждый из которых связан с ползуном четырьмя специальными болтами 11 и притягивается к его зеркалу винтами 13, перемещающими навстречу друг другу два натяжных клина 12, расположенных в ползуне автомата. Предварительное регулирование соосности пуансонов по матрицам проводят вертикальным и горизонтальным винтами 4 и 7 при освобожденных (примерно на 1/2 оборота) зажимных винтах 13. Затем с помощью микропривода вводят пуансоны в

матрицы и выполняют точное регулирование щупом, обеспечивая зазоры 0,1 мм. Осевое регулирование пуансонов производят скалкой 15 через клин 2 с гайкой 1. Выпадение клина при полном вывинчивании гайки 1 предотвращает ся планкой 14, а скалка от проворота удерживается фиксирующим штырем 3.

Для облегчения и ускорения смены пуансонов пуансонодержатели имеют съемные крышки 5, которые крепят болтами 9. После снятия крышек пуансоны легко перемещают с помощью тали.

При установке пуансона винты 6 освобождают, а после закрытия крышки с их помощью отжимают и фиксируют втулки 8 с пуансоном в осевом направлении.

В автоматах малого размера целесообразно применять плунжерное направление пуансонов в общем для пуансонов и матриц блоке. Такая конструкция обеспечивает точную соосность пуансонов и матриц независимо от бокового зазора ползуна и распределения нагрузок на ползун. Матричный блок (рис. 84) со-

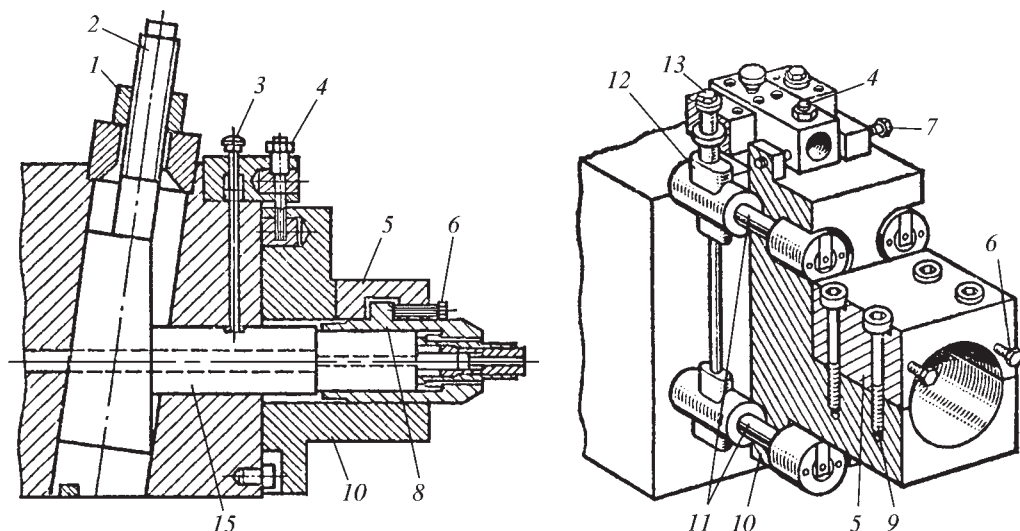


Рис. 84. Матричный блок крупного автомата

стоит из корпуса 13, двух крышек 7, 11 и клиновой зажимной плиты 9, выполненной в виде ласточкина хвоста. Штамповочные матрицы 10, 12, 14 и 15 крепятся в блоке крышками 7 и винтами 4 и 5, а отрезная полуматрица 8 — зажимной плитой 9, клином 1 и винтами 2 и 3. В матрицах и крышках выполнены резьбовые отверстия для рым-болтов 6, используемых при монтаже и демонтаже. Матричный блок крепится к станине на шпонках с прокладкой стальной термически обработанной плиты между блоком и станиной.

Большое значение имеет уменьшение трудоемкости и затрат времени на смену инструмента, особенно в крупных автоматах. Сокращение времени переналадки позволяет уменьшить простои оборудования и повысить гибкость производства за счет снижения минимального допустимого числа изделий в партии и, следовательно, расширения номенклатуры штампуемых на автоматах изделий.

Фирма Pelzer (Германия) разработала установку для автоматической смены инструмента. Необходимое число

держателей с пуансонами и матрицами помещают в гнезда револьверного блока, откуда они по команде с управляющего устройства передаются на рабочие позиции автомата с помощью системы выталкивателей, двуплечего рычага и грейферов.

Применение сменных, наладживаемых на специальном приспособлении матричных и пуансонных блоков и сменных механизмов переноса фирмы National (США) позволяет автомат любого размера полностью переналаживать на изготовление другого изделия за 4 ч. Большое значение для бесперебойной работы горячештамповочных автоматов и автоматизированных комплексов имеет наличие рационального запаса запасных частей и инструментальной оснастки.

10. ШТАМПОВКА НА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МОЛОТАХ

Штамповкой на высокоскоростных молотах (ВСМ) получают поковки различных конфигураций с тонкими ребрами, стенками, полотнами, чет-

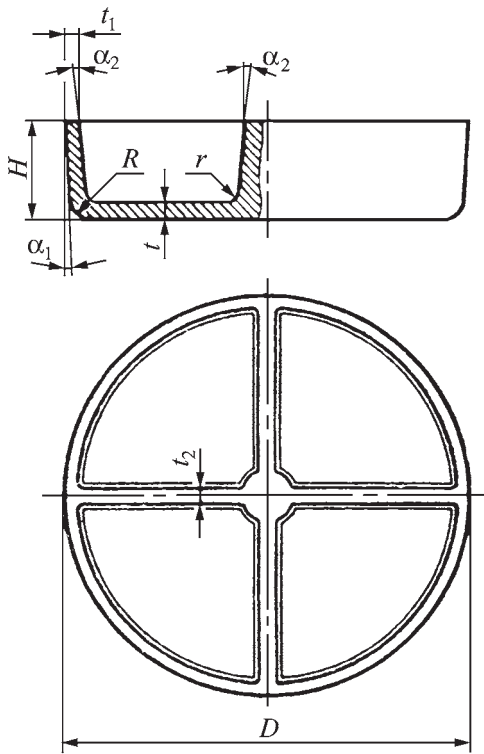


Рис. 85. Пример поковки, получаемый штамповкой на ВСМ

ким оформлением торцевого рельефа, в ряде случаев без обработки части поверхностей на металлорежущих станках.

Шероховатость поверхностей поковок из алюминиевых сплавов до $Ra\ 0,8$, из титановых сплавов и сталей $Rz\ 20$.

Классификация штамповочных поковок ВСМ включает следующие типы: стержни с утолщением (лопатки, клапаны); стержни с глухой полостью (стаканы, полусферы, крышки); диски (гладкие, со ступицей, с валом); детали с продольным и торцовым оребрением (стержни, стаканы, крыльчатки, шестерни с оформлением зубчатого контура); рычаги, кронштейны, фиттинги, корпуса, угольники и др.

Высокоскоростные молоты выпускаются серийно с наибольшей энер-

гией удара 25; 63; 160 и 250 кДж, а по особому заказу — 400 и 630 кДж. Технологические особенности серийно выпускаемых ВСМ: наличие нижнего выталкивателя; минимальная скорость удара 6 м/с; минимальный рабочий ход при наибольшей энергии удара 160 кДж в пределах 2...5 мм; отклонение величины энергии последовательных ударов составляет не более 2...5 % от номинального значения; рабочие циклы составляют 5...15 с.

Высокоскоростная штамповка, как правило, одноударная, но при обработке заготовок большой массы возможна штамповка и за два-три удара.

Целесообразность получения поковки штамповкой на ВСМ определяют исходя из анализа конфигурации и размеров изготавливаемой детали.

Минимальные размеры конструктивных элементов поковок (рис. 85) приведены ниже.

- Толщина стенки t_1 при $D/H = 2$, мм . . . 2,0
- Толщина ребра t_2 , мм:
 - при $H / t \leq 40$ (для алюминиевых и титановых сплавов) 1,2...2,0
 - при $H / t \leq 25$ (для сталей) 3,0
- Толщина полотна t , мм 3,0
- Радиусы закругления, мм:
 - внутренние r 3,0
 - наружные R 2,0
- Штамповочные уклоны α_1 и α_2 , град:
 - внутренние 0,5...1,0
 - наружные 0...0,5

36. Ориентировочные размеры и масса поковок

Параметр	Энергия удара ВСМ, кДж					
	25	63	160	250	400	630
Масса, кг	1,2	3,1	7,8	12	20	31
Размеры, мм:						
диаметр	120	160	220	250	300	350
высота	15	20	30	40	40	40

Указанные штамповочные уклоны следует назначать при оснащении штампа выталкивателем и съёмником, при их отсутствии штамповочные уклоны увеличивают.

Средние ориентировочные размеры и масса поковок, изготавливаемых на серийно выпускаемых ВСМ, приведены в табл. 36.

Составление чертежа поковки. Основные правила составления чертежей штампованных поковок ВСМ те же, что и для обычного оборудования.

Припуски на обработку поковок резанием назначают по ГОСТ 7505–89. Допуски на размеры между обрабатываемыми поверхностями назначают по первому классу точности (ГОСТ 7505–89). В отдельных случаях допуски могут быть расширены.

Допуски на размеры между поверхностями, выполняемыми без последующей обработки резанием, назначают 0,2...0,3 мм.

Напуски уменьшают за счет уменьшения штамповочных уклонов, а также более детального оформления торцового рельефа.

Для высоких, формуемых выдавливанием поковок желательно на части высоты поковки назначить уклон 0,5°.

Для отштампованной поковки в нижнем штампе выполняют поднутрение в виде кольцевой выточки глубиной 0,3...0,5 мм и высотой 2...3 мм или обратный уклон 0,5...1°. Глубину полости в верхнем штампе делают на 20...30 % меньше, чем в нижнем, а штамповочные уклоны поковки для ее верхней половины назначают: наружные 1,5...3°, внутренние 5...7°; для нижней — наружные 0...1°, внутренние 3...5°.

Разработка технологического процесса. При изготовлении штампованных поковок с необрабатываемыми

поверхностями исходная заготовка обтачивается до $R_z \leq 40$ мкм. Острые кромки торцов исходных заготовок, штампуемых в торец, скругляют (радиус скругления 3...5 мм или делают фаску $3 \times 45^\circ$).

Фасонирование исходных заготовок. Фасонирование исходных заготовок перед окончательной штамповкой производят при необходимости дополнительного перераспределения металла для более четкого оформления конструктивных элементов, повышения степени однородности структуры металла, обеспечения надежной фиксации заготовки в окончательном штампе.

Предварительное фасонирование заготовки целесообразно производить для изготовления поковок типа лопаток, клапанов, дисков с валом, рычагов, корпусов и др. Для поковок крыльчаток применяют коническую заготовку, у которой угол образующей конуса определяется конфигурацией и размерами оребренной части.

Окончательная штамповка поковок. Режимы деформирования поковок приведены в табл. 37, применяемые смазочные материалы для штампов — в табл. 38.

Перед штамповкой проводят предварительный нагрев штампов до 150...250 °С.

Заготовки нагревают в электрических, газовых и индукционных печах, предпочтительно безокислительного или малоокислительного нагрева (продолжительность нагрева, см. с. 272, т. 1). Энергию деформирования заготовок определяют по формуле

$$E = \eta e V k,$$

где η — КПД удара ВСМ, $\eta = 1,35...1,05$; e — удельная энергия деформи-

37. Основные параметры режима скоростной штамповки

Штампуемый материал	Температурный интервал штамповки, °С	Деформация при горячей штамповке ε , %, не более	Скорость истечения, м/с, не более
Алюминиевые сплавы	350...450	25...90 25...40	300...350* 100...150**
Титановые сплавы	900...1000	20...95	300...350
Стали:			
углеродистые, легированные, коррозионностойкие	950...1200	20...95	350...400
жаропрочные	1000...1200	15...90	300...350
быстрорежущие	950...1150	20...60	120...180
Жаропрочные сплавы на никелевой основе	1050...1150	40...50	—
Тугоплавкие сплавы	1200	70...90	300...350

* Типа АК6; В95.
** Типа АМг6.

38. Смазочные материалы для штампов, применяемые при высокоскоростной штамповке

Штампуемый материал	Тип поковок	Смазочный материал
Алюминиевые сплавы	Поковки сложных конфигураций с глубокими полостями, высокими полостями, высокими ребрами	1. Олеиновая кислота 2. Масло «Валор-Т» с добавлением 10...15 % (массовые доли) графита (ГОСТ 4404–78 (в ред. 2001 г.)) 3. Водно-графитовая и маслографитовая смеси с дополнительной подсыпкой сухого графита на поверхность заготовки 4. Стеарат натрия
Титановые сплавы	—	1. Нитрид бора* 2. Масло индустриальное с добавлением 30...40 % (массовые доли) графита
Стали коррозионно-стойкие	Поковки с тонкими элементами	90 % (массовые доли) олеата натрия и 10 % (массовые доли) дисульфида молибдена с добавлением 50 %-ного водного раствора олеата натрия
Стали углеродистые и легированные	—	1. Водный коллоидно-графитовый препарат ОГВ-50 или ОГВ-75 по ТУ 21-25-147–75 2. Масло «Валор-Т» с добавлением графита 15...20 % (массовые доли) (ГОСТ 4404–78 (в ред. 2001 г.))

* Наносится на заготовку.

рования (рис. 86); V — полный объем заготовки при деформировании осадкой или объем деформированной части заготовки, получаемой выдавливанием; k — коэффициент, учитываю-

щий сложность конфигурации поковки, $k = 1,1...1,8$.
Энергию, необходимую для оформления поковки сложной конфигурации, подсчитывают, суммируя резуль-

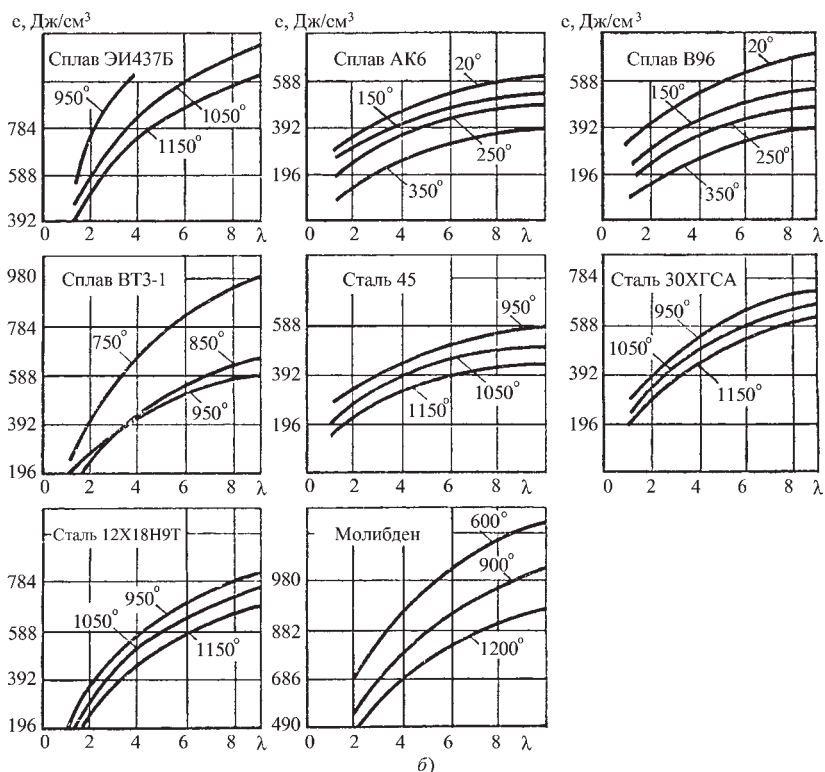
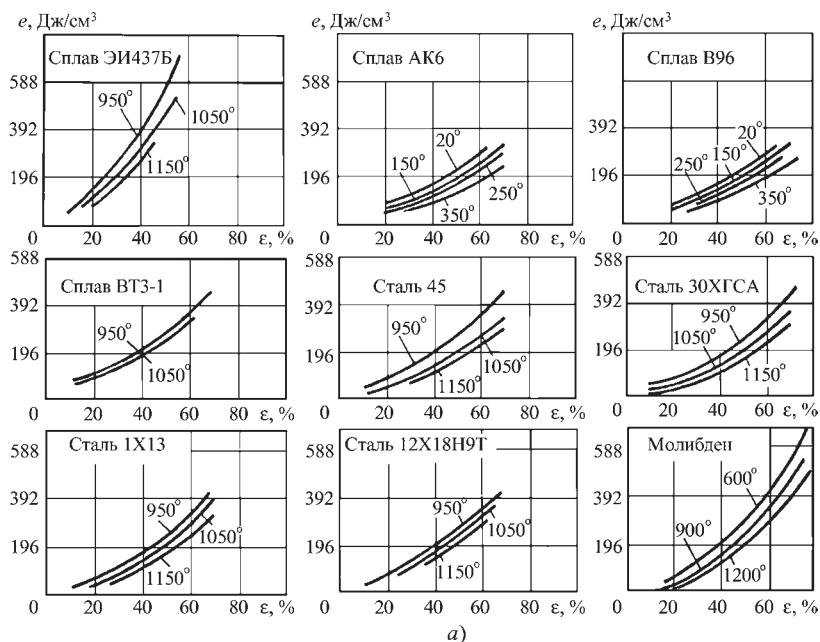


Рис. 86. Зависимости удельных энергий от температуры и степени деформации:
 а — при осадке; б — при выдавливании

таты по элементам, — отдельно для осадки и выдавливания.

Штамповая оснастка ВСМ. Для ВСШ применяют закрытые и открытые штампы. Конструкция закрытого штампа показана на рис. 87.

При проектировании пуансона необходимо выполнение следующих требований:

— отношение высоты рабочей части к диаметру пуансона не более трех;

— односторонний зазор между пуансоном и контейнером матрицы не менее 0,1 мм;

— радиусы переходов от рабочей части к опорной не менее 10 мм; внутренние радиусы ручья не менее 3 мм;

— отклонение от перпендикулярности опорной поверхности относительно оси пуансона не более 0,1 мм на 100 мм высоты пуансона;

— на наружной кромке рабочего торца необходимо выполнить фаску для предотвращения заштамповки в торец заготовки заусенца, образующегося в зазоре между контейнером матрицы и пуансоном;

— для оформления наметок и полостей следует применять составные пуансоны со сменными вставками.

Матрицы закрытых штампов могут иметь составную конструкцию, их выполняют в виде обойм со вставками. Вставки в зависимости от конфигурации поковки выполняют цельными или секционными.

При давлениях более 800 МПа вставки запрессовывают в обойму с натягами: $-(0,25...0,30)$ мм для диаметров 60...80 мм; $-(0,30...0,40)$ мм для диаметров 81...100 мм; $-(0,40...0,45)$ мм для диаметров 101...120 мм.

Контейнер матрицы выполняют с заходным конусом глубиной до 10 мм и углом 15°. В матрицах с глубокими глухими полостями (например, для оребренных поковок) в местах, заполняемых в последнюю очередь, предусматривают газоотводящие каналы (рис. 88). Шероховатость рабочих поверхностей матриц и пуансонов должна быть $Ra = 1,6...0,8$ мкм.

Конструкция выталкивателя определяется конфигурацией поковки. Типы некоторых применяемых выталкивателей показаны на рис. 89. При

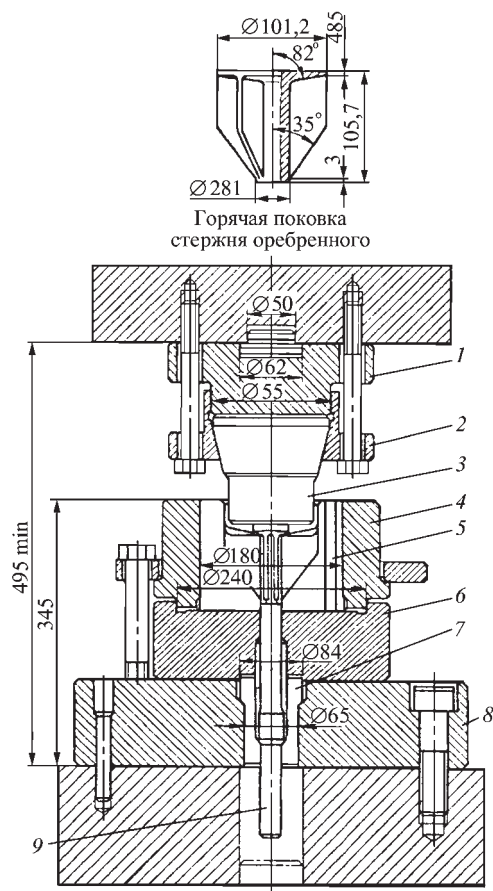


Рис. 87. Типовой закрытый штамп:

1 — плита подпуансонная; 2 — пуансонодержатель; 3 — пуансон; 4 — обойма матрицы; 5 — матрица секционная; 6 — плита подматричная; 7 — центрирующая втулка; 8 — плита подштамповая; 9 — выталкиватель

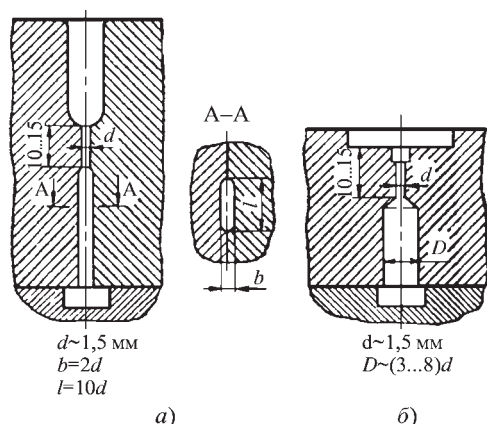


Рис. 88. Виды и основные размеры газоотводящих отверстий (каналов):

а — для секционной матрицы;

б — для цельной матрицы

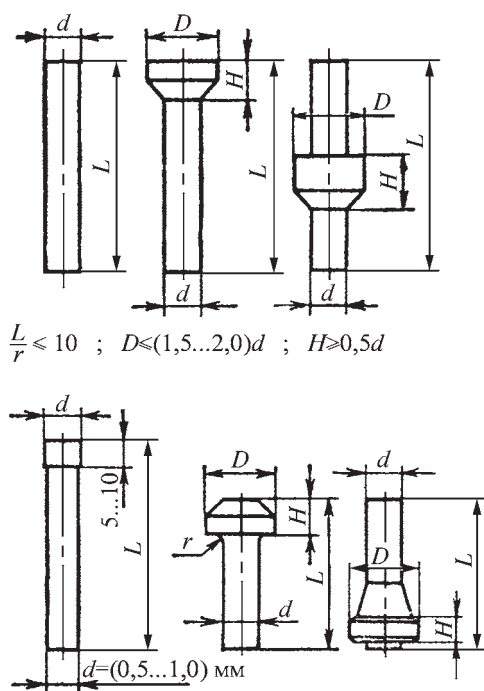


Рис. 89. Типы и размеры выталкивателей

проектировании выталкивателей необходимо выполнение следующих требований:

— длина выталкивателя $L \leq (6...8) d$;

— перед началом рабочего хода выталкиватель должен направляться в матрицу на высоту не менее $(1,5...2,0) d$;

— односторонний зазор между выталкивателем и матрицей для $d = 20...30$ мм — $0,1...0,15$ мм, для $d = 30...40$ мм не более $0,2$ мм;

— отклонение от перпендикулярности опорного торца относительно оси выталкивателя не более $0,02$ мм на 100 мм длины (высоты) выталкивателя;

— шероховатость поверхности выталкивателя $Ra \geq 0,8$ мкм.

Конструкция открытого штампа показана на рис. 90. При необходимости ручей штампа имеет канавку для клешевины (облойную канавку). В табл. 39 приведены геометрические параметры облойной канавки.

Центрирование верхней и нижней половин штампа осуществляется с помощью сухарей, вставляемых

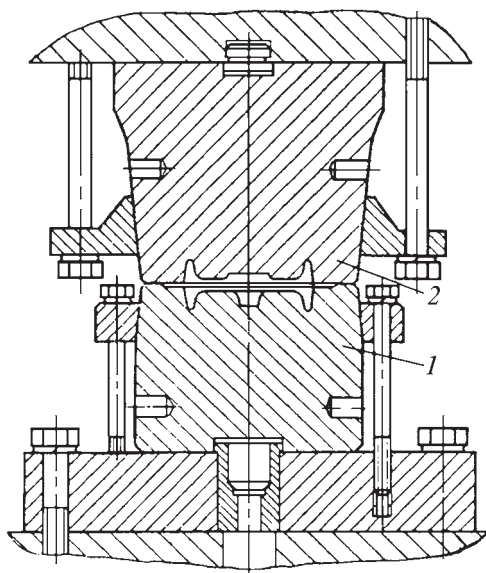
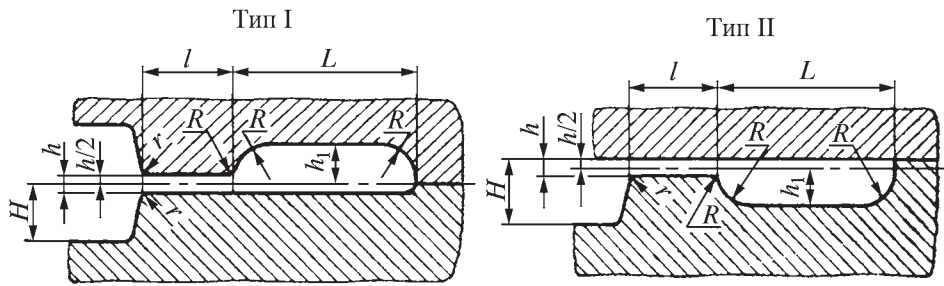


Рис. 90. Типовой открытый штамп:

1 — нижняя половина штампа; 2 — верхняя половина штампа

39. Размеры, мм, облойной канавки и радиусы закруглений кромок ручья штампа



Энергия удара, кДж				Скорость соударения, м/с			h	$h_1; R$	l	L	
40...70				10...14			2...3	5	12...14	30	
Св.	70	до	100	Св.	14	до	16	3...4	7	15...16	45
»	100	»	130	»	16	»	17	4...5	8	18...20	50
»	130	»	160	»	17	»	20	6	10	22...25	55
Энергия удара, кДж				При глубине ручья H							
				До 50		Св. 50 до 100		Св. 100 до 150		Св. 150 до 200	
40...70				1,5...2,0		2,0...3,5		3,0...5,0		4,0...6,0	
Св.	70	до	160	2,0...3,0		3,0...4,0		4,0...5,0		5,0...7,0	

в посадочные отверстия бабы и подштамповой плиты. Отклонение от соосности посадочных отверстий в бабе и плите не должно превышать 0,2...0,3 мм для ВСМ с энергией удара 160...250 кДж.

11. ЭЛЕКТРОВЫСАДКА

Характеристика технологического процесса. Электровысадка достигается при совмещении операций электронагрева методом сопротивления и деформирования нагреваемой части заготовки. Схема процесса показана на рис. 91.

Заготовка 3 зажимается радиальным электродом 2 с определенной силой P_1 . При этом часть заготовки, подлежащая электровысадке, находится между радиальным электродом

2 и упорным электродом 1, подключенными ко вторичной обмотке понижающего трансформатора 4 переменного тока промышленной частоты. Часть заготовки между электродами 1 и 2 разогревается до температуры штамповки. Одновременно с нагревом в осевом направлении на заготовку действует сила P , которая деформирует нагретую часть заготовки. В процессе электровысадки упорный электрод 1 перемещается с определенной скоростью, при этом холодная часть заготовки под действием силы прижима проскальзывает между радиальным электродом 2, а длина высаживаемой части заготовки увеличивается.

Процесс электровысадки дает возможность непрерывно деформировать нагретую часть заготовки при соблю-

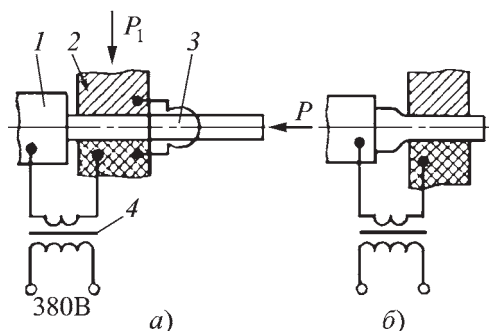


Рис. 91. Схема процесса электровысадки:
 а — в начальный момент процесса; б — в конце процесса

дении соотношения $l \leq 3d$, где l — первоначальная длина высаживаемой части, d — начальный диаметр заготовки. При этом осаживаемая часть заготовки имеет хорошую продольную устойчивость, а суммарное утолщение (набор металла) в высаживаемой части может достигать значительных величин. Процесс электровысадки можно проводить как со свободным деформированием (свободным набором металла) (см. рис. 91), так и с набором в матрицу, причем в последнем случае можно получать довольно точные детали, не требующие дальнейшей механической обработки.

Электровысадкой можно получать изделия из труднодеформируемых сплавов (высокопрочных легированных и жаропрочных сплавов, сплавов на основе никеля, титана и т. п.). Процесс электровысадки характеризуется простотой и низкой стоимостью технологической оснастки, хорошими санитарными условиями (отсутствие дыма, пыли, шума) и возможностью полной механизации и автоматизации процесса. Методом электровысадки можно получать поковки сплошного или трубчатого сечения диаметром до 100 мм, а также асимметричные поковки. В настоящее время электровысадкой получают за-

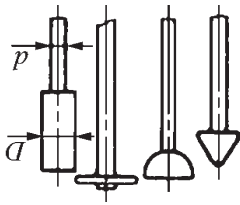
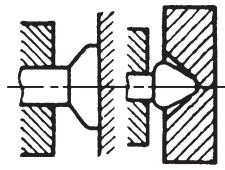
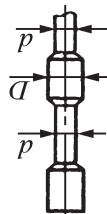
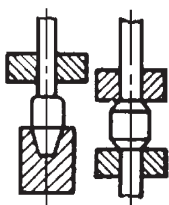
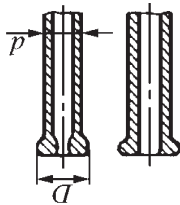
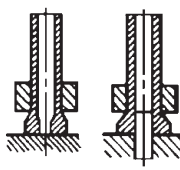
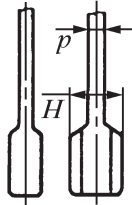
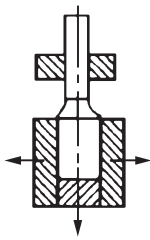
готовки клапанов, полуосей автомобилей, турбинных лопаток и других деталей. Себестоимость таких деталей по сравнению с изготовлением их на ГKM ниже на 15 %, экономия металла по сравнению с обработкой резанием достигает 40 %.

Классификация поковок, изготавливаемых методом электровысадки. Особенностью электровысадки является то, что этим процессом можно получать только утолщения (наборы металла) на удлиненных заготовках. Поэтому номенклатура деталей, получаемых электровысадкой, невелика. Классификация типовых деталей, получаемых электровысадкой, и схемы деформирования приведены в табл. 40.

К поковкам первой группы (см. табл. 40) относят поковки стержневого типа с утолщениями на концах, получаемые методами свободной высадки (без ограничения набора металла) и закрытой высадки (с ограничением набора металла). Исходной заготовкой является прутки сплошного поперечного сечения (круг, многогранник, эллипс).

Для свободной высадки характерным является меньшая точность геометрических размеров высаживаемой части. Такие поковки, как правило, служат исходными заготовками для дальнейшей обработки давлением, например, для выдавливания, безоблойной штамповки и др. Для закрытой высадки характерна большая точность геометрических размеров высаживаемой части, поэтому дальнейшая обработка, как правило, механическая. Технологическая оснастка для получения поковок свободной высадкой существенно проще (сменные вставки радиальных электродов, упорные электроды в виде плит, цилиндров). При закрытой высадке необходимо применять более сложную оснастку (блоки матриц).

40. Классификация деталей, получаемых электровысадкой

№ группы	Наименование групп деталей и материалов	Эскизы поковок	Размеры получаемых поковок, мм	Методы деформирования	Схемы деформирования
I	Детали стержневого типа с утолщениями на концах из углеродистых, конструкционных и жаропрочных сплавов		Диаметр прутка $d = 4...75$, диаметр высаживаемой части $D \leq 2d$, длина прутка $L = 20...3000$	Деформирование на плоском торцовом контакте, в фасонном торцовом контакте и в матрице	
II	Детали стержневого типа с утолщениями на концах и в середине из углеродистых, конструкционных и жаропрочных сталей и сплавов		То же	Деформирование плоским и фасонным торцовым контактом и свободная высадка средней части	
III	Детали трубчатой формы с утолщением на концах из углеродистых, легированных и коррозионно-стойких сталей		Диаметр трубы $d = 10...150$, диаметр высаживаемой части $D \leq 1,5d$, длина трубы $L = 50...2000$	Деформирование плоским и фасонным торцовым контактом	
IV	Детали стержневого типа с фасонными утолщениями на концах из конструкционных и легированных сталей		Диаметр заготовки $d = 20...75$, размер высаживаемой части $H \leq 1,8d$, длина трубы $L = 100...2000$	Деформирование в разъемных матрицах с подвижными составными частями	

Поковки второй группы (см. табл. 40) характеризуются наличием утолщений как на концах, так и в середине исходных прутков. Для их изготовления требуется разъемный упорный электрод с упорным винтом, который устанавливают на упорном ползуне электровысадочной машины. Деформирование, как правило, свободное (без ограничения набора металла матрицей).

К поковкам третьей группы (см. табл. 40) относят поковки с утолщениями на концах, изготавливаемые из заготовок трубчатого сечения. Причем утолщения могут быть как симметричными, так и несимметричными относительно среднего диаметра трубы ($d_{\text{ср}} = d - h$, где h — толщина стенки трубы), т.е. имеет место высадка внутрь или наружу трубы. Поковки этой группы требуют более точной настройки оборудования и обязательно применения блока матриц. Высадка наружу трубы производится на специальных оправках.

К поковкам четвертой группы (см. табл. 40) относят поковки стержневого типа с фасонными утолщениями на концах. Сюда же могут быть отнесены и детали сложного сечения (профили) с утолщениями на концах. Для изготовления электровысадкой таких поволоков применяют сложную технологическую оснастку: разъемные матрицы с подвижными составными частями, секционные радиальные электроды, фигурные упорные электроды.

Оборудование и инструмент для электровысадки. Мощность электровысадочных машин (табл. 41) достигает 1000 кВ·А, наибольший диаметр сплошной заготовки 75 мм, полый заготовки 150 мм, наибольшая производительность до 800 кг/ч.

Среди электровысадочных машин (ЭМ) наибольшее распростра-

нение в нашей стране получили следующие:

- горизонтального типа универсальные, гидравлические с подвижным торцовым контактом с тиристорным контактором и программным регулированием тока, применяемые для высадки концов и средней части заготовок;

- вертикальные, пневматические с подвижным торцовым контактом и электромеханическим контактором, применяемые для торцовой высадки концов с фасонным фланцем;

- горизонтальные пневматические с подвижным торцовым контактом с тиристорным контактором, применяемые для высадки средней части заготовки;

- вертикальные гидравлические с подвижным торцовым контактом и тиристорным контактором, применяемые для высадки встык.

В настоящее время все большее применение получают комплексные автоматические линии, содержащие, как правило, несколько ЭМ и обслуживаемые одним оператором, а также линии, содержащие несколько ЭМ и кривошипный горячештамповочный пресс.

На рис. 92 представлена принципиальная схема наиболее распространенной горизонтальной гидравлической электровысадочной машины. Высаживаемая часть заготовки 1 нагревается при прохождении тока между упорным 2 и радиальным 3 электродами. Верхняя подвижная часть радиального электрода 3 приводится в движение от плунжера гидравлического цилиндра 7, который создает силу прижима P_1 заготовки в радиальном электроде, не превышающую, как правило, 25 % от силы деформирования P , создаваемой плунжером гидравлического

41. Технические характеристики отечественных электровысадочных машин

Параметр	Модель			
	B5116	B5120	B5124	B5128
Номинальная сила, кН	40	100	250	630
Площадь сечения исходной заготовки, мм ² , не более	250	710	1600	4500
Диаметр заготовки, мм, не более:				
сплошной	18	30	45	75
полый (трубной)	30	50	80	150
Длина исходной заготовки, мм				
без удлинителя, не более	780	930	1280	2250
с удлинителем, не более	—	—	3000	5000
минимальная	150	160	300	300
Рабочий ход высадки, мм, не более	400	450	700	710
Мощность нагревательного трансформатора, кВ·А	50	120	320	800
Сила тока во вторичной цепи трансформатора, кА, не более	8	18	35	80
Габаритные размеры, мм:				
ширина	3380	3380	5750	6000
глубина	1250	1250	3650	3380
высота	1800	1800	1950	2300
Масса, т	4,1	5,5	17	22

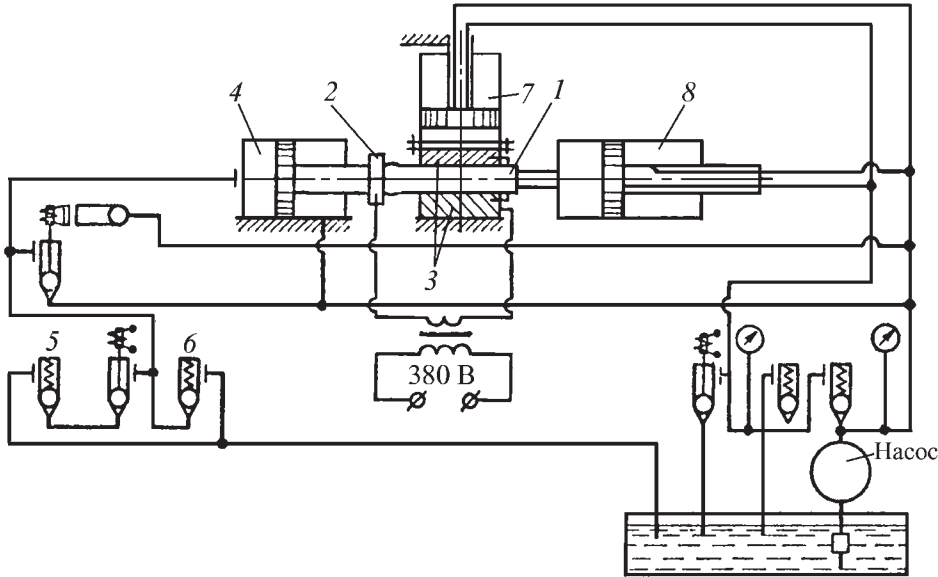


Рис. 92. Принципиальная схема горизонтальной гидравлической электровысадочной машины

цилиндра 8 (для среднеуглеродистых сталей $P \leq 100$ МПа, а для жаропрочных и высоколегированных сталей $P \leq 300$ МПа).

Упорный электрод закрепляется на подвижных салазках, которые приводятся в движение с помощью гидравлического цилиндра 4, причем скорость перемещения салазок регулируется специальными клапанами 5 и 6.

Конструкции рабочего инструмента для электровысадки (узлы упорного и радиального электрода и матрицы) могут быть различными в зависимости от применяемых оборудования и технологии.

Конструкция рабочего инструмента для свободной электровысадки представлена на рис. 93, а. Инструмент состоит из узлов упорного электрода 1–4 и радиального электрода

5–7. Упорный электрод состоит из корпуса 1, на котором захватом 2 крепится упорная плита 3 с рабочей частью 4. Радиальный электрод состоит из корпуса 5, башмаков 6 и вставок 7. Корпуса 1 и 5 соединены с выводами нагревательного трансформатора. Упорная плита 3 и вставки 7 охлаждаются водой.

Конструкция рабочего инструмента для закрытой электровысадки представлена на рис. 93, б. Инструмент состоит из узлов упорного электрода 1–9, матрицы 10–13 и радиального электрода 14–16. Узел упорного электрода состоит из рабочей части 1, установленной на оправке 2 в эксцентриках 3–4 и закрепленной гайкой 5. Эксцентрики 3, 4 служат для обеспечения соосности рабочей части с матрицей и радиальным электродом. Эксцентрики помещены в корпусе 6, который зажимается башмаком 7. Оправка зажимается гайкой 8. Рабочая часть 1 снабжена жаропрочной вставкой 9.

Матрица 10, запрессованная в бандаже 11, крепится на плите 12 и может перемещаться в горизонтальном направлении по направляющим 13 для обеспечения соосности с радиальным электродом. Направляющие закреплены на станине ЭМ.

Узел радиального электрода состоит из корпуса 14, башмаков 15 и вставок 16. По конструкции аналогичен узлу, показанному на рис. 93, а. Рабочие узлы имеют внутреннее водяное охлаждение. При крупносерийном производстве можно использовать для электровысадки стандартное кузнечное прессовое оборудование в комплекте со специальными штампами с электронагревом.

На рис. 94 показаны конструкции штампов для электровысадки коротких (рис. 94, а) и длинных (рис. 94, б) заготовок.

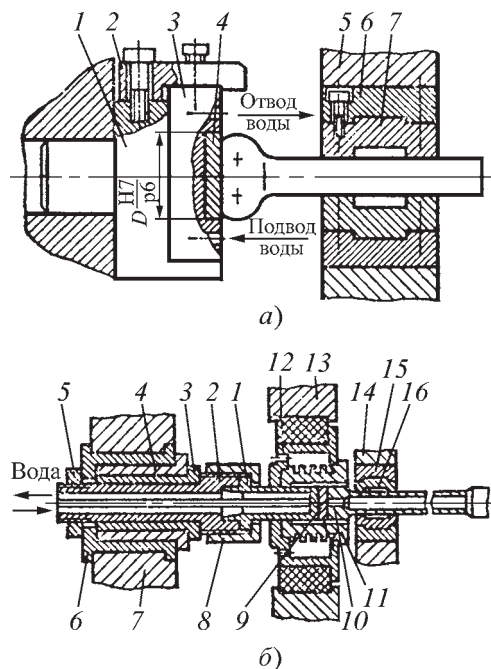


Рис. 93. Конструкция рабочего инструмента:
а — для свободной электровысадки;
б — для закрытой электровысадки

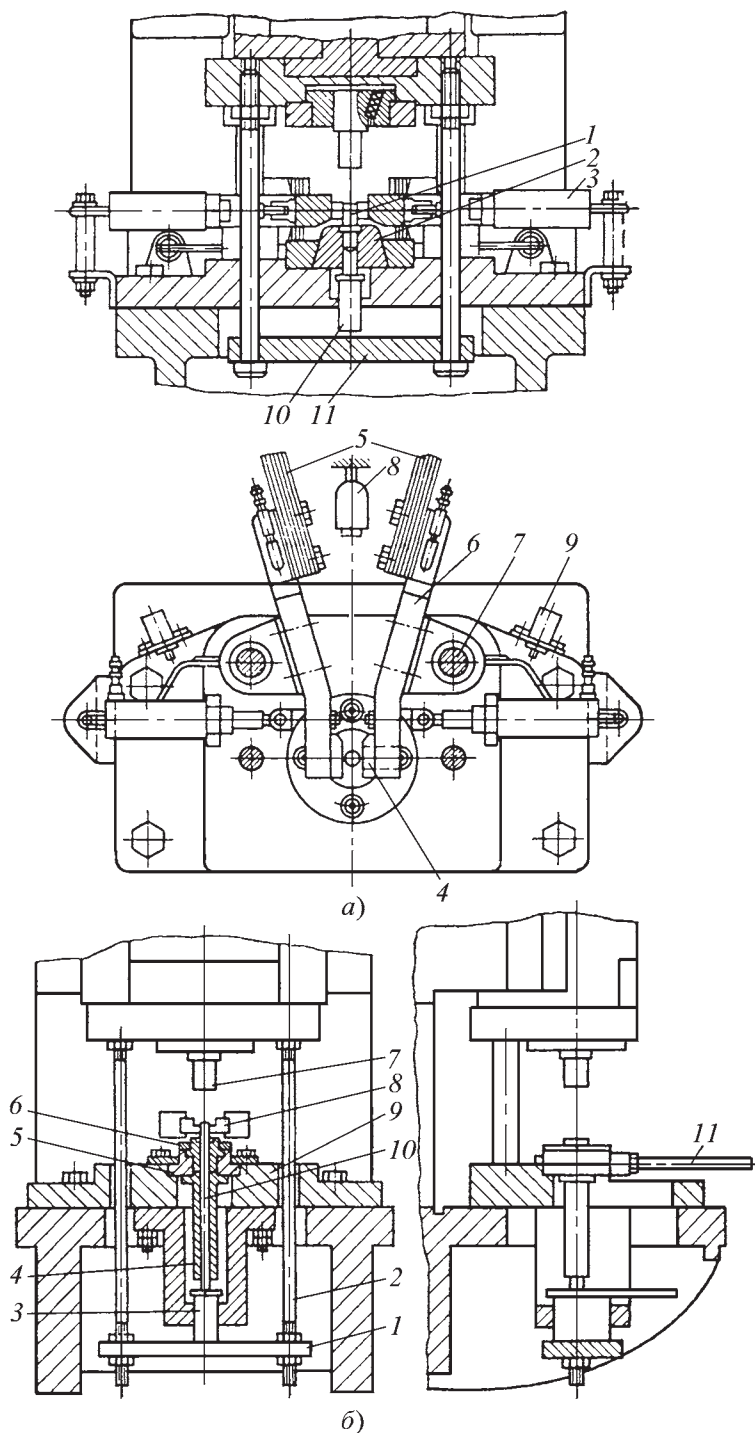


Рис. 94. Схемы штампов для электровысадки:
 а — коротких заготовок; б — длинных заготовок

Штамп (см. рис. 94, а) устанавливается на пресс вместе с трансформатором. Заготовка 1 устанавливается в матрицу 2 на выталкиватель 10, имеющий регулировочную упорную планку 11, позволяющую регулировать зону нагрева заготовки в контактах 4. Контакты 4 закреплены на колодках 6, поворачивающихся на колонках 7. Заготовка зажимается в контактах с помощью пневматических цилиндров 3, в которые подается сжатый воздух. Через гибкие шины 5 и колодки 6 напряжение от трансформатора подается на высаживаемый участок заготовки и нагревает его до температуры высадки, которая контролируется фотопирометром с электро-реле 8. При достижении температуры высадки нагрев прекращается и контакты 4 занимают исходное положение, замыкая конечные выключатели 9, включающие пресс. Затем происходит рабочий ход пресса и осуществляется высадка заготовки. При возвратном ходе ползуна пресса поковка выталкивается из матрицы 2 выталкивателем 10.

Для высадки деталей, требующих большой величины рабочего хода пресса, применяют штампы с загрузкой и выгрузкой заготовки из матрицы вне пресса (см. рис. 94, б). Штамп с выдвигной матрицей снабжен матрицедержателем 5 с матрицей 6 и направляющими втулками 4. Матрицедержатель 5 выдвигается с помощью тяг 11 по пазу в плите 9 из рабочей зоны пресса. Заложив заготовку 10 в матрицу 6, оператор вталкивает матрицедержатель 5 до упора, которым служит площадка на выталкивателе 3.

Положение заготовки 10 относительно контактов 8 регулируется тягами 2 и планкой 1 выталкивателя. При достижении заданной температуры высаживаемого участка заготовки 10 контакты 8 расходятся и происходит рабочий ход ползуна пресса, при этом

пуансон 7 совершает высадку нагретого участка заготовки.

Наиболее ответственными деталями рабочего инструмента, к которым предъявляются специальные требования, являются: матрица, контакт упорного электрода и вставки радиального электрода. Матрицу изготавливают из порошкового материала или из стали в виде втулки, запрессованной в бандаж (рис. 95), который в свою очередь помещается в корпус и охлаждается водой. Матрицу и связанные с ней детали следует изготавливать из немагнитных материалов. Так, при симметричной электровысадке матрицу изготавливают из стали 12Х18Н9Т с последующей химико-термической обработкой (азотирование на глубину 0,1...0,2 мм, твердость поверхности 44...48 HRC). При несимметричной электровысадке матрицу изготавливают из порошкового материала типа 22ХС или сплавов с большим содержанием вольфрама. В процессе электровысадки матрицу необходимо смазывать смазочным материалом типа «Ук-ринол-7». Смазочный материал наносят

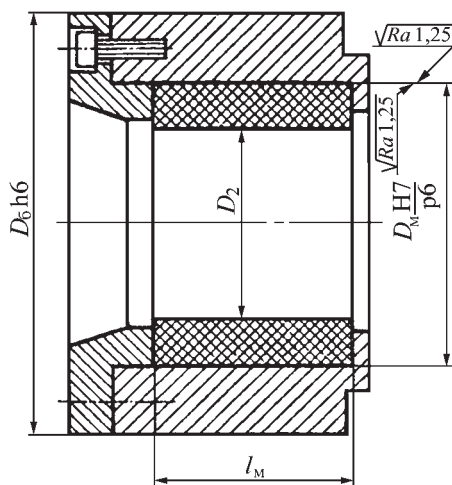


Рис. 95. Конструкция матрицы для электровысадки:

D_2 , D_m , l_M — соответственно внутренний, наружный диаметры матрицы и ее длина; D_6 — диаметр бандаж

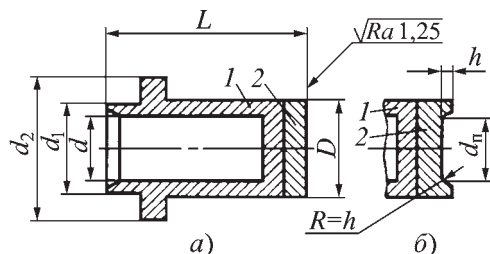


Рис. 96. Конструкция контакта упорного электрода для закрытой электровысадки:

а — углеродистых и конструкционных сталей;
б — жаропрочных и труднодеформируемых сталей и сплавов

кистью, не допуская его излишков, которые могут привести к образованию трещин на поверхности матрицы.

Контакт упорного электрода для свободной электровысадки выполняют в виде плоского диска, запрессованного в упорную плиту (см. рис. 93, а).

Зависимость диаметра D упорного электрода от силы тока нагрева следующая:

$$\frac{I}{0,785D^2} < 10 \text{ А / мм}^2,$$

причем диаметр D должен быть не меньше диаметра высаженной части поковки.

Контакт упорного электрода для закрытой высадки выполняют обычно по одному из вариантов, представленных на рис. 96. Он состоит (рис. 96, а) из корпуса 1 с накладкой 2. Размеры корпуса должны удовлетворять следующему уравнению:

$$\frac{I}{0,785(d_2^2 - d_1^2)} < 5...7 \text{ А / мм}^2.$$

В полость отверстия d подводится вода. Размер D (мм) выбирают из условия

$$D = D_2 - (0,3...1) \text{ мм},$$

где D_2 — диаметр матрицы.

Остальные размеры определяют из прочностных расчетов по максимальной силе деформирования.

В случае электровысадки жаропрочных и труднодеформируемых сталей применяют накладку с проточкой, показанную на рис. 96, б. Размеры проточки выбирают из следующих соотношений:

$$h \approx 0,2d_3; d_{\text{п}} \approx (1,2...1,5)d_3,$$

где d_3 — наружный диаметр исходной заготовки.

Корпус контакта упорного электрода и накладку изготавливают из разных материалов. Корпус изготавливают из бронз типа НБТ (ГОСТ 18175–78) с 180...220 НВ или из сплавов типа Мц2, Мц3, Мц5 (ГОСТ 18175–78) с 170...180 НВ. Накладку обычно припаивают к корпусу и изготавливают из сплавов на основе вольфрама (например содержащие более 90 % вольфрама, а также никель, медь и оксид алюминия). Можно вместо накладки использовать корпуса с наплавной электродной проволокой с повышенным содержанием никеля (св. 60 %).

Конструкция узла радиального электрода представлена на рис. 93, а, конструкция вставок — на рис. 97. Заготовка контактирует с электродом по поверхностям диаметром d_1 , который

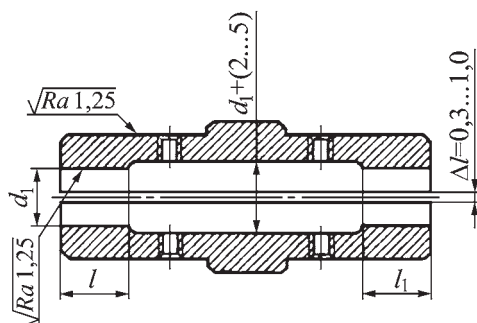


Рис. 97. Конструкция вставок радиального электрода

для заготовок диаметром $d = 10...50$ мм определяется по следующей зависимости:

$$d_1 = d + (0,05...0,1) \text{ мм.}$$

Зазор между вставками Δl выбирают в диапазоне $\Delta l = 0,3...0,8$ мм и для диаметров $d > 50$ мм $\Delta l \leq 1$ мм.

Длину поверхности контакта находят из следующих соотношений:

$$\frac{I}{2\pi k d_1 l} \leq 5...7 \text{ А / мм}^2;$$

$$p = \frac{p_1}{2\pi k d_1 l},$$

где k — коэффициент (для точных калиброванных заготовок $k = 0,9$, для заготовок нормальной точности из холодноотянутых, холоднокатанных труб и прутков по ГОСТ 8734–75 и ГОСТ 7417–75 $k = 0,7$); p_1 — давление сжатия (для сплошных заготовок $p_1 \approx 120...140$ МПа, для тонкостенных труб $p_1 \approx 50...70$ МПа). Материал вставок тот же, что и для корпуса контакта упорного электрода.

Для высадки деталей с малой продольной устойчивостью следует применять конструкцию радиального электрода, представленную на рис. 98, которая состоит из вставок 1, верхнего 2 и нижнего 3 башмаков, направленных по колонкам 4, дающим возможность компенсировать нагрузки от внецентренного приложения силы высадки (колонки изготовляют из немагнитных сталей и сплавов).

Разработка технологического процесса электровысадки. Прежде всего необходимо выбрать схему электровысадки, причем предпочтение следует отдавать свободной электровысадке, как более простой. Эту схему следует применять для получения заготовок под последующую штамповку без дополнительного подогрева на КГШП,

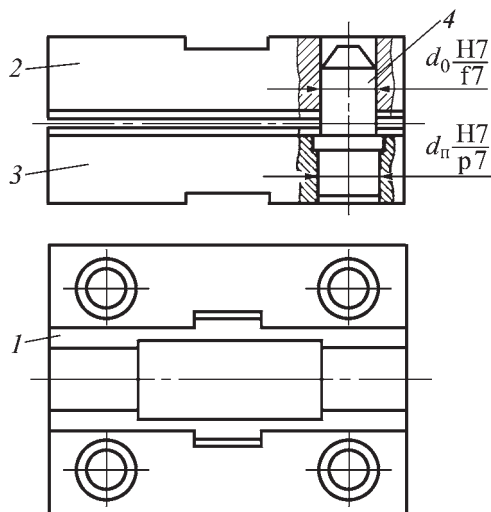


Рис. 98. Конструкция радиального электрода для высадки заготовок с малой продольной устойчивостью

винтовых и других прессах. Этим методом получают, например, клапаны и тяги для автомобилей. При необходимости выдерживания постоянных размеров высаженной части применяют закрытую электровысадку.

Последовательность разработки технологического процесса после выбора схемы электровысадки следующая:

- 1) разработка чертежа поковки и исходной заготовки;
- 2) расчет технологических параметров электровысадки;
- 3) выбор технологической оснастки;
- 4) выбор оборудования.

При разработке чертежа поковки необходимо учитывать особенность инструмента для электровысадки, который, как правило, разрушается, практически не изнашиваясь. Поэтому допуски на износ инструмента не предусматривают. На рис. 99 приведены схемы назначения припуска на детали сплошного (рис. 99, а) и трубчатого (рис. 99, б) сечений. Размеры поковки после электровысадки определяют из следующих формул:

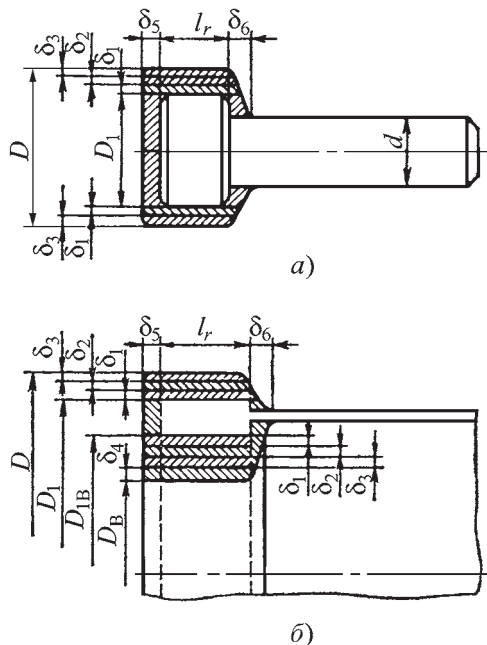


Рис. 99. Схема назначения припусков на поковки:
а — поковки сплошного сечения; б — поковки трубчатого сечения

— для заготовок сплошного круглого сечения

$$D = D_1 + 2\delta_1 + 2\delta_2 + \delta_3; \quad (23)$$

— для трубчатых заготовок внешний диаметр соответствует предыдущему выражению, а внутренний диаметр определяют из формулы

$$D_B = D_{1B} - 2\delta_1 - 2\delta_2 - \delta_3 - 2\delta_4 F / f.$$

Длина высаживаемой части

$$l_B = l_r + \delta_5 + \delta_6.$$

В этих формулах δ_1 — припуск на механическую обработку на сторону (выбирают по ГОСТ 7505–89); δ_2 — припуск на несоосность высаженной части ($\delta_2 \approx 0,1 \dots 0,5$ мм); δ_3 — припуск на температурное расширение при температуре электровысадки; δ_4 — максимальный отрицательный допуск

на толщину стенки трубы; F — площадь сечения высаженной части поковки; f — площадь сечения исходной заготовки; δ_5 , δ_6 — припуски соответственно на торцовую и затылочную части утолщения (δ_5 назначается в зависимости от размеров поковки и утолщения, $\delta_5 \approx 0,5 \dots 5$ мм и является следствием электрической эрозии и температурной усадки; δ_6 выбирают в зависимости от формы переходной части детали, чтобы при механической обработке получить годную деталь с минимальным отходом металла).

В случае передачи поковки после электровысадки на дальнейшую обработку давлением по чертежу окончательной поковки рассчитывают объем металла в высаживаемой части:

— для плоской деформации (тонкостенные трубы полосы и т. п.)

$$V_{\Pi} = K_1 h^2 L_{\Pi};$$

— для осесимметричной деформации

$$V_o = K_2 d^3,$$

где h — толщина стенки трубной заготовки; L_{Π} — длина окружности по среднему диаметру трубы (или ширины полосы); K_1 , K_2 — коэффициенты, выбираемые по графикам, приведенным на рис. 100. Рассчитанный припуск металла необходимо распределить так, чтобы уменьшить несимметричность высаживаемой части. После чего определяют объем высаживаемой части, и по нему — длину заготовки. Допуск на длину заготовки нужно выбирать по 7...8-му классу точности.

Для расчета технологических параметров процесса электровысадки необходимы следующие исходные данные: материал и размеры изделия; требуемое утолщение F/f ; шероховатость и точность исходной заготовки; техническая характеристика оборудования.

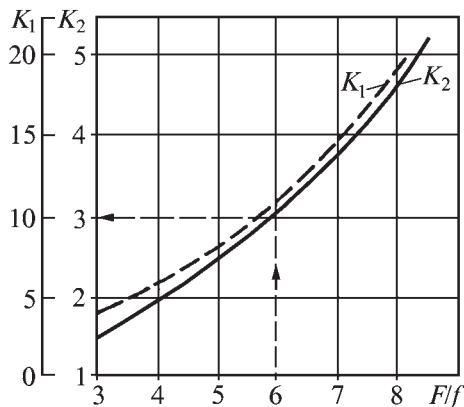


Рис. 100. Кривые для определения коэффициентов K_1 для плоского и K_2 для осесимметричного деформирования при расчете объема металла высаживаемой части поковки

Скорость деформирования равна $v = v_1 - v_2$, где v_1 и v_2 — скорость соответственно высадного и упорного ползунов при рабочем ходе.

Скорости деформирования для заготовок из низколегированных и конструкционных сталей марок Ст3, сталь 45, 30ХГСА и им подобных можно определить по табл. 42.

Для высоколегированных, труднодеформируемых, жаропрочных и жаростойких сталей и сплавов значения скоростей деформирования, приведенные

в табл. 42, необходимо уменьшать тем больше, чем сильнее отличаются их механические характеристики от характеристик указанных выше марок сталей.

Силу высадки приблизительно можно определить по следующей формуле:

$$P = 1,25 \cdot 10^3 \sigma_{\text{вт}} F K n, \quad (24)$$

где F — площадь сечения изготавливаемой поковки, м^2 ; $\sigma_{\text{вт}}$ — временное сопротивление материала при температуре высадки, МПа; K — коэффициент, зависящий от формы высаживаемой части (для свободной высадки при $H/d \geq 1$ $K = 1,2$; при $H/d \leq 1$ $K = 1,5 \dots 2,7$; для закрытой высадки при $H/d \geq 0,3$ $K = 5 \dots 6$; при $1 \leq H/d \leq 1,5$ $K = 2 \dots 3$ и при $0,3 \leq H/d \leq 1$ $K = 3$, где H — высота высаженной части; d — начальный диаметр прутка); n — коэффициент, учитывающий скорость деформирования; $n = 1 \dots 2$ (большее значение соответствует более быстроходным машинам).

Скорости движения высадного v_1 и упорного v_2 ползунов определяют по следующим формулам:

$$v_1 = \frac{F}{F - f} v; \quad (25)$$

$$v_2 = \frac{f}{F - f} v. \quad (26)$$

42. Максимальные скорости деформирования при электровысадке

Исходная заготовка	v, мм/с, при		
	$f \leq 500$; $d \leq 50$	$500 \leq f \leq 2000$; $50 < d \leq 90$	$f > 2000$; $d > 90$
Сплошные заготовки повышенной точности с поверхностью хорошего качества (шлифованные, калиброванные и т.п.)	20...12	6...8	0,5...1
Сплошные заготовки обычной точности (холоднотянутые, холоднокатаные и т.п.)	8...10	4...6	0,5...1
Заготовки трубные тонкостенные с малой продольной устойчивостью и большой площадью соприкосновения с радиальным электродом	5...6	3...4	1...2

П р и м е ч а н и е. f — площадь поперечного сечения сплошных заготовок, мм^2 ; d — наружный диаметр трубных заготовок, мм.

Силу тока нагрева рассчитывают по формуле

$$I = f \sqrt{\frac{v_1 [\ln(1 + \beta t) - \ln(1 + \beta t_0)]}{A v}}; \quad (27)$$

где

$$A = 0,9\beta \frac{\rho_0}{c_0 \gamma_0}; \quad (28)$$

v — коэффициент, характеризующий длину недеформированной части заготовки между радиальным и упорным электродами (для сплошных заготовок $v \approx 2,5d$, для тонкостенных труб $v \approx 5h$); c_0 — теплоемкость материала при 20 °С; ρ_0 — удельное электрическое сопротивление деформируемого металла при 20 °С; γ_0 — плотность металла при 20 °С; β — температурный коэффициент, учитывающий изменение теплофизических характеристик металлов при нагреве; t — температура деформирования; t_0 — температура заготовки на выходе из радиального электрода.

Пример расчета технологического процесса электровысадки. На рис. 101, а представлен чертеж детали типа «Шток». Разработаем технологический процесс получения поковки штока электровысадкой с последующей механической обработкой. Материал — сталь 40, пруток калиброванный 25_{-0,14} (ГОСТ 7417–75). Изделие относится к первой группе поковок (электровысадка закрытая).

Припуск на механическую обработку по диаметру высадки по ГОСТ 7505–89 определен на сторону: $\delta = 1,8$ мм. В связи с тем, что окалина при электровысадке практически отсутствует, нет обезуглероживания и шероховатость поверхностей заготовки небольшая, примем этот припуск не на сторону, а на диаметр, т. е.

$$2\delta_1 = 1,8 \text{ мм.}$$

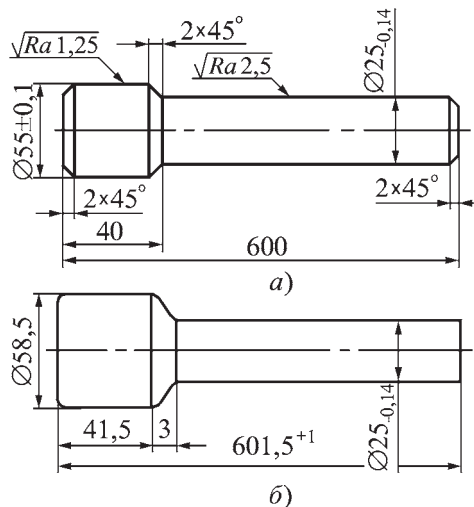


Рис. 101. Деталь «Шток» и поковка после электровысадки:

а — чертеж детали «Шток»; б — чертеж поковки

Припуск на несоосность примем равным двойному полю допуска на диаметр заготовки:

$$\delta_2 = 2 \cdot 0,14 \approx 0,3 \text{ мм.}$$

Припуск на температурное расширение определим по формуле

$$\delta_3 = \alpha D'_1 t,$$

где α — температурный коэффициент линейного расширения ($\alpha = 15 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$); $D'_1 = D_1 + 2\delta_1 + 2\delta_2$; температуру деформации примем $t = 1200$ °С. Получаем

$$\delta_3 = 15 \cdot 10^{-6} (55 + 1,8 + 0,6) 1200 = 1,03 \text{ мм.}$$

Припуск на торцовую часть, учитывая небольшую величину утолщения, примем

$$\delta_5 = 1,5 \text{ мм.}$$

Диаметр утолщения по формуле (23): $D = 55 + 1,8 + 0,6 + 1,03 \approx 58,5$ мм.

Для уменьшения расхода металла на механическую обработку применим

ступенчатое регулирование скорости отвода упорного электрода, уменьшив ее до нуля в момент, когда высаточный электрод не дойдет до своего крайнего положения рабочего хода на величину $z = 0,5V_B / f$; где V_B — объем переходной части поковки. Тогда припуск δ_6 можно определить по формуле:

— для максимального диаметра утолщения

$$\delta'_6 \approx \delta_5;$$

— для минимального диаметра утолщения

$$\delta''_6 \approx \delta_5$$

с плавным радиусом перехода, как показано на рис. 96, б.

Из геометрических соотношений определим:

$$V_B = 7630 \text{ мм}^3; z = 0,5 \cdot \frac{7630}{490} \approx 8 \text{ мм.}$$

Суммарный объем высаженной части $V \approx 120\,000 \text{ мм}^3$, длина заготовки для получения этого объема $l_B = 243 \text{ мм}$, общая длина заготовки $l_3 = 243 + 560 = 803_{-2,3} \text{ мм}$.

Из табл. 41 выберем скорость деформирования: $v = 10 \text{ мм/с}$.

Силу деформирования определим по формуле (24):

$$P = 1,25 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 0,00237 \cdot 1 \approx 15 \text{ кН.}$$

Скорости перемещения рабочих органов оборудования вычислим по формулам (25) и (26):

$$v_1 = \frac{10 \cdot 58,5^2}{58,5^2 - 25^2} = 12,2 \text{ мм/с};$$

$$v_2 = \frac{10 \cdot 25^2}{58,5^2 - 25^2} = 2,2 \text{ мм/с.}$$

Из справочных данных определяем электрические и теплофизические характеристики стали 40:

$$\beta = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1};$$

$$\frac{\rho_0}{c_0 \gamma_0} = 3,6 \cdot 10^{-14} \frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^4}{\text{Дж}}.$$

По формулам (27) и (28) находим силу тока

$$I = 4,91 \cdot 10^{-4} \times \sqrt{\frac{0,0122[\ln a - \ln b]}{0,9 \cdot 0,0038 \cdot 3,6 \cdot 10^{-14} \cdot 2,5 \cdot 0,025}} \approx 23000 \text{ А,}$$

где $a = 1 + 0,0038 \cdot 1200$; $b = 1 + 0,0038 \cdot 100$.

Определяем размеры матрицы (материал матрицы принимаем 22ХС, а бандажа — сталь 12Х18Н9Т) из уравнения

$$I = \sqrt{\frac{2\pi\lambda t F}{\rho_t \ln(D_6 / D_B)}},$$

где D_6 — наружный диаметр бандажа; D_B — внутренний диаметр матрицы; λ — теплопроводность матрицы [для материала 22ХС $\lambda = 17 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$]; ρ_t — удельное электрическое сопротивление при температуре деформирования ($\rho_t = 123 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$).

Получаем

$$D_6 = D_B \exp(2\pi\lambda t F / I^2 \rho_t) = 0,0585 \exp \left[\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1200 \cdot 2,68 \cdot 10^{-3}}{123 \cdot 10^{-8} (23000)^2} \right] \approx 0,099 \text{ м} = 99 \text{ мм.}$$

Принимаем $D_6 = 100 \text{ мм}$.

Диаметр матрицы найдем из формулы

$$D_M = \frac{D_6 + D_B}{2} = \frac{100 + 58,5}{2} \approx 70 \text{ мм.}$$

Из табл. 41 выбираем подходящую модель машины — электровысадочную машину В5124.

12. ШТАМПОВКА ОБКАТЫВАНИЕМ И ТОРЦОВОЙ РАСКАТКОЙ

Штамповку обкатыванием и торцовой раскаткой выполняют путем пластической деформации локальной зоны.

Эти процессы имеют преимущества по сравнению с традиционными методами штамповки: значительное снижение силы деформирования (до 20–25 раз); получение поковок с большим отношением диаметра к высоте (более 20); расширение области рационального использования холодных деформационных процессов для получения точных заготовок и готовых изделий, при этом существенно снижается материалоемкость производства и уменьшается объем механической обработки; возможность получения деталей, штамповка которых обычными методами невозможна либо затруднена из-за опасности разрушения инструмента.

При локальной схеме деформирования на большей части обрабатываемой поверхности заготовки происходит восстановление смазывающей пленки, что в значительной мере уменьшает влияние сил трения в паре инструмент–заготовка. Это благоприятно сказывается на условиях деформирования и на стойкости инструмента. Стойкость инструмента повышается в 1,5–2 раза. Стоимость оборудования для штамповки обкатыванием и торцовой раскаткой значительно уменьшается, а бесшумность процесса способствует улучшению условий труда и повышению культуры производства.

При выборе способа деформирования обкатыванием или торцовой раскаткой исходят из возможности получения требуемой формы, точности, размеров и качества

поверхностей деталей при максимальной стойкости инструмента.

Штамповка обкатыванием. Схема процесса показана на рис. 102. Контакт пуансона 2 с заготовкой 1 носит локальный характер.

При обычной схеме деформирования (штамповка на КГШП, ГКМ, гидропрессах и др.) инструмент взаимодействует с заготовкой по всей ее торцовой поверхности. При штамповке обкатыванием очаг деформации на любой стадии процесса локализован (заштрихованная область на рис. 102).

Формоизменение детали обеспечивается за счет относительного перемещения инструмента (как правило, конического пуансона) с наклонной продольной осью (ось Z_2) вокруг и вдоль вертикальной оси симметрии заготовки (ось Z_1).

В процессе штамповки обкатыванием (качающимся инструментом) заготовка остается неподвижной, а инструмент выполняет два вида движений: возвратно-поступательное от механизма прессы и колебательное (обкатывающее) от специального привода (табл. 43). Процесс обкатывания осуществляют при вертикальном расположении осей подвижного деформирующего и неподвижного опорного инструментов.

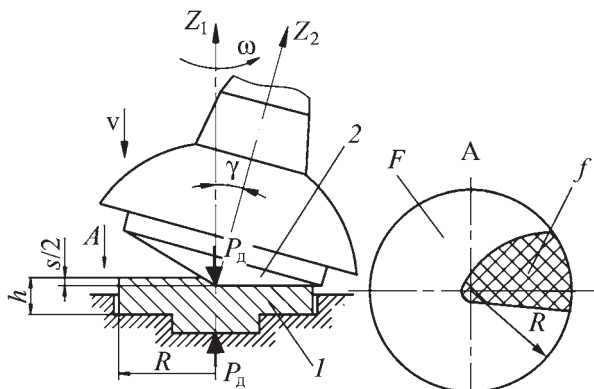
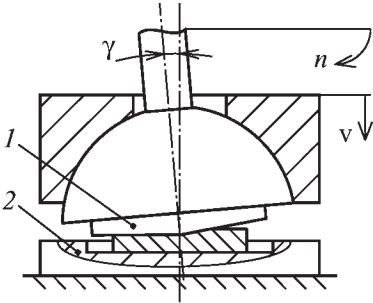
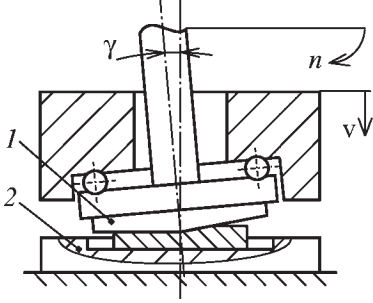
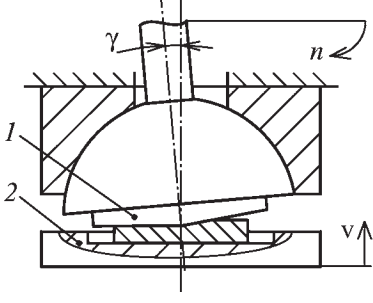
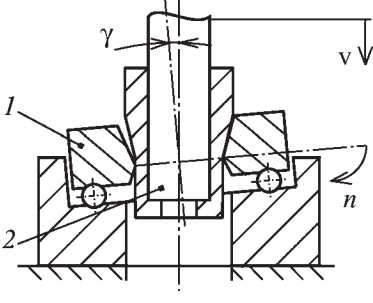


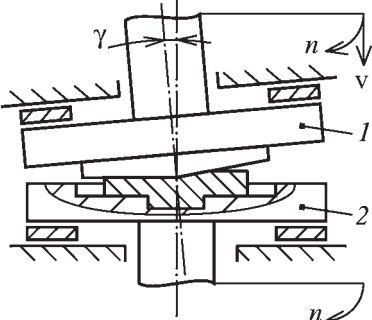
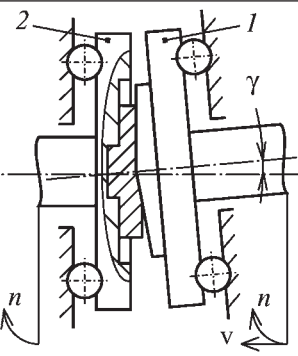
Рис. 102. Схема процесса штамповки обкатыванием:

1 — заготовка; 2 — пуансон

43. Классификация способов штамповки с локализацией очага деформации по признаку движения инструментов

Основной признак	Дополнительный признак	Схема процесса
Круговое качательное движение деформирующего инструмента 1	Поступательное движение инструмента 1 при неподвижном опорном инструменте 2	 <p>С опорой на сферический подшипник скольжения</p>
		 <p>С опорой на подшипник качения</p>
	Поступательное движение опорного инструмента 2	 <p>С качающимся пуансоном</p>
		 <p>С качающейся матрицей</p>

Окончание табл. 43

Основной признак	Дополнительный признак	Схема процесса
Вращательное + поступательное движения деформирующего инструмента 1	С вертикальным расположением осей	
	С горизонтальным расположением осей	

Операции штамповки обкатыванием могут выполняться способами открытой (рельефная формовка, осадка, высадка, выдавливание полостей), полужакрытой (объемная формовка, высадка, прямое выдавливание, выдавливание полостей) и закрытой (объемная формовка, выдавливание полостей, калибровка) штамповки (табл. 44.). Широко применяют сборочно-штамповочные и разделительные операции (табл. 44).

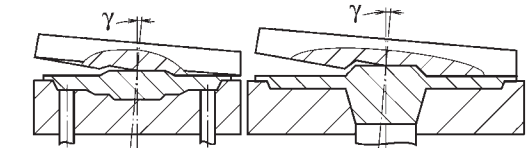
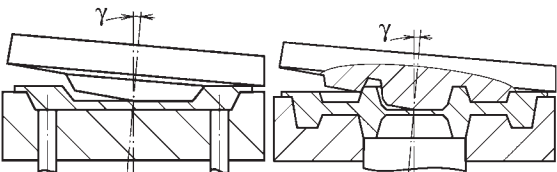
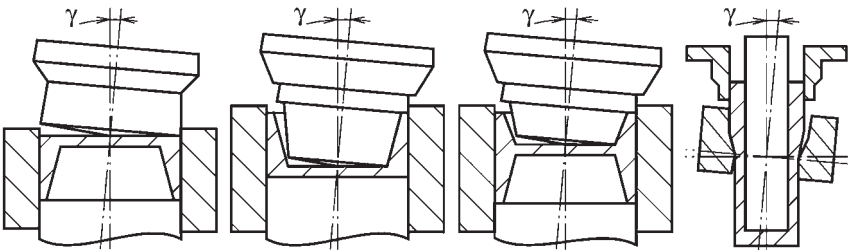
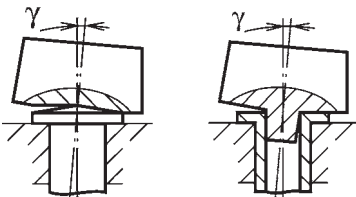
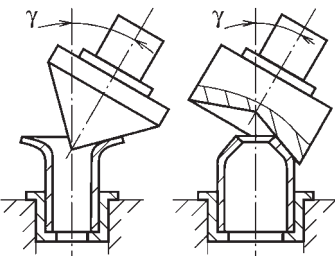
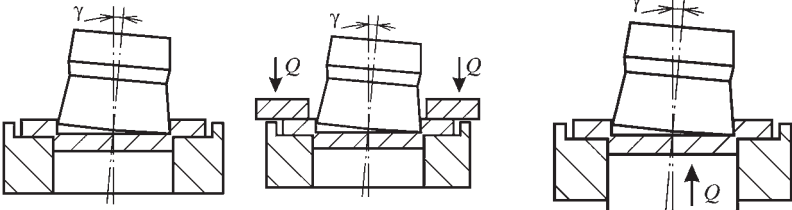
Наиболее эффективным способом считается объемное деформирование заготовки сложного, но не глубокого контура, с малой относительной высотой ($H/D = 0,1 \dots 0,2$). Находят применение способы и устройства для деформирования качающимся инструментом тонкостенных осесимметричных изде-

лий типа стаканов и труб. Отличием этих способов является возможность получения изделий произвольной (в том числе неограниченной) длины в сквозном качающемся инструменте с обеспечением при необходимости заданной переменной толщины стенки изделия по его длине.

Этими способами можно осуществить операции вытяжки, волочения, прессования, обжима трубчатых заготовок в диапазоне диаметров 8...250 мм с относительной толщиной стенки до 0,02.

В качестве формоизменяющих операций широко используют осадку, высадку и выдавливание (см. табл. 44). Их можно осуществлять в любом сочетании друг с другом и использовать для производства осесимметричных

44. Классификация операций обработки давлением с локализацией очага деформации

№ пп	Вид операции	Особенности операций
1	Формоизменяющие операции штамповкой обкатыванием и торцовой раскаткой	<p>Осадка и высадка</p>  <p>Осадка и высадка с выдавливанием</p>  <p>Выдавливание прямое и обратное</p> 
2	Сборочно-штамповочные операции штамповкой обкатыванием и торцовой раскаткой	<p>Сборка обработкой заклепок</p>  <p>Цельных Полых</p> <p>Обработка труб</p>  <p>Раздача Обжим</p>
3	Разделительные операции штамповкой обкатыванием	<p>Чистовая вырубка</p>  <p>Свободная С прижимом С подпором</p>

круглых (реже квадратных) в плане изделий из сталей из цветных металлов и сплавов.

В качестве исходного материала принимают штучные заготовки из круглого или квадратного сортового проката; поковки, предварительно осажённые или с прошитым отверстием, а также вырубленные из листа карты.

Обрабатываемые штамповкой обкатыванием поковки можно разделить на 4 группы, в зависимости от применяемых для их изготовления операций (табл. 45):

1 — круглые в плане типа инструментальных дисков и звездочек, изготавливаемые с использованием процессов осадки и высадки при поступательном и круговом качательном движении деформирующего инструмента (пуансона);

2 — круглые и квадратные в плане типа колес, шестерен, катков и панелей, изготавливаемые с использованием комбинации процессов осадки, высадки и выдавливания при поступательном и круговом качательном движении деформирующего инструмента (пуансона);

3 — круглые в плане типа колец, низких стаканов и гильз, изготавливаемые с использованием процессов выдавливания при поступательном и круговом качательном движении деформирующего инструмента (пуансона);

4 — круглые в плане типа высоких стаканов и гильз, изготавливаемые с использованием процессов вытяжки с утонением стенки (протяжки) при поступательном движении опорного инструмента (матрицы) и круговом качательном движении деформирующего инструмента (пуансона).

В условиях инструментального производства технологические схемы при холодной обработке обкатыванием имеют свои особенности. Они обусловлены такими факторами как форма, раз-

меры и материал изделия, его назначением. Согласно номенклатуре деталей, по своему технологическому назначению их можно разделить на 3 группы: формообразующие, конструкционные и технологические.

К формообразующим деталям относятся детали прессовых, литейных форм (матрицы, пуансоны и т.д.), обеспечивающие получение формы и размеров прессуемого или отливаемого изделия.

В основном их изготавливают из высоколегированных инструментальных сталей марок 5ХНМ, 4Х4В5ФС, 3Х2В8, Х12М, ШХ15, ХВГ и к ним предъявляют высокие требования по точности исполнительных размеров (9–12 квалитеты), а также к качеству оформляющих поверхностей ($R_z = 0,08...0,16$ мкм).

Конструкционные детали предназначены для обеспечения взаимного расположения и порядка работы оформляющих деталей. Это различные плиты, направляющие колонки, втулки, крепежные изделия из инструментальных и конструкционных сталей марок У8А, У10А, 40Х, 45, 65Г.

В третью группу входят детали различной технологической оснастки и инструмента, например, хвостовики сверл, фрез и корпуса цанг.

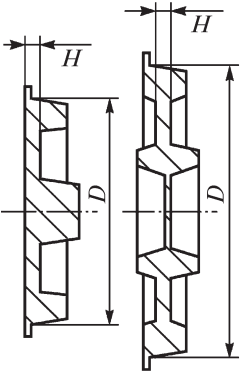
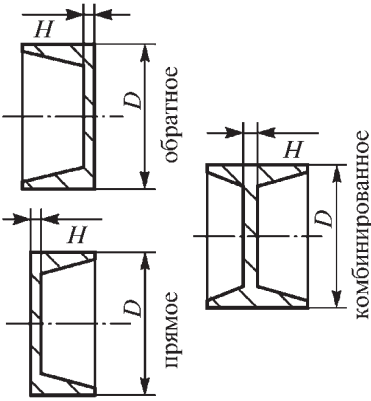
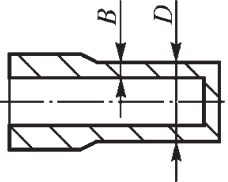
С учетом вышеперечисленных факторов, целесообразно использование различных схем деформирования.

Штамповка торцовой раскаткой. При выполнении процесса торцовой раскатки деформирующий инструмент получает поступательное и вращательное движения с вертикальной или горизонтальной осью вращения, а опорный инструмент с установленной в нем заготовкой вращается вхолостую или с принудительной синхронизацией скоростей вращения с деформирующим инструментом (см. табл. 43).

45. Классификация поковок для штамповки обкатыванием

Группа	Под- группа	Признаки	Тип детали	Эскиз	Число перехо- дов	Методы штамповки
1	1.1	Круглые в пла- не, $D/H > 10$	Диски постоянной тол- щины и близкие к ним		1...2	Осадка и высадка качающимся пуан- соном
	1.2	Круглые в пла- не, $D/H > 10$	Диски с одно- и двух- сторонней ступицей		2...3	
	1.3	Круглые в пла- не, $D/H > 10$	Трубы и кольца с флан- цами		2...3	
2	2.1	Некруглые в плане, $B/H =$ $10...30$	Полотна, панели с од- носторонним рельефом		1...2	Осадка и высадка с выдавливанием ка- чающимся пуансо- ном
	2.2	Круглые в пла- не, $D/H > 10$	Диски с одно- и двух- сторонними полостями		1...2	

Окончание табл. 45

Группа	Под-группа	Признаки	Тип детали	Эскиз	Число переходов	Методы штамповки
2	2.3	Круглые в плане, $D/H > 10$	Диски с венцами и ступицами с одно- и двухсторонними полостями		2...3	Осадка и высадка с выдавливанием ка-чающимся пуансоном
3	3.1	Круглые в плане, $D/H > 10$	Низкие стаканы, гильзы		2...3	Выдавливание ка-чающимся пуансоном
4	4.1	Круглые в плане, $D/B = 5...100$	Высокие стаканы, гильзы		2...4	Вытяжка с утонением стенки (протяжка) качающейся матрицей

Процесс используется преимущественно для формоизменяющих операций деформирования заготовок в холодном и горячем состояниях (см. табл. 44).

Параметры технологического процесса. Основными параметрами, определяющими режим обработки при штамповке обкатыванием, являются (см. рис. 102): угол наклона оси инструмента γ ; характер колебательного движения инструмента (круговое, спиральное, лепестковое, прямолинейное, орбитальное и другое); величина подачи инструмента на один оборот водила S , мм/об; скорость вертикальной подачи v , мм/с; окружная скорость ω , рад/с; степень деформации ε ; сила деформирования P_d ; температура деформирования t °С; число циклов нагружения и геометрические параметры заготовки.

Пресс также должен обеспечить заданные значения силы деформирования и момента обкатывания заготовки, работы деформирования заготовки от поступательного и вращательного движений инструмента и частоту ходов прессы.

Величина угла наклона γ оси инструмента относительно вертикальной оси оказывает существенное влияние на энергосиловые параметры процесса, равномерность распределения деформации по объему и скорость ее распространения. Угол наклона γ выбирается в зависимости от того, холодное, полугорячее или горячее деформирование производится.

Угол наклона γ оси инструмента при холодном деформировании принимается обычно в интервале от 0 до 3°. Установлено, что при заданной силе деформирования с увеличением угла наклона величина осадки увеличивается.

Теоретический анализ и экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что максимальный КПД

соответствует углу наклона оси инструмента $\gamma = 1^\circ 30'$. При значениях $\gamma < 1^\circ 30'$ и $\gamma > 3^\circ$ КПД уменьшается. С увеличением γ выигрыш в силе возрастает при общем увеличении энергозатрат.

При увеличении значения угла γ выше 5...6° эффективность процесса снижается, а энергосиловые затраты на качение инструмента резко возрастают. Как показывает практика, при выборе угла наклона наиболее целесообразно исходить из конкретных условий обработки (т.е. схем и режимов деформирования конкретной детали).

Для горячей и полугорячей штамповки предпочтительней больший угол, чем для холодной штамповки, для уменьшения времени обработки и сохранения температуры обрабатываемой заготовки. Кроме того, угол наклона оказывает определенное влияние на точность и состояние поверхности обрабатываемой заготовки, что особенно важно при холодной штамповке.

В случае равенства угла наклона пуансона относительно оси изделия углу конусности пуансона, поверхность обжатия теоретически получается плоской. Угол конусности пуансона оказывает влияние на равномерность деформации. С увеличением конусности деформация приобретает более неравномерный характер.

При штамповке наклонным качающимся инструментом максимальное давление в центре составляет примерно четвертую часть предела текучести, достигая наибольшего значения, равного трехкратному пределу текучести, на расстоянии 0,6 наружного радиуса от центра, и вновь снижаясь примерно до значения предела текучести на периферии. Это объясняет появление, в некоторых случаях при $H/D < 0,1$ в центре заготовки разрывов металла за счет возникновения растягивающих напряжений. При уменьшении угла наклона

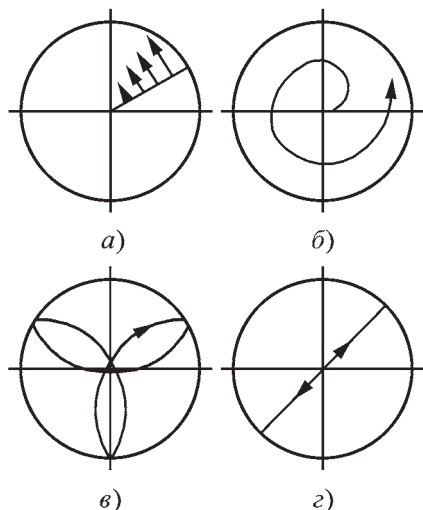


Рис. 103. Виды движения деформирующего инструмента:

a — круговое; *б* — спиральное; *в* — лепестковое; *г* — прямолинейное

инструмента вероятность растрескивания металла в центре понижается.

Выбор кинематики колебательного движения инструмента прежде всего зависит от конфигурации обрабатываемого изделия и возможности прессового оборудования.

В практике широко применяются четыре вида движения инструмента: круговое, спиральное, лепестковое, прямолинейное (рис. 103).

Выбор характера движения зависит от формы поковки. К первой, самой распространенной группе кругового движения (рис. 103, *a*), относятся изделия типа колец, фланцев, дисков и т.д. Спиральное движение (рис. 103, *б*) целесообразно использовать при сложном рельефе центральной области поковки. Лепестковое движение (рис. 103, *в*) сопровождается преимущественным течением металла в радиальном направлении и обеспечивает наилучшие условия для получения штамповкой обкатыванием поволоков зубчатых колес с симметричным профилем зуба. Прямолиней-

ное движение рекомендуется при штамповке некруглых в плане поволоков.

При закрытом деформировании стальных изделий, имеющих ступенчатую полость, рациональнее с точки зрения стойкости оснастки использовать спиральную или планетарную траекторию, а не орбитальную. Это объясняется значительным возрастанием в последнем случае скручивающего момента (угла скручивания), который приводит к разрушению качающегося инструмента.

При проектировании и внедрении технологических процессов штамповки обкатыванием режимы обработки следует назначать исходя из следующих факторов: технологических и конструктивных возможностей прессового оборудования, точности требуемых геометрических размеров изделия, конфигурации прессуемого изделия, качества поверхности и структуры изделия.

Для выбора энергосиловых параметров механизма силового нагружения сила деформирования P_d определяется равенством

$$P_d = p_{cp} f, \quad (29)$$

где p_{cp} — средняя удельная сила на контакте инструмента с заготовкой; f — площадь контакта инструмента с заготовкой в процессе деформирования:

$$f = \lambda \pi R^2, \quad (30)$$

где $\lambda = \frac{f}{F}$ — коэффициент уменьшения контактной площади по сравнению с обычной осадкой; R — радиус заготовки; F — площадь заготовки в процессе деформирования.

$$\lambda = \left(\frac{S}{2 R \operatorname{tg} 2 \gamma} \right)^{0,665}, \quad (31)$$

где S — подача инструмента за один оборот; γ — угол наклона оси инструмента.

Средняя удельная сила

$$p_{cp} = \sigma_s \left(1 + \lambda \mu \left(\frac{2R}{3h} + 1 \right) + \frac{1}{4} \left(1 + \frac{\varepsilon_{ц}}{1 - \varepsilon_{ц}} \right) \right), \quad (32)$$

где σ_s — предел текучести; μ — коэффициент трения на контакте заготовки с инструментом; h и R — высота и радиус заготовки; $\varepsilon_{ц} = S/h$ — цикловая степень деформации; S — подача инструмента за один оборот.

При небольших значениях $\varepsilon_{ц}$ можно приближенно определить

$$p_{cp} = \sigma_s \left[1,25 + \lambda \mu \left(\frac{2R}{3h} + 1 \right) \right] \quad (33)$$

При минимальной подаче S_m инструмента за один оборот,

$$S_m = 2 R \operatorname{tg} 2\gamma, \quad (34)$$

площадь контакта инструмента с заготовкой равна площади всей заготовки ($\lambda = 1$).

Подачу инструмента на оборот при $\lambda = 1$ целесообразно осуществлять при горячей штамповке, когда площадь заготовки в начальный момент хода деформирования минимальная и процесс деформирования по силовым параметрам прессы возможен без локальной деформации.

Для анализа процесса деформирования обкатыванием удобно применять параметр обкатывания q , равный отношению подачи инструмента S на оборот к радиусу R заготовки в процессе деформирования,

$$q = \frac{S}{R} \quad (35)$$

Зависимость (31) с учетом (35) будет иметь вид

$$\lambda = \left(\frac{q}{2 \operatorname{tg} 2\gamma} \right)^{0,665} \quad (36)$$

На рис. 104 показано изменение параметра уменьшения контактной площади λ от параметра q .

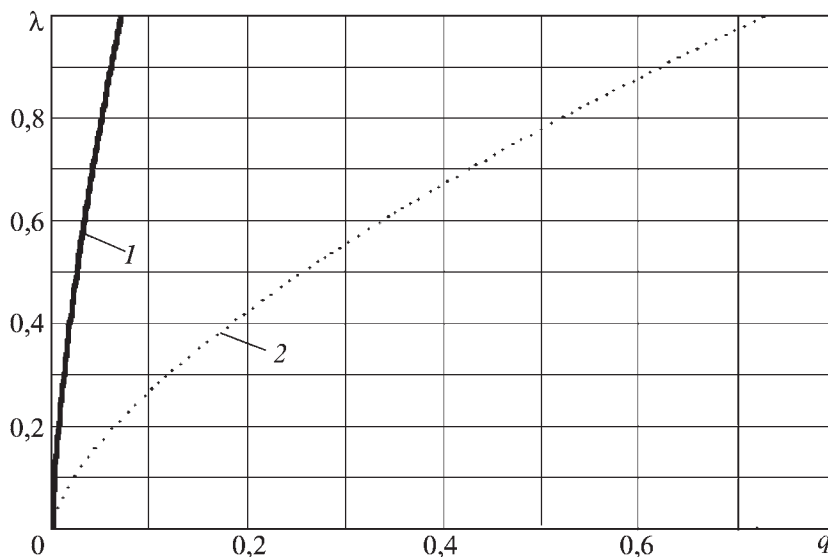


Рис. 104. Изменение параметра уменьшения контактной площади в зависимости от q :
1 — $\gamma = 1^\circ$; 2 — $\gamma = 10^\circ$

Мощность пресса, необходимая для силового нагружения

$$N_P = P_d v, \quad (37)$$

где v — скорость вертикальной подачи.

Для установления параметров механизма обкатывания находят мощность деформирования

$$N_M = \frac{1}{2}(1 - \lambda) p_{cp} \omega S R^2 \quad (38)$$

Расчетные формулы (29–38) применимы и для расчетов параметров процесса торцевой раскатки.

Оборудование. Производство штампованных изделий штамповкой обкатыванием и торцевой раскаткой осуществляется как с использованием специальных приставок к универсальным (обычно гидравлическим) прессам, так и на специализированном оборудовании.

Оборудование для штамповки обкатыванием. Созданием конструкций специализированного оборудования для штамповки обкатыванием занимаются в России (НИИМТ, ВНИИТмаш и др.), Великобритании (B.&S. Massey), Польше, Швейцарии, США и т.д.

Серийно выпускаемые фирмой Schmid (Швейцария) прессы моделей T200 и T630 имеют принципиальную схему конструкции, показанную на рис. 105. Технические характеристики этих прессов приведены в табл. 46.

Прессы предназначены для производства холодной штамповкой обкатыванием поковок групп 1–3 (см. табл. 45) из цветных металлов, малоуглеродистых и высоколегированных (при несложной форме) сталей, в том числе коррозионно-стойких и шарикоподшипниковых.

Осевое перемещение сообщается опорному (нижнему) инструменту нижним гидроцилиндровым приводом, а обкатывание заготовки деформирующим (верхним) инструментом обеспе-

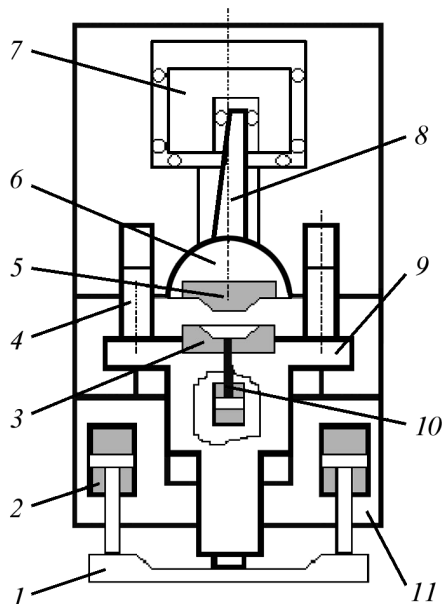


Рис. 105. Схема конструкции прессов фирмы Schmid:

1 — траверса; 2 — гидроцилиндры быстрого хода; 3 — нижний инструмент; 4 — направляющие колонны; 5 — верхний инструмент; 6 — полусфера; 7 — эксцентриковая втулка привода качания; 8 — водило полусферы; 9 — ползун; 10 — выталкиватель; 11 — станина

чивается верхним электромеханическим приводом.

В прессах предусмотрено 4 вида движения деформирующего инструмента: круговое, прямолинейное, спиральное и лепестковое (см. рис. 103).

Пресс конструкции ВНИИТмаша (г. Волгоград) по исполнению и принципу действия аналогичен прессам «Rotafarm 150». Он предназначен для полугорячей штамповки обкатыванием осесимметричных круглых в плане поковок с тонким полотном повышенной точности из черных и цветных металлов диаметром до 220 мм. Схема конструкции пресса приведена на рис. 106. Техническая характеристика пресса представлена в табл. 47. Пресс обеспечивает производительность при ручной загрузке 460 шт/час.

46. Технические данные прессов моделей T200 и T630 фирмы Schmid

Параметр	T200	T630
Номинальная сила, кН	2000	6300
Сила выталкивателя, кН:		
верхнего	400	1000
нижнего	—	200
Производительность, шт/мин	4...15	4...12
Частота качания инструмента, мин ⁻¹	0...340	0...280
Ход ползуна, мм	195	295
Угол наклона обкатывающего инструмента, °	0...2	0...2
Открытая высота, мм	202	340
Скорость, мм/с:		
закрытия	125	150
раскрытия	150	200
деформирования	26	22
Диаметр поковки, мм	180	250
Высота поковки, мм	120	180
Высота заготовки, мм	180	220
Мощность электродвигателей суммарная, кВт	67	280
Масса, т	10,2	36,0

47. Технические данные конструкции прессов ВНИИТмаш

Параметры	ВНИИТмаш
Номинальная сила, кН	2000
Частота качания обкатывающего инструмента, мин ⁻¹	900
Рабочий ход стола наибольший, мм	250
Угол наклона обкатывающего инструмента, °	0...3
Закрытая высота, мм	—
Расстояние от плиты ползуна до основания, мм	—
Скорость осевой подачи инструмента, мм/с:	
на ходе приближения	100
на рабочем ходе	49
на возвратном ходе	180
Мощность электродвигателя привода качания, кВт	55
Мощность электродвигателя насосной установки, кВт	120
Выталкиватель нижний:	
номинальная сила, кН	380
ход толкателя, мм	80
Габаритные размеры, мм:	
слева направо	6680
спереди назад	4770
Высота над уровнем пола, мм	2865
Масса, кг	—

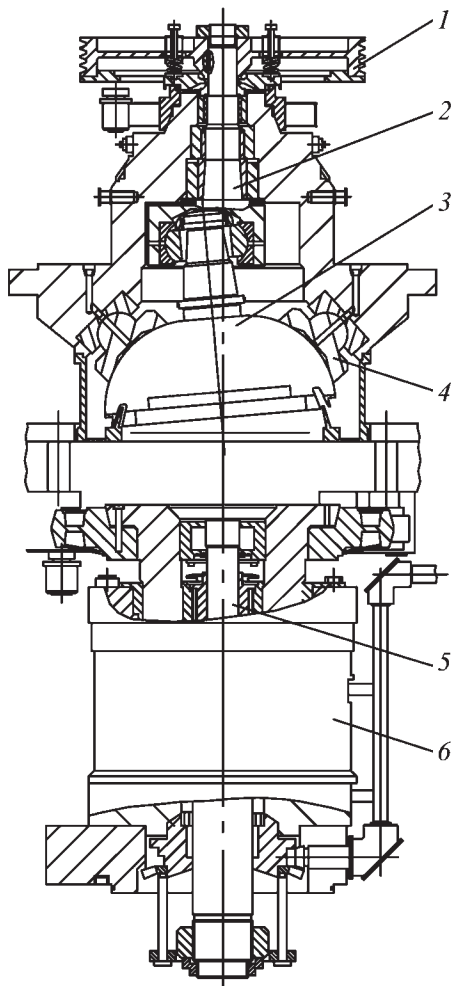


Рис. 106. Схема конструкции пресса ВНИИТмаша:

1 — шкиф клиноременной передачи с маховиком; 2 — вал приводной; 3 — сфера механизма обкатывания; 4 — опоры с гидравлическими подшипниками; 5 — выталкиватель нижний; 6 — гидравлический цилиндр осевой подачи нижнего инструмента

Для всех рассмотренных выше специализированных прессов характерно сочетание электромеханического и гидравлического приводов кругового качания и осевой подачи инструментов. Конструкции прессов без использования гидравлического привода созданы на базе кривошипных машин.

13. ШТАМПОВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

Состояние сверхпластичности. Признаки и условия проявления. Известны две основные разновидности сверхпластичности — *структурная сверхпластичность*, проявляющаяся в металлах и сплавах с очень мелким и равноосным зерном, и *сверхпластичность превращения*, проявляющаяся при деформировании материала в процессе фазового превращения. В настоящее время технологическое применение нашла в основном структурная сверхпластичность.

Феноменологически сверхпластичность определяется как способность материала к вязкопластической деформации и характеризуется совокупностью следующих основных признаков [1]:

1. Повышенной чувствительностью напряжения течения к изменению скорости деформации.

2. Высокой устойчивостью течения сверхпластичных материалов, обеспечивающей большой ресурс деформационной способности, благодаря чему относительное удлинение при растяжении таких материалов может достигать нескольких сотен и даже тысяч процентов.

3. Напряжение течения в состоянии сверхпластичности значительно меньше предела текучести материалов в обычном пластическом состоянии.

Наиболее существенным из перечисленных является первый признак, а два других можно рассматривать как его следствия. Сильная зависимость напряжения течения от скорости деформации объединяет сверхпластичные материалы (СПМ) по реологическим признакам с вязкими жидкостями. Именно вязким поведением СПМ объясняется их способность течь под действием напряжений, которые значительно меньше предела текучести, и сопротивляться развитию локализации деформации, в

результате чего достигаются рекордные показатели пластичности.

Основными характеристиками проявления эффекта сверхпластичности считают показатель скорости чувствительности напряжения течения (σ), к изменению скорости деформации ($\dot{\epsilon}$) $m = d \lg \sigma / d \lg \dot{\epsilon}$ и характерную S-образную (сигмоидальную) форму кривой, описывающей зависимость напряжения течения от скорости деформации в двойных логарифмических координатах (рис. 107).

Одной из важнейших особенностей структурной сверхпластичности является сильная зависимость эффекта от размера и формы структурных составляющих материала, а также от изменения структуры в процессе деформации [2]. Именно по этой причине данная разновидность сверхпластичности получила название структурной. Принято считать, что средний размер зерна в поликристалле, обеспечивающий заметное проявление признаков сверхпластичности, не должен превышать 10 мкм в течение всего времени деформирования, а форма зерен должна сохраняться равноосной. При этом, чем мельче зерна, тем сильнее проявляются указанные выше признаки сверхпластичности.

Условно считается, что сверхпластическое поведение материалов наблюдается при $m > 0,3$. В отдельных случаях проявления эффекта сверхпластичности величина m достигает 1. При таких значениях m обеспечивается достаточ-

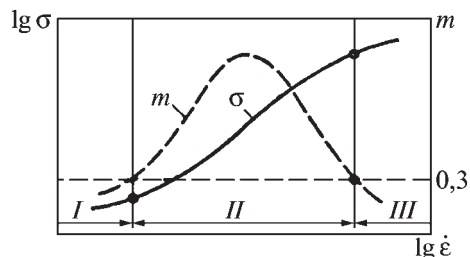


Рис. 107. Схема условного разделения кривой сверхпластичности на три участка:

I — $m < 0,3$; II — $0,3 < m < m_{\max}$; III — $m < 0,3$

ное скоростное упрочнение материалов, замедляющее развитие локализации деформации, и, как следствие, достигается большая пластичность (для сравнения, у обычных металлов $m = 0,01 \dots 0,2$; у смол или расплавленного стекла $m = 1$).

Повышенные значения показателя скорости чувствительности напряжения течения m у большинства сплавов со средним размером зерен в пределах нескольких микрон наблюдается в интервале скоростей деформации $10^{-6} \dots 10^{-3} \text{ с}^{-1}$. Однако в последнее время у некоторых сплавов с субмикронным размером зерен ($< 1 \text{ мкм}$) обнаружен сдвиг скоростного интервала сверхпластичности на 3–4 порядка в сторону больших скоростей деформации [3]. Наивысшие показатели сверхпластичности при чрезвычайно высоких скоростях деформации демонстрируют объемные аморфные сплавы [4]. От размера зерен зависят также интервалы температур деформации, при которых наблюдается сверхпластичность (табл. 48).

48. Структурная характеристика и температурно-скоростные режимы деформации сверхпластичных материалов

Структурная разновидность СП-материала	Средний размер зерен, мкм	Температурный интервал сверхпластичности	Скоростной интервал сверхпластичности, с^{-1}
Ультрамелкозернистый	1,0...10,0	(0,5...0,8) $T_{\text{пл}}$	$10^{-6} \dots 10^{-3}$
Субмикронный	0,1...1,0	(0,5...0,9) $T_{\text{пл}}$	$10^{-3} \dots 10^{-1}$
Нанокристаллический	0,01...0,1	(0,9...0,99) $T_{\text{пл}}$	$10^{-1} \dots 10^2$
Объемно-аморфный	—	(0,6...0,8) $T_{\text{пл}}$	$10^2 \dots 10^5$

Кривую сверхпластичности (см. рис. 107) формально разделяют на три интервала скоростей деформации. Такое поведение является типичным для сверхпластичных материалов и обусловлено особым сочетанием механизмов деформации металлов и сплавов с ультрамелкозернистой структурой [2]. Экспериментально установлено, что основными механизмами сверхпластической деформации (СПД) являются зернограничное скольжение, диффузионная ползучесть и внутризеренное дислокационное скольжение.

Для интервала I характерным механизмом является диффузионная ползучесть. Интервал II характеризуется развитым зернограничным скольжением, сопровождающимся интенсивными смещениями и разворотами структурных составляющих сплава относительно друг друга без значительного изменения начальной равноосной формы зерен. В интервале III преобладает внутризеренный дислокационный сдвиг — основной механизм обычной пластической деформации металлов и сплавов.

Таким образом, зернограничное скольжение является основным механизмом деформации при структурной сверхпластичности. Отсюда ясна определяющая роль структурного состояния материала в проявлении эффекта сверхпластичности — чем меньше размер и ближе к равноосной форма зерен сплава, тем легче реализуется зернограничное скольжение, тем меньше напряжение течения и выше скорость СПД.

Реология и механика сверхпластической деформации. По мере обобщения экспериментальных данных о закономерностях деформации металлов и сплавов в состоянии сверхпластичности появилась возможность перейти от качественного обсуждения физических аспектов сверхпластичности к количественному описанию процес-

сов СПД. Это способствует не только более рациональному использованию эффекта в технологических процессах, но и расширяет общие представления о поведении вязкопластических сред.

Ранние модели СПД основывались на представлениях об одном определяющем механизме деформации и описывали сверхпластическое течение исходя из традиционных представлений о высокотемпературной ползучести как течении нелинейно вязкой жидкости

$$\sigma = K\dot{\epsilon}^m, \text{ или } \dot{\epsilon} = C\sigma^n, \quad (39)$$

где $n = 1/m$, K и C — коэффициенты, зависящие от структурного состояния материала, температуры и механизма деформации.

Уравнение (39) может с известной точностью и в определенном диапазоне скоростей деформации описывать S-образную кривую сверхпластичности $\sigma = \sigma(\dot{\epsilon})$ или обратную ей кривую $\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}(\sigma)$. Выбор функции в данном случае зависит от вида испытаний материала. Однако при этом показатель скоростного упрочнения m существенно изменяется в зависимости от скорости деформации $\dot{\epsilon}$. Это представляет серьезное неудобство при математическом моделировании процессов СПД, в частности, процессов объемной и листовой формовки, отличающихся нестационарностью и большой неравномерностью скоростей деформации по объему заготовки.

Для устранения этого недостатка разработана сложная реологическая модель упруговязкопластической (EVP) среды, которая описывает реологию сверхпластичных материалов в широком диапазоне скоростей деформации [1]. Модель EVP среды эффективно используется при решении научных и технологических задач обработки металлов

давлением в состоянии сверхпластичности. Уравнение связи напряжения течения и скорости деформации, соответствующие этой модели, имеет вид:

$$\sigma = \sigma_s \frac{\sigma_0 + k_v \dot{\epsilon}^{m_v}}{\sigma_s + k_v \dot{\epsilon}^{m_v}} \quad (40)$$

или

$$\dot{\epsilon} = \left(\frac{\sigma_s}{k_v} \frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_s - \sigma} \right)^{1/m_v},$$

где σ_0 — пороговое напряжение, соответствующее скоростям деформации, близким к нулю; σ_s — предел текучести при больших скоростях деформации; k_v и m_v — параметры упруговязкого элемента модели (рис. 108).

Достоинством реологической модели EVP среды является инвариантность ее коэффициентов σ_0 , σ_s , k_v и m_v относительно изменения скорости деформации в широком скоростном интервале.

Дальнейшее развитие модели EVP среды ориентировалось на количественный учет таких важнейших параметров, как степень деформации и структура материала.

На основе представлений об экикогезивном состоянии материала была постулирована реологическая модель SP среды, учитывающая структурный фактор в виде:

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_{eq} \exp[\Omega(\sigma - \sigma_{eq})] \left(\frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_s - \sigma} \right)^{1/m_v}, \quad (41)$$

где σ_{eq} и $\dot{\epsilon}_{eq}$ — напряжение и скорость деформации, соответствующие экикогезивному состоянию и характеризующие верхнюю границу интервала II (см. рис. 107); Ω — структурный термоактивируемый параметр, зависящий от среднего размера зерен сплава.

Уравнение (31) описывает весь массив экспериментальных данных

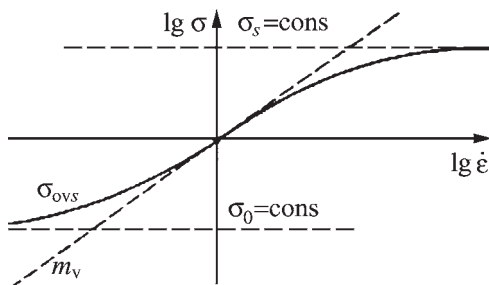


Рис. 108. Зависимость напряжения течения EVP среды от скорости деформации

для каждого конкретного сплава, независимо от его структурного состояния, с весьма высокой точностью и рекомендуется для использования при расчете технологии таких процессов сверхпластического деформирования, для которых параметры структуры являются определяющими (например, сверхпластическая формовка, формовка, совмещенная с диффузионной сваркой и др.).

Рассмотренные уравнения (39)–(41), выбираемые в зависимости от продолжительности процесса СПД, требуемой точности, а следовательно, и сложности модели процесса деформирования, замыкают общую систему уравнений, описывающих механическое поведение СПМ как сплошной среды. Эта система для случая изотермического деформирования включает уравнения равновесия для напряжений σ_{ij}

$$\partial \sigma_{ij} / \partial x_j + \rho b_i = 0, \quad (42)$$

где ρ — плотность материала, b_i — компоненты вектора массовой силы и уравнения связи компонентов тензора скоростей деформации $\dot{\epsilon}_{ij}$ с вектором скорости перемещения

$$\dot{\epsilon}_{ij} = 1/2 (\partial v_i / \partial x_j + \partial v_j / \partial x_i). \quad (43)$$

Уравнения связи между тензорами напряжений и скоростей деформации для сверхпластического материала с учетом предположения о ко-

аксиальности осей тензоров представляют в виде

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \frac{3}{2} \frac{\dot{\varepsilon}_i}{\sigma_i} S_{ij},$$

где $S_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma_0 \delta_{ij}$ — компоненты девиатора напряжений; δ_{ij} — символ Кронекера; $\dot{\varepsilon}_i = \left(\frac{2}{3} \dot{\varepsilon}_{ij} \dot{\varepsilon}_{ij} \right)^{0,5}$ — интенсивность скоростей деформации; $\sigma_i = \left(\frac{3}{2} S_{ij} S_{ij} \right)^{0,5}$ — интенсивность напряжений; соотношение между интенсивностями $\dot{\varepsilon}_i$ и σ_i устанавливается уравнениями (39), (40) или (41).

В настоящее время применяется описанная механико-математическая модель для расчетов технологических задач сверхпластического деформирования аналитическими и численными методами. Аналитические методы базируются на ряде упрощающих допущений относительно геометрии и свойств деформируемого тела и позволяют получить корректные решения в основном только для простейших технологических процессов. Достоинство этих методов — быстрая приближенная оценка процесса формоизменения и оптимальных технологических параметров.

Для учета особенностей граничных условий, сложной геометрии и других факторов, часто оказывающих существенное влияние на процесс формоизменения, требуется использование более мощных численных методов. Среди них основное внимание уделяется развитию и совершенствованию математических моделей процессов СПД, базирующихся на методах конечных элементов, локальных вариаций и им подобных [5].

Сверхпластичные материалы. В настоящее время известно множество ме-

таллов и сплавов, а также интерметаллидов, керамических и композиционных материалов, проявляющих эффект сверхпластичности. Принято считать [2–4], что любой сплав с ультрамелким равноосным зерном при повышенных температурах и определенных, достаточно низких скоростях деформации, может в большей или меньшей мере проявлять признаки сверхпластичности. Однако для практического использования эффекта сверхпластичности недостаточно иметь в исходной заготовке ультрамелкое равноосное зерно. Необходимо еще сохранить малый размер зерен в течении всего времени СПД, причем следует отметить, что для мелкозернистой структуры характерна большая склонность к росту зерна, обусловленная стремлением уменьшить суммарную энергию межзеренных границ. В табл. 49 дан краткий обзор типичных сверхпластичных материалов.

По типу микроструктуры все промышленные сверхпластичные сплавы можно разделить на две группы [6]. К первой группе относятся сплавы с матричной структурой, в которых рост зерен основной фазы (матрицы) сдерживается частицами второй фазы, распределенными в матричной фазе. Например, к этой группе сплавов относятся алюминиевые сплавы 1201, 1420, В95 и др.

Вторую группу составляют сплавы с микродуплексной структурой, у которых зерна двух фаз перемешаны, а объемные доли фаз примерно одинаковы. У этих сплавов максимально развита поверхность раздела фаз с разным типом кристаллической решетки и разным химическим составом, что обеспечивает максимальное взаимное торможение роста зерен этих фаз. Примерами сверхпластичных сплавов с микродуплексной структурой являются $(\alpha+\beta)$ -титановые сплавы ВТ6, ВТ14 и другие, ферритно-аустенитная коррозионно-стойкая сталь ВНС48 и др.

49. Типичные представители сверхпластичных материалов

Виды сверхпластичных материалов	Основа материала	Химический состав (система сплава)	Коммерческое наименование сплава	
			Стандарт России	Стандарт США
Сталь коррозионно-стойкая	Fe	Fe–26 %C–6 %Ni–1 %Ti	ВНЧ48 (ЭК65)	IN 744
Сталь сверхвысокоуглеродистая		Fe–(1,6...2,6)%C	Экспериментальные сплавы	
Цветные сплавы с поликристаллической структурой	Al	Al–Cu–Li	1450	2090
		Al–Cu–Mg	Д20; Д1201	
		Al–Cu–Zn		2004 (Supral)
		Al–Li–Cu–Mg		8090
		Al–Mg–Mn	АМг6	5083
		Al–Mg–Zr	1420	
		Al–Zn–Mg	В95; В96ц	7075; 7475
	Cu	Cu–Al–Fe		CDA619
		Cu–Zn	Экспериментальные сплавы	
		Cu–Zn–Pb	ЛС59–1	
	Mg	Mg–Al–Zn–Mn	МА2–1	
		Mg–Li		
	Ni	Ni–Co–Cr–Al–Ti–Mo–V–B		IN–100
		Ni–Co–Cr–Mo–Al–Ti–Zr–B		Udimet 700
		Ni–Co–Cr–Mo–Al–Ti–B		Astroloy
		Ni–Cr–Co–Mo–Al–W–Ti–Fe	ЖС6КП	
		Ni–Cr–Co–Mo–Ti–Al–Zr–B		Waspaloy
		Ni–Ta–Cr–Al–W–Mo–Nb–Zr		TAZ–8A
	Ti	Ti–4 %Al–3 %Mo–1 %V	BT14	
		Ti–6 %Al–2,5 %Mo–2 %Cr–1 %Fe	BT3–1	
		Ti–6 %Al4 %V	BT6	IMI 318
		Ti–6,5 %Al–3,5 %Mo–2 %Zr	BT9	
Цветные объемно-аморфные сплавы	La	La–25 %Al–20 %–Ni	Экспериментальный сплав	
	Pd	Pd–40 %Ni–20 %P	Экспериментальный сплав	
	Zr	Zr–22,5 %Be–14 %Ti–12,5 %Cu–10 %Ni		Vitalloy 1
		Zr–15 %Al–15 %Cu–10 %Ni	Экспериментальный сплав	
Интерметаллиды	Ni	NiAl ₃	Сплавы с памятью формы	
	Ti	Ti ₃ Al		
Керамические материалы	ZrO ₂	ZrO ₂ –6,2 %Y ₂ O ₃		3Y-TZP
	Ca	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂	Гидроксиапатит (биокерамика)	
	Si	Si _{6-x} Al _x O _y N _{8-y}		Альфа-сиалон
Композиты на металлической основе	Fe	Fe–(24...40)Fe ₃ C	Аналог «дамасских» сталей	
	Al сплав 7475	(Al–Zn–Mg)–SiC		SiC/7475
		(Al–Zn–Mg)–Si ₃ N ₄		Si ₃ N ₄ /7475
Композиты на керамической основе	Si ₃ N ₄ /SiC	Si ₃ N ₄ /SiC	Конструкционные материалы	
	ZrO ₂ /Al ₂ O ₃	(ZrO ₂ /Al ₂ O ₃)–4 %Y ₂ O ₃		

50. Характеристики сверхпластического состояния некоторых сплавов

Основа сплава	Марка сплава	Средний размер зерен, мкм	$T_{сп}, ^\circ\text{C}$	$\dot{\epsilon}_{сп}, \text{c}^{-1}$	$\sigma_{сп}, \text{МПа}$	m_v	$\delta_{\max}, \%$
Al	B96ц	5,0	465	10^{-3}	5,0	0,60	850
	1420	5,5	450	$4 \cdot 10^{-4}$	5,0	0,55	700
	Амг6	9,5	420	$6 \cdot 10^{-5}$	5,0	0,45	410
Fe	ВНС48 (03Х26Н6Т)	2,5	950	10^{-3}	25,0	0,47	600
	12Х18Н10Т	2,0	780	$4 \cdot 10^{-3}$	80,0	0,50	280
Mg	МА8	15,0	400	$2 \cdot 10^{-3}$	9,0	0,42	300
	МА15	15,0	450	$2 \cdot 10^{-3}$	11,0	0,45	320
	МА21	15,0	450	$8,3 \cdot 10^{-3}$	2,0	0,55	475
Ni	ЖС6КП	5,5	1100	$1,7 \cdot 10^{-3}$	5,0	0,50	650
	ЖС6К	7,5	1125	$5 \cdot 10^{-3}$	5,0	0,40	420
Ti	BT3-1	1,2	870	$3 \cdot 10^{-3}$	5,0	0,52	2000
	BT6C	1,5	900	10^{-3}	10,0	0,52	1800
	BT9	2,0	950	$2,7 \cdot 10^{-3}$	29,0	0,60	1800
	BT14	1,2	870	$5 \cdot 10^{-3}$	5,0	0,70	2000
ZrO ₂	Y-TZP (керамика)	0,3	1550	$8,3 \cdot 10^{-3}$	9,0	0,50	800
La	La ₅₅ Al ₂₅ Ni ₂₀	Аморфный	200	$5 \cdot 10^5$	15,0	1,0	20 000

В табл. 50 приведены примеры характеристик сверхпластического состояния некоторых сплавов, полученных при испытаниях на растяжение.

При переходе от растяжения к сжатию, более характерному для процессов объемной штамповки, напряжение течения заметно увеличивается, область СПД смещается в сторону более высоких скоростей деформации, приближающихся к скоростному диапазону серийных гидравлических прессов.

До недавнего времени одним из серьезных препятствий использования сверхпластичности в обработке металлов давлением считались очень малые скорости деформации, при которых это состояние проявляется. Однако сравнительно недавно появились сообщения о *высокоскоростной сверхпластичности* некоторых металлических сплавов и композитов при скоро-

стях деформации до 10^2 c^{-1} , существенно превышающих скорости деформации, характерные для традиционных процессов ОМД. Например, рекордное удлинение 1250 % при скорости деформации 50 c^{-1} и температуре $525 ^\circ\text{C}$ получено у механически легированного алюминиевого сплава IN9021 (Al — 4 % Cu — 1,5 % Mg — 1,1 % C — 0,80 %) [3]. Наконец, скорости сверхпластической деформации объемных аморфных сплавов оказались на три порядка выше скоростей деформации, характерных для *высокоскоростной сверхпластичности* (см. табл. 44).

Эти результаты позволяют по-новому оценить перспективы использования сверхпластичности в технологии обработки металлов давлением в связи с устранением негативного фактора малых скоростей деформации, существенно ограничивающего производительность процессов, основанных

на применении сверхпластичности. Кроме того, расширение скоростного диапазона с обнаружением сверхпластичности у многих типов поликристаллических материалов, включая керамику, позволяет сделать вывод о широком распространении и сравнительно легком достижении этого состояния в интересах создания эффективных процессов.

Основные направления использования сверхпластичности в технологии обработки металлов давлением. Материал, деформируемый в сверхпластическом состоянии, характеризуется повышенной чувствительностью напряжения течения к скорости деформации. Таким образом, с позиции реологии сверхпластичность тождественна вязкопластичности, причем вязкое поведение материала существенно влияет на процесс деформации.

Анализируя особенности вязкого поведения сверхпластичных материалов, легко показать, что именно оно создает предпосылки для рационального использования сверхпластичности в процессах ОМД. Так, например, из формулы (40) следует, что, уменьшая скорость деформации сверхпластичного материала, можно существенно снизить рабочее давление, силу деформирования и, соответственно, работу деформации. При этом влияние скорости деформации на энергосиловые параметры процесса тем больше, чем больше коэффициент m , т.е. чем сильнее проявляется эффект сверхпластичности.

Из формулы (40) следует, что течение сверхпластичного материала начинается при $\sigma_{\text{н}} \leq \sigma_0$, причем пороговое напряжение $\sigma_{\text{н}}$ обычно в 100...1000 раз меньше значения σ_s этого материала. Следствием этого является значительное сокращение протяженности зон затрудненной деформации, возникающих у поверхности контакта де-

формируемой сверхпластичной заготовки с инструментом, по сравнению с заготовкой из пластичного материала, течение которого начинается при условии $\sigma = \sigma_s$.

На схемах (рис. 109) показан характер изменения протяженности зон затрудненной деформации. Схемы наглядно показывают, что деформирование заготовки в режиме сверхпластичности способствует уменьшению неравномерности деформации, существ-

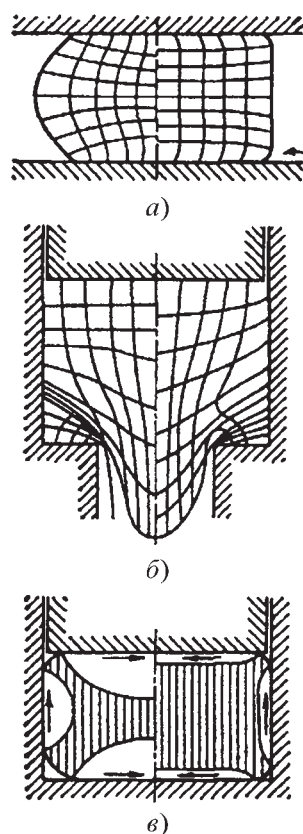


Рис. 109. Схемы неравномерности деформации при различных процессах обработки металлов давлением (слева — деформирование пластичного, справа — сверхпластичного материала): а — осадка (искажение координатной сетки); б — выдавливание (искажение координатной сетки); в — заполнение углов закрытого штампа (не заштрихованы зоны затрудненной деформации)

венно облегчает затекание металла штампуемой заготовки в углы и другие труднозаполняемые полости ручья штампа.

Наконец, еще одно следствие вязкого характера течения сверхпластичных материалов заключается, как известно, в повышенной устойчивости деформации против локализации в условиях линейного и плоского растяжения, что объясняется влиянием скоростного упрочнения, которое проявляется тем сильнее, чем больше значение m .

Указанные выше особенности течения сверхпластичных материалов составляют основу технологических преимуществ использования эффекта сверхпластичности в различных процессах обработки металлов давлением. К настоящему времени в отечественной и зарубежной практике [1, 7] получили развитие две группы процессов, в которых сверхпластичность используется наиболее эффективно: принципиально новые процессы формообразования, реализация которых возможна лишь благодаря особенностям СПД, и традиционные процессы (в основном, объемная изотермическая штамповка), где сверхпластичность используется для повышения их эффективности. Разрабатываются также процессы, основанные на комбинации различных схем деформирования как традиционных, так и специально применяемых для СПД.

В подходе к созданию принципиально новых процессов обработки давлением сверхпластичных материалов проявляется стремление использовать схемы переработки вязких материалов (нагретого стекла, термопластов и т.д.). Так, один из первых процессов, разработанных специально для формообразования в состоянии сверхпластичности длинноосных изделий, — процесс бесфильтрного волочения (формообразование растяжением) [1],

который в некоторой степени аналогичен процессу получения стеклянных волокон (рис. 110).

Степень вытяжки заготовки при бесфильтрном волочении, определяющаяся соотношением скоростей подачи v_n и волочения v_b ,

$$\mu = v_n / v_b = R^2 / r^2, \quad (44)$$

очевидно зависит от степени устойчивости материала заготовки против локализации деформации, т.е. от показателя m . Поэтому подобный процесс экономически целесообразен лишь для обработки сверхпластичных материалов с высоким уровнем проявления эффекта ($m > 0,5$); при этом за один проход достигается вытяжки $\mu = 5 \dots 10$.

Развитием сверхпластической формовки (см. т. IV) являются комбинированные процессы, в которых сочетается сверхпластическая формовка с диффузионной сваркой. Такие процессы создают условия для качественного скачка в технологии производства крупногабаритных тонкостенных конструкций сложной формы, в частности, несущих узлов летательных аппаратов, которые могут заменить более тяжелые и менее прочные конструкции, собираемые из многочисленных деталей болтовыми соединениями, клепкой и т.д.

Процесс *штамповки оребренных деталей оболочек на термоупругих прессах* [1] основан на использовании повышенной текучести сверхпластичных материалов — способности их под действием сравнительно небольшого давления заполнять глубокие, узкие полости штампа. Термоупругий пресс (рис. 111) — это нетрадиционное штамповочное устройство, в котором тепловая энергия преобразуется непосредственно в работу деформации: рабочий ход осуществляется в результате теплового расширения сердечника, а сила создается тер-

Рис. 110. Формообразование растяжением (бесфильтренное волочение):

a — схема процесса: 1 — подающие ролики; 2 — нагреватель (индуктор); 3 — заготовка; 4 — тянущие ролики; *б* — примеры профилей: I и II — сплошные и пустотелые постоянного и переменного сечения соответственно; III — специальные; IV — с заострениями

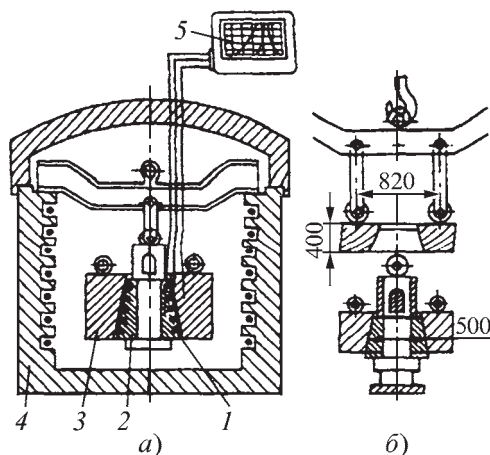
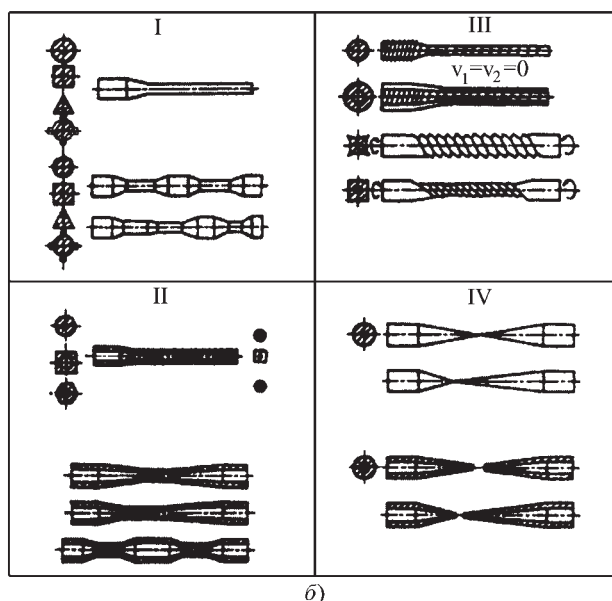
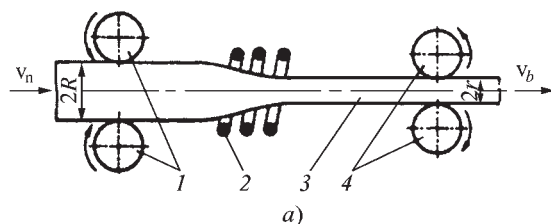


Рис. 111. Термоупругий пресс:

a — в рабочем положении; *б* — процесс сборки; 1 — штампуемая деталь; 2 — оправка; 3 — кольцевой контейнер; 4 — печь; 5 — прибор для регистрации температуры

моупругой деформацией системы сердечник—заготовка—контейнер. Рельеф ребрения (продольный, поперечный или вафельный) образуется сжатием заготовки, находящейся между сближающимися наружной поверхностью сердечника и внутренней поверхностью контейнера, и заполнением частью металла заготовки негативного рельефа на одной из рабочих поверхностей, соответствующего форме и размерам ребрения. При использовании режимов сверхпластичности, как показывают исследования, возможно добиваться полного оформления ребер, исключить дефекты типа утяжин, зажимов и прострелов.

Традиционная технология получения подобных изделий механическим, химическим или электрохимическим

фрезерованием связана с потерей в отход от 80 до 95 % металла заготовки. Штамповка на термоупругих прессах позволяет в несколько раз увеличить КИМ, снизить трудоемкость производства, повысить качество готовых изделий в результате устранения подрезания волокон исходной заготовки.

Оригинальным решением задачи снятия отштампованного изделия с инструмента (сердечника) являлось использование для этих целей принципа сверхпластической формовки листовых заготовок сжатым газом путем раздутия готового оребренного изделия в радиальном направлении на величину, равную высоте ребер, с одновременной калибровкой размера по наружной поверхности.

Наконец, повышенная текучесть сверхпластических сплавов использована при разработке процесса, основанного на комбинации схем *многоканального выдавливания* сверхпластичного материала заготовки в закрытые полости ручьев штампов с оформлением, по мере их заполнения, изделий заданной формы (рис. 112) [1]. Этот процесс по аналогии со схемой литья под давлением иногда называют твердофазным литьем. В частности, он используется при штамповке деталей типа диска турбины вместе с лопатками (монодиск), при этом лопатки оформляются многоканальным радиальным выдавливанием.

Отмеченные выше особенности вязкого течения сверхпластичных материалов позволяют также расширить возможности и повысить эффективность точной *изотермической объемной штамповки* деталей сложной формы, добиваясь при этом снижения до минимума отходов металла, уменьшения силы штамповки, затрат энергии на процесс деформации, снижения трудоемкости производства, повышения качества продукции.

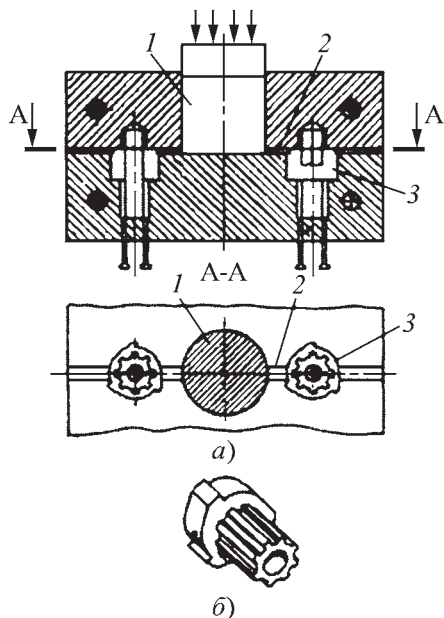


Рис. 112. Комбинированный процесс
«выдавливание—штамповка»:

а — штамп; *б* — готовая деталь; 1 — заготовка; 2 — каналы; 3 — штампы

В настоящее время под точной объемной штамповкой принято понимать процесс получения деформированием в штампе детали без припуска на механическую обработку по всей поверхности за исключением той ее части, по которой данная деталь стыкуется с другими деталями при сборке. Таким образом, сверхпластичность в этом случае наиболее целесообразно использовать при штамповке тонкостенных деталей сложной формы с развитой поверхностью.

При этом, если штампуются поковки малых и средних размеров, изготовление которых не лимитировано мощностью имеющихся прессов, то в этом случае эффект от использования сверхпластичности связан, главным образом, со снижением отходов металла, уменьшением объема и трудоемкости обработки резанием, повышением качества деталей. Этот эффект тем

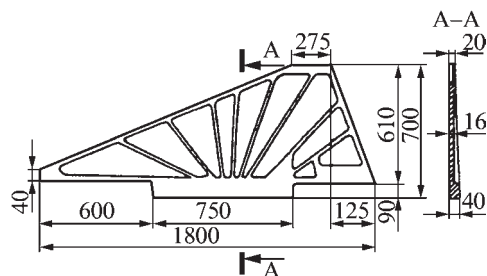


Рис. 113. Панель с лучевым оребрением из магнетического сплава МА2-1

значительнее, чем дороже обрабатываемый сплав и чем труднее он деформируется в обычных условиях.

Однако наибольший эффект использования сверхпластичности достигается при штамповке крупногабаритных изделий сложной формы с развитой поверхностью, особенно если их штампуют из труднодеформируемых материалов, обладающих повышенным сопротивлением деформации. В этом случае применение обычной горячей штамповки бывает лимитировано мощностью прессового оборудования или стойкостью штампового инструмента. Применение же режимов сверхпластичности решает эти задачи, при этом возможно увеличить в пределах номинальной силы прессы максимально допустимые размеры штампуемой детали или перевести штамповку деталей с мощных (часто, уникальных) прессов на серийные прессы с меньшей номинальной силой. Например, крупногабаритную тонкостенную панель с лучевым оребрением (рис. 113), штампуемую в обычных условиях на прессах с номинальной силой 500...750 МН, в режиме сверхпластичности удалось отштамповать на прессе 150 МН, причем сила в конце штамповки не превышала 120 МН.

Технико-экономический анализ процессов СПД. Преимущества, связанные с использованием сверхпластичности в процессах обработки металлов

давлением, достигаются вследствие существенного усложнения технологии, обусловленной подготовкой структуры исходных заготовок, регламентацией температурного и скоростного режимов деформации. Поэтому для определения целесообразности использования эффекта сверхпластичности в процессах металлообработки необходимо провести предварительный технико-экономический анализ, для оценки соотношения затрат на усложнение технологического процесса и достигаемого при этом улучшения материальных и стоимостных показателей эффективности процесса. Рассмотрим некоторые соображения, которые позволяют рационально решать эти проблемы.

При решении вопроса о целесообразности подготовки ультрамелкозернистой структуры исходного полуфабриката (сложность и стоимость этого процесса возрастает пропорционально степени измельчения зерна [2]) следует прежде всего попытаться решить конкретную технологическую задачу (снижение силы штамповки, повышения КИМ и т.д.), используя деформирование полуфабриката с неподготовленной структурой, т.е. в *режиме сверхпластичности*, а точнее, используя вязкое поведение деформируемого сплава в той степени, которую он способен показать в состоянии поставки. Иными словами, сплав деформируется при таком сочетании температуры и скорости деформации, при которых показатель m максимален. Часто, если $m = 0,25...0,30$, то этого достаточно, например, для снижения необходимого давления или силы деформации в 2–3 раза в результате рационализации температурно-скоростного режима деформирования, не вводя трудоемкую операцию подготовки структуры. Подготовка ультрамелкозернистой структуры заготовок с по-

следующим деформированием, как принято называть, *в состоянии сверхпластичности*, т.е. при оптимальных температурно-скоростных условиях (m_{\max}), необходима лишь для процессов, полностью основанных на эффекте сверхпластичности, таких, как бесфильерное волочение, сверхпластическая формовка полых изделий из листовой и трубной заготовки и т.п.

Средством для регламентации температурного режима деформирования являются изотермические блоки [9], предназначенные для нагрева деформирующего инструмента до заданной температуры и поддержания ее по стоянной в период работы штамповочного агрегата. Изотермический блок — сложное и дорогое устройство, в состав которого входит аппаратура для контроля и регулирования температуры штампа. Однако в некоторых случаях, особенно при штамповке крупногабаритных деталей из легких сплавов, условия деформации, близкие к изотермическим, можно создать и без изотермического блока, предварительно нагревая штампы до необходимой температуры и используя аккумулярованную в массивных штампах теплоту.

Решение вопроса регламентации скоростного режима деформации связано с выбором оборудования для процессов СПД. Пониженная скорость деформации, необходимая для обеспечения СПД, считается серьезным препятствием для практического применения сверхпластичности в процессах обработки металлов давлением, в частности при горячей объемной штамповке, так как следствиями этого являются снижение производительности штамповки и необходимость реконструкции привода гидравлических прессов.

Однако опыт освоения этих процессов в производственных условиях, накопленный к настоящему времени, по-

казывает, что режим СПД при объемной штамповке целесообразно использовать лишь на заключительной стадии процесса — при заполнении наиболее труднозаполняемых элементов ручья штампа (углов, узких глубоких полосей и т.п.). Для осуществления этого процесса требуется максимальная сила штамповки при стандартной скорости рабочего хода пресса. Обеспечить на этой стадии требуемое снижение скорости деформирования, не реконструируя привод пресса, можно, используя режим крип-штамповки (выдержка заготовки на заключительной стадии штамповки под постоянным давлением), либо режим периодических нажатий. Поскольку заключительная стадия составляет лишь очень малую часть всего рабочего хода, снижение в ее пределах скорости деформации до уровня режима СПД слабо влияет на производительность процесса штамповки. Однако режим крип-штамповки отрицательно сказывается на стойкости уплотнений рабочих цилиндров гидравлических прессов. Поэтому более радикальное решение данной проблемы — оснащение гидравлических прессов, предназначенных для штамповки в режиме СПД программными регуляторами скорости рабочего хода, которые обеспечивают рациональный, двухстадийный скоростной режим штамповки. Первая стадия осуществляется при стандартной скорости рабочего хода пресса, вторая (доштамповка) — при оптимальной скорости СПД.

В настоящее время для процессов СПД в большинстве случаев используют серийные гидравлические прессы универсального назначения. Однако, принимая во внимание описанные выше особенности СПД и средства обеспечения режимов СПД, следует признать целесообразным создание для этих целей специализированных прессов, которые наряду с обеспечением их

программными регуляторами скорости должны отличаться от универсальных прессов увеличенными размерами рабочего пространства для размещения изотермического блока. Использование в этих случаях универсальных прессов приводит к существенной их недогрузке, так как размещение в рабочем пространстве такого пресса изотермического блока в 1,5–2 раза сокращает размеры штампа и, соответственно, штампуемых деталей. Применение режимов СПД позволяет также в несколько раз уменьшить необходимое для штамповки давление. В результате этого рабочее пространство серийного гидравлического пресса не позволяет штамповать детали таких размеров, которые в режиме СПД соответствуют возможностям пресса по номинальной силе.

При оценке технико-экономической эффективности процессов СПД [8] наиболее существенными факторами являются стоимость материала заготовки и время деформирования. Увеличение этих показателей снижает эффективность процесса (рис. 114). Анализ показывает, что, например, для СПД деталей из алюминиевых сплавов существует определенная об-

ласть на шкале серийности (от нескольких десятков до нескольких тысяч штук в год), в пределах которой эта технология эффективна.

Таким образом, проведенный анализ позволяет в общих чертах определить перспективные области применения нетрадиционных процессов СПД и изотермической штамповки с использованием эффекта сверхпластичности. К ним, прежде всего, относятся деформирование малопластичных и труднодеформируемых сплавов, формовка и штамповка крупногабаритных тонкостенных изделий сложной формы с развитой поверхностью и глубокими полостями. При этом для особо сложных изделий целесообразно использовать комбинированные процессы, например, формовку с диффузионной сваркой. Из этого следует, что использование новой технологии, по крайней мере при современном уровне ее развития, для замены существующих высокопроизводительных процессов обработки давлением достаточно пластичных сплавов, особенно в условиях крупносерийного и массового производства, нецелесообразно. В данном случае незначительный технологический эффект не окупит существенные дополнительные затраты на реализацию процессов СПД.

Вместе с тем, широкие возможности процессов СПД при решении технологических задач, неосуществимых традиционными методами обработки металлов давлением, целесообразно учитывать на стадии конструирования и проработки нового изделия на технологичность. Как показывает отечественный и зарубежный опыт [7, 8], такой подход создает условия для качественного скачка в повышении эксплуатационных характеристик многих перспективных изделий и эффективности их производства.

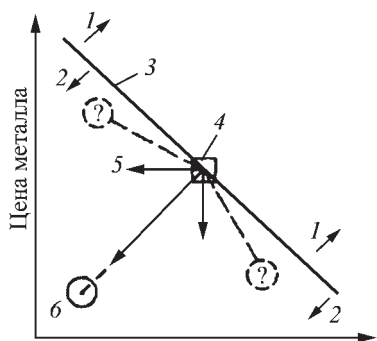


Рис. 114. Диаграмма влияния стоимости материала заготовки и времени деформирования на эффективность процесса СПД:

1 — потери; 2 — прибыль; 3 — линия постоянной себестоимости; 4 — исходная ситуация; 5 — малая прибыль; 6 — идеальная цель

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чумаченко Е.Н., Смирнов О.М., Цепин М.А. Сверхпластичность: материалы, теория, технологии. М.: Ком-Книга. 2005. 320 с.

2. Новиков И.И., Портной В.К. Сверхпластичность сплавов с ультра-мелким зерном. М.: Металлургия. 1981. 166 с.

3. Nieh T.G., Wadsworth J., Sherby O.D. Superplasticity in Metals and Ceramics. Cambridge University Press. 273 p.

4. Смирнов О.М., Ершов А.Н., Цепин М.А. Реологическое поведение сверхпластичных нанокристаллических и аморфных материалов // Изв. Вузов. Цветная металлургия. 2001. № 4. С. 18–27.

5. Chumachenko E.N., Smirnov O.M. Computer aided design in SPF process based on the SPLEN program set. Materials Science Forum, Vols. 170–172 (1994) P. 601–606.

6. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов. М.: Металлургия, 1984. 263 с.

7. Смирнов О.М. Достижения и перспективы использования сверхпластичности в обработке материалов давлением // КШП. 1994. № 4. С. 2–5.

8. Барнс Э.Дж., Смирнов О.М. Технология сверхпластической формовки полых изделий из листовых заготовок алюминиевых сплавов // КШП. 1995. № 5. С. 9–12.

9. Грабский М.В. Структурная сверхпластичность материалов: пер. с польск. М.: Металлургия, 1975. 272 с.

14. ШТАМПОВКА ЖИДКОГО МЕТАЛЛА (ШЖМ)

ШЖМ — малоотходный процесс с выходом годного по жидкому металлу до 95 %. Он относится к гибридным процессам, позволяющим получить

прочность и надежность заготовок, обеспечиваемые горячей объемной штамповкой (ГОШ), в сочетании с экономической эффективностью и сложностью форм отливок при литье под давлением [1–6].

Сущность процесса и область применения. На поверхность залитого и кристаллизующегося в полости пресс-формы (штампа) дозы расплава воздействуют силой, создающей в расплаве высокое давление. При быстром охлаждении в металлической пресс-форме высокое давление облегчает возникновение многих центров кристаллизации, снижает средний размер зерна, повышает растворимость газов в жидком металле и улучшает питание нижних слоев заготовки через микропоры. Постоянное перемещение формообразующего инструмента компенсирует усадку жидкого металла.

Способом ШЖМ производят заготовки (отливки) массой 0,05...500 кг [2, 3] высокой прочности и газоплотности из традиционных литейных и деформируемых сплавов, а также из новых сплавов, имеющих низкие литейные, но высокие механические свойства, и из композиционных материалов с металлической матрицей.

Наиболее целесообразно применять ШЖМ для получения заготовок из сплавов на основе Al, Cu, Mg и Zn с температурой плавления до 1000 °С. Экономически выгодная партия заготовок из сплавов цветных металлов 1000 шт/год и более [5].

По сравнению с литьем в кокиль ШЖМ позволяет снизить расход металла на 30...40 %, существенно улучшить механические свойства заготовок, повысить их размерную точность и избавиться от дефектов литья. По сравнению с горячей объемной штамповкой ШЖМ позволяет уменьшить количество технологических операций в 2–2,5 раза, уменьшить припуски

51. Номенклатура заготовок, изготовленных ШЖМ

Характеристика деталей	Эскизы деталей				Схема прессования по (см. табл. 54)
Детали без внутренних полостей					1
Детали с внутренними полостями					2
Детали с полостями и выступами в верхних плоскостях					3
Детали сложной конфигурации					4
Мелкие детали различной конфигурации					4,3

на обработку резанием, снизить силу прессов и расширить номенклатуру сплавов, обрабатываемых давлением.

В табл. 51 приведена номенклатура заготовок по группам сложности, изготавливаемых ШЖМ [5].

Толщина стенок заготовок, производимых ШЖМ, 2...120 мм, диаметры заготовок 30...600 мм с отношением высоты к диаметру $H/D = 5...6$.

ШЖМ производят заготовки (отливки) для нужд общего машино-, прибор-, автомобиле-, самолетостроения и нефтяной промышленности преимущественно массой до 10 кг. Кроме того, способом ШЖМ изготавливают детали пресс-форм и штампов.

Подготовка расплава. В промышленных условиях для получения расплава используют электропечи: индукционные

и сопротивления. При обработке цветных металлов и сплавов выплавляют объем металла, рассчитанный на получение нескольких, возможно разных, заготовок. Последующую точную дозировку металла при заливке в пресс-форму выполняют с помощью мерных разливочных ковшей с теплоизоляционным покрытием. Это обеспечивает маневренность и экономию электроэнергии, но не обеспечивает постоянство химического состава расплава при длительном нагреве. При обработке железоуглеродистых сплавов используют печи большой мощности с быстрой выплавкой порций металла на одну заготовку.

Это исключает возможность изменения химического состава расплава и неточности его дозировки из-за образования корки на поверхности разли-

52. Способы дозирования расплава

Способ дозирования	Точность дозирования, %
Мерной ложкой или ковшом	± 2
По показаниям электроконтактного датчика уровня заливки, закрепленного на станине или ползуне прессы	± 2
Пневматическим, механическим и другими дозаторами	± 5
С помощью устройств в пресс-формах	$\pm (0,5 \dots 1,0)$

вочного ковша, но требует повышенного расхода электроэнергии. Способы дозирования расплава приведены в табл. 52.

Температура заливки расплава должна превышать его температуру ликвидуса на 50...150 °С. Повышенная или пониженная температура заливки требует увеличения формообразующей силы. Первая — из-за толстой корки, вторая — из-за глубокого расположения усадочной раковины и образования «моста», затрудняющего питание жидким металлом отдельных объемов затвердевающей заготовки.

Рекомендуемые температуры заливки расплавов некоторых сплавов, по данным В.М. Пляцкого, приведены в табл. 53.

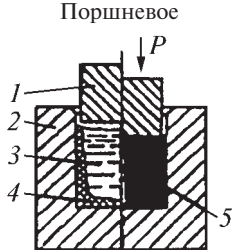
53. Рекомендуемая температура заливки расплавов некоторых сплавов

Марка сплава	Температура, °С
АК12, АК9ч	640...670
АК7ч	650...700
АМг11, АМг10ч	630...680
АК4	770...800
Л62	980...1030
ЛМцС58-2-2; ЛМцА57-3-1	920...980
ЛС59-1	950...1000
ЛК80-3Л	950...1050
БрА9Ж3; БрА10ЖЗМц2	1120...1170
БрА10Ж4Н4	1150...1180
БрО10Ф1; БрО6Ц6С3	1050...1100
Сталь 30Х; 30ХГШ	1600...1650
Сталь 40Х; 40ХН	1560...1600
Чугун (СЧ 20)	1240...1260

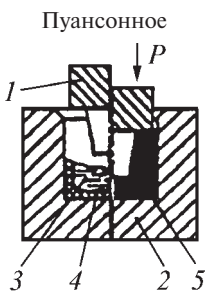
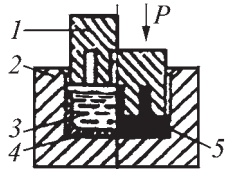
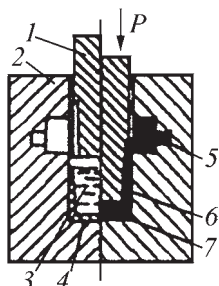
Перед заливкой расплав может быть подвергнут рафинированию, дегазации, модифицированию и выдержке.

Основные схемы процесса. Заготовку формообразуют либо полностью при заливке, либо частично при заливке и окончательно после вытеснения пуансоном части незатвердевшего расплава, либо полностью после вытеснения пуансоном расплава в специальные полости. Различия в схемах ШЖМ

54. Схемы прессования и области применения

№ п/п	Схема прессования	$k_{\text{ф}}$	Характеристика схемы прессования и область применения
1	<p>Поршневое</p> 	0	Пуансон 1 вначале воздействует на корку 4. Основная масса расплава 3 не перемещается за исключением движения в верхней части матрицы 2 при понижении уровня расплава из-за усадки под давлением. Зона вероятной усадочной раковины составляет $(0,4 \dots 0,5)H$ от нижнего торца заготовки 5. Зона наибольшей плотности — до $0,3H$ под поршнем. Схему применяют для получения заготовок из любых сплавов с $H/D = 1 \dots 3$ до $H/D = 5 \dots 6$

Окончание табл. 54

№ п/п	Схема прессования	k_{ϕ}	Характеристика схемы прессования и область применения
2	<p>Пуансонное</p> 	0,1...0,7	Формообразование начинается при заливке расплава в матрицу 2 и выдержке в ней до подхода пуансона 1, а заканчивается после вытеснения части расплава и заполнения матрицы полностью. Пуансон не соприкасается с коркой 4 у стенки матрицы. Область вероятной усадочной раковины — средняя зона периферийной части заготовки. В отличие от поршневого прессования при пуансонном структура заготовок более измельченная, а у полостей, оформляемых пуансоном, меньшая шероховатость поверхности. Схему применяют для обработки сплавов, не склонных к пленкообразованию, приводящему к сработкам — несварившимся границам потоков расплава.
3	<p>Пуансонно-поршневое</p> 	0,1...0,5	Формообразование начинается при заливке расплава в матрицу 2 и выдержке в ней до подхода пуансона 1, а заканчивается после вытеснения части расплава в полость пуансона. Этот расплав обычно не соприкасается со стенками матрицы. Область вероятной усадочной раковины: часть заготовки, формирующаяся в полости пуансона.
4	<p>С выдавливанием расплава в закрытые полости пресс-формы</p> 	1,0	Оформление заготовки начинается при воздействии пуансона 1 на расплав в металлоприемнике 7. Расплав перетекает в полость пресс-формы по прорезам-питателям 6 в пуансоне или матрице через отверстия в диафрагме (не показаны). Схема характеризуется низким выходом годного и пониженным уровнем свойств заготовок, но не имеет ограничений по сплавам. Применяется для тонкостенных заготовок сложной формы.

(табл. 54) связаны с характером воздействия пуансона на образующуюся до начала прессования вертикальную (боковую) корку и оцениваются по коэффициенту $k_{\phi} = V_{\text{нм}} / V_3$, где $V_{\text{нм}}$ — объем незатвердевшего металла, вытесненного пуансоном при окончательном формообразовании; V_3 — объем заготовки.

В зависимости от формы заготовки, ее формообразование могут выполнять с вибрацией до приложения силы или с

вращением разнонаправленных пуансонов в течение всего цикла прессования или части его.

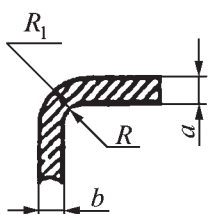
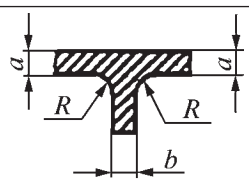
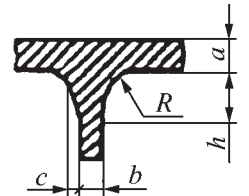
Часть заготовок, приведенных в табл. 51, можно изготовить по нескольким схемам прессования, изменив их положение в пресс-форме. Например, заготовки группы 2 в случае расположения их в пресс-форме полостью вниз могут быть получены по схеме поршневого прессования.

Конструирование заготовок. Минимальная толщина стенок заготовок из сплавов Al не превышает 2 мм, из сплавов Cu — 3 мм. Толщина стенок заготовок типа «втулок» для сплавов Al не более 7 мм, для сплавов Cu — 5 мм. Высота заготовок типа колец не более 10 мм.

Равномерность толщин стенок заготовок и плавность переходов между стенками обеспечивают скруглениями и галтелями, указанными в табл. 55.

На необрабатываемых и обрабатываемых поверхностях сопряжений минимальные радиусы скруглений по на-

55. Скругления и галтели при конструировании заготовок

Вид сопряжения	Соотношение толщин стенок	Радиусы, переходы
	$a = b$	$R = a / 3$ $R_1 = a + R$
	$a < b$	$R = (a + b) / 6$ $R_1 = R + (a + b) / 2$
	$a = b$	$R = a / 3$
	$a < b$	$R = (a + b) / 6$ $c \geq 2\sqrt{b - a}$, $h \geq 8c$
	$a > b$	$R = (a + b) / 4$ $c \geq 1,5\sqrt{a - b}$; $h \geq 12c$

56. Припуски на обработку резанием заготовок в зависимости от шероховатости поверхности

Наибольший габаритный размер заготовки, мм	Двусторонний припуск, мм, на механическую обработку при параметре шероховатости поверхности заготовки		
	Ra 0,32...0,63	Ra 1,25...2,5	Ra 20...40
До 40	0,80	1,25	1,50
40...60	1,00	1,50	1,75
60...100	1,25	1,75	2,00
100...160	1,50	2,00	2,25
160...250	1,75	2,25	2,50
250...360	2,00	2,50	3,00
360...500	2,25	2,75	3,25
500...630	2,50	3,00	3,50

ружному контуру соответственно $\geq 1,5$ и 2,0 мм, по внутреннему контуру $\geq 2,5$ и 3,5 мм. Для компенсации неточностей дозировки расплава допуск по высоте заготовки ${}_{+2,0}^{-0,5}$ мм.

Припуски на механическую обработку заготовок в зависимости от габаритных размеров, шероховатости поверхности и размерной точности для различных сплавов цветных металлов приведены соответственно в табл. 56, 57.

При $H/D \leq 1$ уклоны на наружных поверхностях заготовок не назначают, а при $H/D > 1$ уклоны равны 30° . Уклоны на поверхностях внутренних полостей при $H/D > 1$ назначают в соответствии с табл. 58.

Выбор основных технологических параметров. Качество заготовок, полученных прессованием кристаллизую-

щегося металла в основном определяется величиной удельной силы прессования, температурами расплава и пресс-формы, продолжительностью нахождения расплава в пресс-форме до приложения силы и под действием силы прессования, скоростью формообразования и толщиной теплоизоляционного покрытия.

Ориентировочные значения удельной силы прессования в зависимости от прочности формообразуемого сплава $\sigma_{вр}$ приведены в табл. 59 [2, 3].

Рекомендуемые значения удельной силы прессования в зависимости от конфигурации заготовок приведены в табл. 60 [2, 3]. Заготовки простой конфигурации имеют максимальную площадь поперечного сечения, не превышающую площадь поперечного сечения пуансона. Заготовки сложной

57. Припуски на механическую обработку заготовок в зависимости от точности

Наибольший габаритный размер заго- товки, мм	Двусторонний припуск, мм, на механическую обработку заготовок из сплавов					
	Al и Zn			Cu		
	Класс точности					
	3	4	5	3	4	5
До 100	1,0	1,6	2,0	1,6	2,0	2,4
100...150	1,6	2,0	2,4	2,0	2,4	3,0
150...250	2,4	3,0	4,0	3,0	3,0	4,0
250...400	3,0	4,0	5,0	4,0	4,0	5,0
400...630	4,0	5,0	6,0	—	—	—

58. Уклоны на поверхностях внутренних полостей при $H/D > 1$

Глубина внутренней полости заготовки, мм	Уклоны, °		
	При оформлении полости пуансоном		При оформлении полости стержнем
	без съёмника	со съёмником	
До 30	2,5	0,50	3...5
31...50	3,5	0,75	5...7
51...80	4,0	1,50	7...10
81...110	5,0	1,75	
Свыше 110	5,0	2,00	

59. Значение удельной силы прессования в зависимости от прочности сплава

Прессование	Удельная сила прессования, МПа, при $\sigma_{вр}$ сплава при температуре 20 °С, МПа		
	≤ 250	260...300	>600
Поршневое	150	200	250
Пуансонное	100	150	200
Пуансонно-поршневое	150	200	250

60. Рекомендуемые значения удельной силы прессования

Сплав	Конфигурация заготовки	Удельная сила прессования, МПа
На основе Al и Zn	Простая	50...80
	Сложная	80...120
На основе Cu	Простая	80...150
	Сложная	150...200
Углеродистая сталь	—	200...400

конфигурации имеют бобышки и отrostки; их максимальная площадь поперечного сечения больше площади поперечного сечения пуансона.

Температуры заливаемых в пресс-форму расплавов близки к температурам заливки при литье в кокиль аналогичных сплавов и приведены в табл. 53. Они выше температур плавления этих сплавов для того, чтобы после заполнения формы расплав оставался жидким до воздействия на него прессующим пуансоном.

В случае применения разработанного В.М. Пляцким [1] способа жидкой штамповки на прессовом оборудовании динамического типа формообразованию подвергают подстуженный расплав, выдержанный в пресс-форме до твердожидкого состояния (60 % твердой фазы), чтобы избежать разбрызгивания металла.

61. Температура предварительного нагрева пуансонов и матриц

Сплавы	Температура нагрева, °С
Медные	200...250
Алюминиевые	150...200
На железной основе	230...310

Температуры предварительного нагрева пуансонов и матриц для жидкой штамповки различных сплавов, по данным работ [1, 2], приведены в табл. 61.

Рекомендуется [2] не допускать нагрева матрицы и пуансона свыше соответственно 400 и 300 °С при штамповке сплавов на основе Cu, а 300 и 250 °С — при штамповке сплавов на основе Al. Повышенная или пониженная температура нагрева инструмента способствует образованию на нем налипов или толстой корки в расплаве, требующей повышенной силы деформирования, и литейных дефектов в виде спаев и корольков.

Расплав в пресс-форму необходимо заливать с небольшой высоты падения плавно без разрыва струи и ее касания стенок матрицы, иначе возможно образование спая толщиной до 1 мм, неустраняемого без обработки резанием с увеличенным припуском.

Время заливки и выдержки расплава в пресс-форме до приложения силы должно быть минимальным из-за образования и роста корки. При пуансонном прессовании выступающая часть пуансона прорывает горизонтальную корку (поверхностную пленку), перемещая наиболее горячий расплав в полости между матрицей и пуансоном вверх до горизонтального участка последнего, оформляющего торец заготовки, с последующим его поворотом вниз. Поскольку корка прорывается неравномерно, часть расплава растекается над ее поверхностью. Одновременно менее нагретый расплав, прилегающий к вертикальной корке, выдавливается также

вверх, перемещая горизонтальную корку в том же направлении. Оба потока встречаются выше (3...4 мм) исходного уровня расплава и не свариваются под действием силы прессования, образуя спай, распространяющийся от наружной поверхности в глубь заготовки. Чем меньше масса расплава и толщина стенки заготовки, и, следовательно, больше k_{ϕ} , тем меньше должно быть время выдержки. По величине сокращения протяженности спаев в заготовках типа стакан сплавы можно расположить в следующей последовательности по группам: стали — хромоникелевые, хромистые, углеродистые; медные сплавы — бронзы оловянные, безоловянные, латуни; алюминиевые сплавы — Al—Mg, Al—Cu, Al—Si [3].

Рекомендуемая [1] продолжительность выдержки расплава в пресс-форме до приложения силы и под действием ее (τ_{Π}) при формообразовании заготовок из безоловянных бронз и латуней, приведена в табл. 62.

При обработке сплавов с большим интервалом температур кристаллизации, например, оловянных и сурьмяных бронз, данные табл. 62 должны быть увеличены на 50 % [2].

62. Продолжительность выдержки расплава в пресс-форме

Диаметр заготовки, мм	Время выдержки, с	
	без приложения силы прессования	под действием силы прессования
50	5	60
60	6	70
70...75	8	90
90	10	120
100	12	130
125	15	150

Величина τ_{Π} зависит от формообразующего сплава, схемы прессования, толщины стенки и конфигурации заготовки. Этот параметр выбирают из условия: $\tau_{\Pi} = 1,0...1,3$ с на 1 мм толщины стенки или диаметра заготовки. Существует мнение об ограниченности области применения этого условия.

Для определения τ_{Π} рекомендовано использовать зависимость вида $\ln \Delta h(\ln \tau_{\Pi})$, где Δh — перемещение пуансона при штамповке (рис. 115). Авторы работы [7] полагают, что точка перегиба на логарифмической зависимости является результатом действия

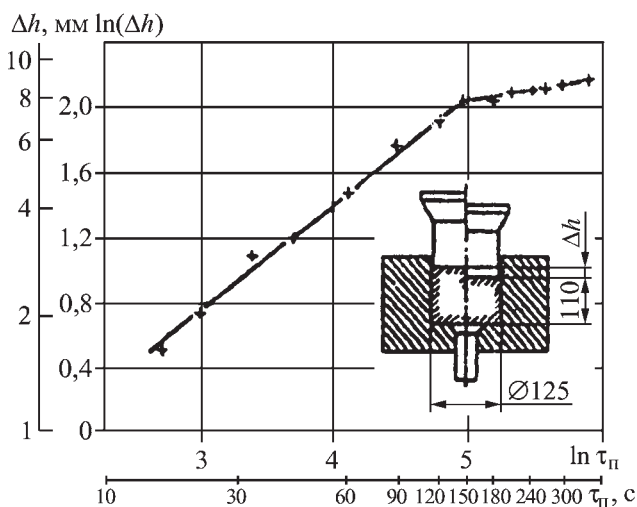


Рис. 115. Диаграмма перемещения пуансона при жидкой штамповке стали 30Х

многих факторов процесса (колебаний температуры расплава и оснастки, их теплофизических свойств, толщины и качества просушки противопригарного покрытия, отклонений в цикле работы оборудования и др.). При достижении пуансоном точки перегиба (на рис. 115 $\tau_n = 150$ с) штамповку можно заканчивать, поскольку это соответствует моменту исчезновения усадочной пористости. Результат апробирован при удельной силе прессования 50, 100, 150 и 200 МПа.

Для оценки изменения во времени толщины s , мм, затвердевающего слоя заготовки используют [1, 3, 7] зависимость вида

$$s = k\tau^n,$$

где k — коэффициент затвердевания, мм/с², зависящий от удельной силы прессования [3]; τ — время после окончания заливки расплава в матрицу, с; n — безразмерная величина, переменная в течение цикла затвердевания и зависящая от расположения слоя в заготовке; $n = 0,5$ — для горизонтальной корки; $n = 2$ — для вертикальной корки.

Скорость формообразования заготовки (скорость потока расплава) v_ϕ зависит от скорости внедрения пуансона v_n , габаритных размеров заготовки и толщины ее стенки. При $v_n \geq 0,6...0,8$ м/с возникает вихревое движение расплава в пресс-форме с захватом воздуха и появлением трещин на внутренней поверхности заготовок. Рекомендуется [2] изготавливать мелкие тонкостенные заготовки при $v_n \leq 0,15$ м/с, а массивные — при $v_n \leq 0,1$ м/с.

При пуансонном прессовании полых цилиндрических заготовок с дном (см. табл. 54 схема 2):

$$v_\phi = \frac{h - h_3}{h_n - (h - h_3)} v_n,$$

где h — высота заготовки; h_3 — исходный уровень расплава в матрице; h_n —

глубина цилиндрической полости в заготовке.

При пуансонно-поршневом прессовании (см. табл. 54, схема 3) сплошной ступенчатой цилиндрической заготовки:

$$v_\phi = \frac{h_\phi}{h_3 - h} v_n,$$

где h_ϕ — высота осевой цилиндрической полости в пуансоне; h_3 — исходный уровень расплава в матрице; h — разница между высотой заготовки и h_ϕ .

При увеличении числа полостей в пуансоне, как показано на схеме 3 табл. 54, v_ϕ уменьшается и возникают условия более плавного заполнения полостей в пуансоне. Величина v_ϕ не должна превышать 0,2...0,25 м/с из-за возможного повышения содержания газов в сплавах и неравномерного распределения обломков корки по высоте заготовки [3].

Для смазывания и тепловой защиты пуансона и матрицы применяют смазки, краски и покрытия, составы некоторых из них, по данным работ [1, 2], приведены в табл. 63.

Смазку наносят на предварительно нагретые поверхности пресс-формы перед каждой заливкой расплава. При избытке смазки возможно образование газовых раковин и темных полос на поверхности заготовок. Смазку применяют в совокупности с теплоизоляционным покрытием. Толщина слоя краски — 0,1...0,2 мм, а на участках инструмента, формообразующих тонкостенные элементы заготовок, — 0,2...0,5 [1]. В качестве смазочного материала применяют графит, воск, вазелин, каолин, олифу, сурик, различные нефтепродукты [1, 2, 7]. При штамповке сплавов на основе Al покрытия для пуансонов и матриц обычно не имеют огнеупорной составляющей, поскольку температура заливки

63. Смазки, применяемые для защиты пуансона и матрицы

Сплавы	Компоненты смазок и красок	Содержание, % по массе	Применение
Алюми- ниевые	Графит	60	Для пуансонов
	Воск	30	
	Масло машинное	10	
	Коллоидный графит	20	
	Жидкое стекло	3	
	Вода	77	
	Сажа	20	Для матриц
	Спирт технический	70	
	Вода	10	
	Воск	100	
	Графит	10	
	Алюминиевая пудра	20	
Алюми- ниевые	Уайт-спирит	50	Для матриц
	Силиконовая жидкость	20	
	Оксид хрома	17	
	Уайт-спирит	50	
	Силиконовая жидкость	25	
	Раствор этилсиликата в этилацетате	8	
	Тальк	20	
Медные	Жидкое стекло	3	Для матриц
	Вода	77	
	Олифа	100	
	Графит	5	Для матриц и пуансонов при штамповке мел- ких заготовок
	Масло веретенное или касторовое	95	
	Графит	25	Для разъемных матриц
	Силикон	25	
	Уайт-спирит	50	
	Графит коллоидальный	45...50	Для разъемных матриц
	Масло машинное	35...40	
	Канифоль	10...5	
	Скипидар	10...5	
На желез- ной основе	Асбест порошкообразный	12...16	Асбестовая крас- ка для торцов пуансонов
	Оксид цинка	0,5...1,5	
	Жидкое стекло	2...2,5	
	Вода	85,5...80	
	Облицовки: маршалит	3,5	Для пуансонов и матриц
	глина огнеупорная	5,0	
	жидкое стекло	3,5	
	вода	88,0	

Окончание табл. 63

Сплавы	Компоненты смазок и красок	Содержание, % по массе	Применение
На желез- ной основе	75 %-ный ферросилиций	13	Для пуансонов и матриц
	жидкое стекло	2,5	
	вода	84,5	
	огнеупорная глина	16	
	жидкое стекло	5	Для пуансонов и матриц
	марганцово-кислый калий	0,05	
	вода	79,95	
	Краски:		
	огнеупорная глина	3	Для пуансонов и матриц
	жидкое стекло	5	
	графит	5	
	марганцово-кислый калий	0,05	
	вода	86,95	
	огнеупорная глина	4	
	жидкое стекло	8	
	сажа	4	
	марганцово-кислый калий	0,05	
	вода	83,95	
	Смазка:		
	силикон	25	
	окись хрома	17	
	этилацетат	54	
	5 %-ный раствор этилцеллюлозы в этилацетате	4	

не превышает 750 °С. Однако покрытие и смазку наносят перед каждой заливкой.

При жидкой штамповке сплавов на основе железа используют теплоизоляционные противопопригарные покрытия из нескольких слоев (до четырех) огнеупорной облицовки с высокой химической инертностью на основе маршалаита, циркона, асбеста и слоев графитовой или сажевой краски. Толщина каждого слоя облицовки 0,1...0,15 мм, а красок — 0,03...0,07 мм. Облицовку наносят 1–2 раза в смену, а — краски перед каждой заливкой расплава. Огнеупорное покрытие при штамповке чугуна уменьшает его отбеливание, не устраняя полностью. Для локального управления структурой отдельных участков заготовки путем регулирования

скорости их охлаждения покрытие наносят через трафарет [2].

Существует мнение, что поскольку противопопригарное покрытие содержит абразив, то удовлетворительное качество поверхности стальных заготовок, полученных ШЖМ, можно достичь только их последующей механической обработкой [8]. На базе технико-экономического анализа рекомендовано [8] применять штамповку жидкой стали только для производства промежуточных заготовок.

Конструкции пресс-форм. Пресс-формы классифицируют по конструкциям матриц и прессующих узлов [3].

По конструкции матриц пресс-формы разделяют на (рис.116): пресс-формы с неразъемными неподвижными (а) и подвижными (б) матрицами и пресс-формы с разъемными матрицами

с вертикальной (в), горизонтальной (г) и несколькими плоскостями разреза (д).

Конструкция матрицы зависит от схемы прессования и расположения заготовки в пресс-форме.

Заготовку обычно располагают массивной частью непосредственно под пуансоном в зоне наибольшей плотности при ШЖМ. Заготовки с Т-образным профилем при $H_1 \approx H_2$ или $H_1 > H_2$ (рис. 117, а) можно получить в пресс-форме с неразъемной матрицей. При этом площадь воздействия пуансона на заготовку наибольшая и требует пресса большой силы. Если $H_1 < H_2$ (рис. 117, б, в) или отсутствует соответствующий пресс, возможно получать заготовки, прикладывая силу к меньшему торцу (рис. 117, д, е) в пресс-форме с разъемной матрицей, имеющей вертикальную или горизонтальную плоскость разреза. На рис. 118 представлены четыре группы прессующих узлов для ШЖМ.

Прессующие узлы группы I содержат собственно пуансон, выполняющий формообразование, и уплотнение затвердевающей заготовки. Прессующие узлы группы II состоят из собственно пуансона и охватывающего его пуансон-съемника, которые при уплотнении металла заготовки перемещаются совместно в сомкнутом состоянии, что повышает стабильность работы пресс-формы. По схемам II, 1 и 3 полость матрицы перекрывают пуансон и пуансон-съемник в сомкнутом состоянии. По схеме II, 2 пуансон-съемник раньше пуансона частично перекрывает полость матрицы, дожидаясь затем подхода пуансона.

Прессующие узлы группы III выполнены телескопическими. В начале уплотнения пуансон и пуансон-съемник перемещаются одновременно. Затем один из элементов останавливается, упираясь в стенку заготовки. Второй элемент продолжает опускаться, сжимая пружины и уплотняя вертикальные

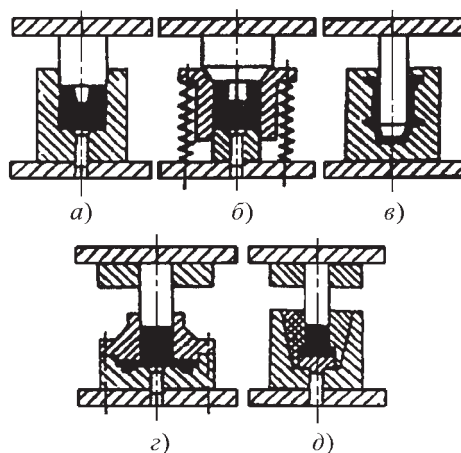


Рис. 116. Схемы матриц пресс-форм для ШЖМ

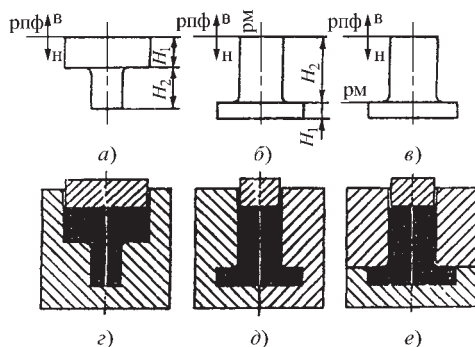


Рис. 117. Заготовки (а–в) и схемы прессования (г–е): рпф — разъем пресс-формы; рм — разъем матрицы

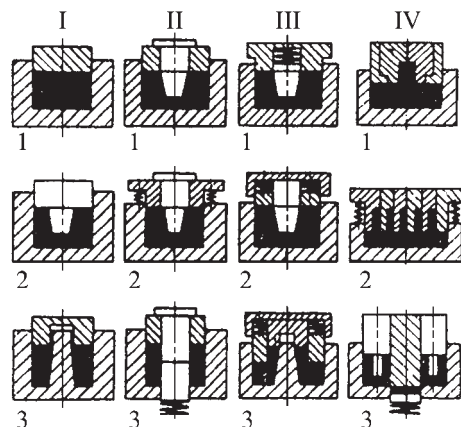


Рис. 118. Схема прессующих узлов

стенки затвердевающей заготовки. Прессующие узлы этой группы обеспечивают получение заготовок, уплотненных во всех зонах [2]. Прессующие узлы IV группы предназначены для уплотнения не одной, а нескольких затвердевающих заготовок в одной матрице.

Пресс-формы с неподвижной матрицей используют при изготовлении заготовок из различных металлов и сплавов разнообразной конфигурации и сложности с хорошей наружной поверхностью поршневым, пуансонным и пуансонно-поршневым прессованием. Эти пресс-формы не применяют для выдавливания расплава в закрытые полости. Их недостаток состоит в возможности попадания расплава в зазор между матрицей и пуансоном при формовании заготовки, возрастающей с увеличением скорости внедрения пуансона в затвердевающий расплав.

Удаление заготовок из пресс-форм выполняют толкателями, связанными с выталкивателями пресса. При отсутствии у пресса выталкивателей применяют пресс-формы с вертикальной плоскостью разъема, в которых заготовки удаляют вниз в бункер через провальное окно в столе пресса [1].

Пресс-формы с подвижной матрицей (металлоприемником) используют преимущественно для получения заготовок без выступов, буртов и впадин на наружной поверхности [2]. Работоспособность этих пресс-форм существенно зависит от конструкции сопряжения прессующего узла с матрицей (рис. 119).

Из-за необходимости удаления капля расплава и краски при их попадании на зеркало матрицы наименее надежным считают [2] сопряжение по схеме рис. 119, а. Перекрытие матрицы по схеме рис. 119, б или ввод пуансона-съемника в полость матрицы на глубину 4...6 мм по схеме рис. 119, в соответственно упрощает удаление капля или предотвращает выплеск ме-

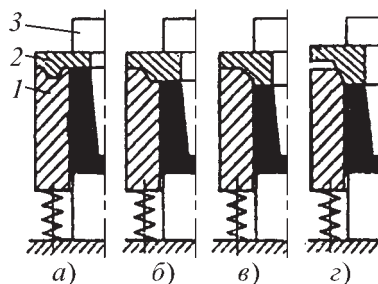


Рис. 119. Схемы узлов сопряжения пуансонов с матрицей:

1 — матрица; 2 — пуансон-съемник;
3 — пуансон

талла. Конусное сопряжение под углом 5...10° по схеме рис. 119, з обеспечивает наиболее надежное закрытие матрицы и рекомендуется [2].

На рис. 120—123 показаны пресс-формы с неподвижными и подвижными матрицами.

При опускании пуансона 4 (рис. 120, а) рычаги отклоняют подпружиненные скобы 3 и вводят под них съемник 5, служащий также пуансоном и удерживаемый до подхода пуансона 4 подпружиненными штифтами 8. После смыкания пуансона 4 и съемника 5 и образования прессующего узла они перемещаются в полость матрицы 2 и, воздействуя на расплав, формообразуют и уплотняют заготовку.

При подъеме пуансона 4 съемник 5, упираясь в скобы 3, снимает заготовку с движущегося пуансона 4. Затем рычаги 6 верхними скосами отклоняют скобы, освобождая и поднимая съемник 5 в исходное положение. Заготовку из матрицы 2 удаляют ходом выталкивателя пресса.

Согласно рис. 120, б, при опускании пуансона 4 съемник 5 смыкается с матрицей 2, скобы 3 захватывают боковые выступы съемника 5, удерживая его в сомкнутом с матрицей состоянии при формообразовании и уплотнении заготовки. Удаление заготовки с пуансона выполняется при ее фиксированном положении относительно матри-

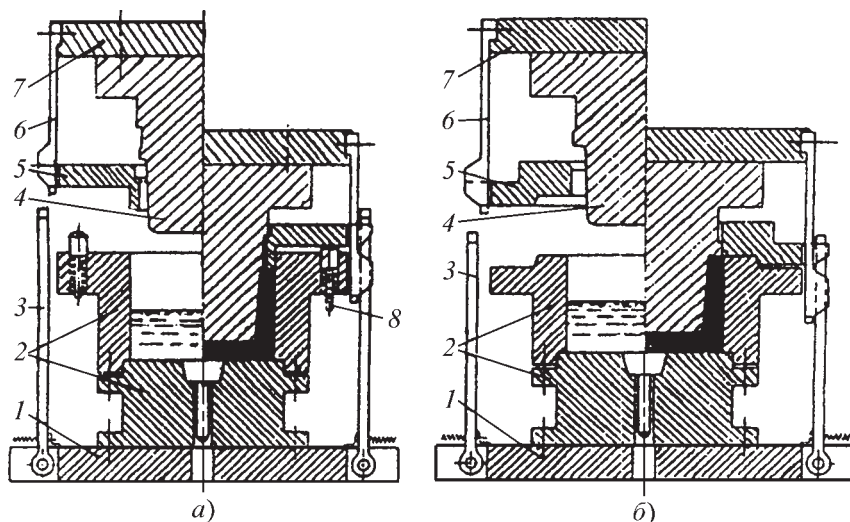


Рис. 120. Пресс-формы с подвижным (а) и неподвижным (б) съемником:

1, 7 — плиты; 2 — матрица (металлоприемник); 3 — скоба; 4 — пуансон; 5 — съемник; 6 — рычаг; 8 — штифт

цы за счет прижима съемником. Недостаток пресс-формы на рис. 120, б — необходимость точной дозировки расплава, иначе возможно появление уступа на верхнем торце заготовки.

Пуансон 8 (рис. 121), опускаясь, смыкается со съемником 7, образуя

прессующий узел. После соприкосновения съемника 7 с матрицей 4 образуется закрытая полость. При дальнейшем совместном движении прессующего узла и матрицы 7 в этой полости пуансоном 8 формообразуется и уплотняется заготовка.

При подъеме пуансона 8 (рис. 122) заготовка выталкивается из матрицы 4,

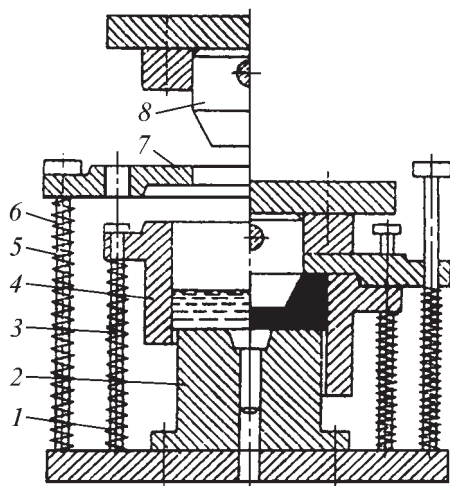


Рис. 121. Пресс-форма с подвижной матрицей:

1 и 6 — стойки с пружинами 3 и 5; 2 — основание; 4 — матрица (металлоприемник); 7 — съемник; 8 — пуансон

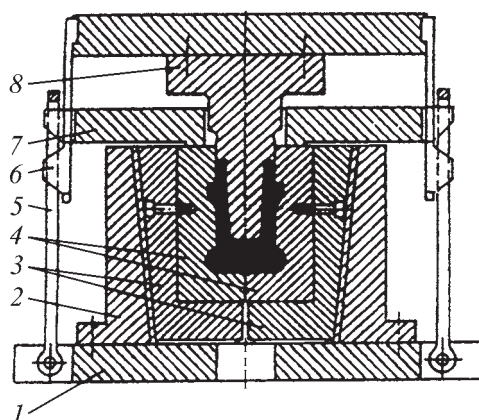


Рис. 122. Пресс-форма с разъемной матрицей:

1 — плита; 2 — обойма; 3 — вкладыши; 4 — вставки; 5 — скобы; 6 — рычаги; 7 — съемник; 8 — пуансон

а при зависании на пуансоне 8 она удаляется с него съемником 7, взаимодействующим с упорами направляющих стоек 6.

При ходе пуансона 8 вниз съемник 7 опускается на торцы вставок 4. Пуансон 8 формообразует и уплотняет заготовку в полости, образованной вставками 4. При подъеме пуансона 8 съемник 7 упирается нижним торцом во вставки 4, а верхним — в скобы 5, удаляя заготовку с пуансона 8. Затем рычаги 6 разводят скобы 5, освобождают съемник 7 и поднимают его в исходное положение. Заготовку удаляют из матрицы подъемом вкладышей 3 выталкивателем пресса (не показан). Для надежного извлечения заготовки с наружными бобышками из вставок 4 применяют боковые выталкиватели, взаимодействующие с копирами внутри обоймы [2].

Пуансоны 10 (рис. 123), опускаясь, смыкаются с пуансоном-съемником 6, образуя прессующий узел, и после вхождения в матрицу 3 воздействуют на расплав, который поднимается и заполняет полости пуансонов 10. Происходит формообразование и уплотнение нескольких заготовок. При подъеме прессующего узла пуансон-съемник 6

поднимается до положения, ограниченного стойками 5, а пуансоны 10 — до положения, ограниченного направляющими 8.

Связанные общим пресс-остатком заготовки удаляются из полости матрицы выталкивателем пресса, действующим через основание 4. В пресс-форме не требуется точного дозирования расплава, поскольку оно не влияет на точность заготовок, изменяя лишь толщину пресс-остатка.

Различные конструкции пресс-форм для ШЖМ приведены в работах [1, 2] и литературных источниках к ним.

Пуансоны и матрицы пресс-форм.

Пуансоны, работают в тяжелых условиях, поскольку омываются расплавом со всех сторон.

Работоспособность пресс-форм в значительной степени определяется зазором между подвижными парами (табл. 64).

Часть пуансона, оформляющую внутреннюю полость заготовки, выполняют с уклоном $5...7^\circ$ (без съемника) и $0,5...1^\circ$ (со съемником). При центрировании пуансона по матрице у ее верхнего торца выполняют фаску под углом $15...20^\circ$ глубиной $5...10$ мм.

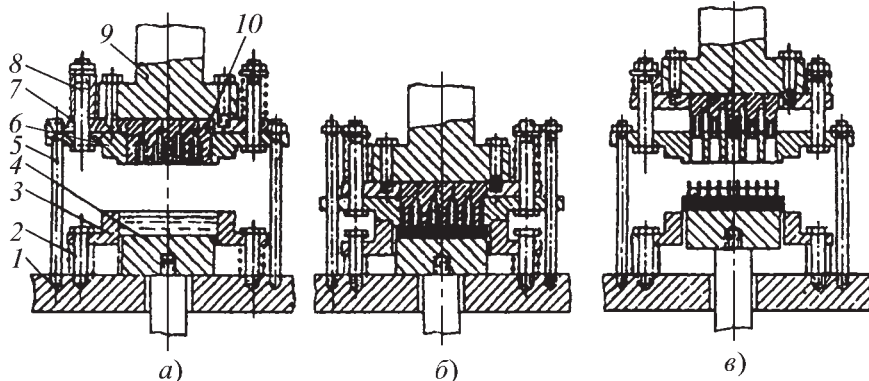


Рис. 123. Пресс-форма для пуансонно-поршневого прессования нескольких алюминиевых заготовок массой 0,01 кг каждая:

а — заливка расплава; б — прессование; в — выталкивание заготовок: 1, 7 — плиты; 2, 5 — стойки; 3 — матрица (металлоприемник); 4 — основание; 6 — пуансон-съемник, 8 — направляющие; 9 — шток; 10 — пуансоны

64. Зазоры между подвижными парами

Сплавы	Движущаяся пара	Зазоры, мм, при габаритных размерах полости матрицы, мм			
		≤80	81...120	121...180	≥180
Алюминиевые	Матрица—пуансон	0,03...0,05	0,05...0,08	0,08...0,12	≤0,15
	Пуансон—съемник	0,05...0,08	0,08...0,10	0,10...0,12	≤0,15
	Съемник—матрица	0,03...0,05	0,05...0,08	0,08...0,10	≤0,15
Медные	Матрица—пуансон	при диаметре пуансона, мм			
		40	41...70	>70	
		0,12...0,15	0,15...0,20	0,20	

Рабочую полость неразъемных неподвижных матриц для получения заготовок высотой до 150 мм выполняют без уклонов в направлении выталкивания заготовок. В матрицах больших размеров предусматривают уклоны (табл. 65) протяженностью, равной высоте заготовки после уплотнения.

65. Уклоны полости матрицы

Размеры полости матрицы	Толщина стенки заготовки, мм	Уклон полости матрицы, °
$H \leq 0,5D$	3...6	2
	7...10	3
$H \leq 0,75D$	3...6	3
	7...10	4
$H \leq 1,0D$	3...6	4
	7...10	5
$H \leq 1,25D$	3...10	5

Рекомендуется применять равностенные матрицы с толщиной стенки 25...30 мм с верхним по отношению к матрицедержателю расположением их в цилиндрическом или коническом гнезде (обойме). Матрицы, предназначенные для эксплуатации в условиях резкого перепада температур по сечению стенки, рекомендуется [9] выполнять бандажированными. Для оценки долговечности матрицы при перепадах температур (Δt) до 400 °С ре-

комендуется [9] методика расчета коэффициента запаса материала матрицы по текучести и усталости, учитывающая совместное действие Δt и натяга (Δ) в бандажированном соединении.

При штамповке жидкой стали Δt достигает 700 °С, поэтому рекомендуется изготавливать матрицы либо из стали 30Л с невысокой стойкостью и низкой себестоимостью, либо изготавливать бандаж из стали 5ХНМ, а матрицу-втулку делать керамической с толщиной стенки 10...12 мм.

Материалы для прессформ. В табл. 66 указаны стали, которые используют для изготовления деталей прессформ [2].

Для вкладышей матриц целесообразно применять сталь 3Х2В8Ф при жидкой штамповке медных сплавов, сталь 4ХВ2С — алюминиевых и магниевых сплавов, стали 4Х5В2ФС, 4Х5В4ФСМ, 4Х2В5ФМ, 4Х3В2Ф2М2, 5ХВ2С и 6ХВ2С — для различных сплавов [2]. Матрицы увеличенных размеров для штамповки медных сплавов рекомендуется изготавливать из сталей 4Х4ВМФС или 3Х3М3Ф твердостью 39...40 HRC, а матрицы с минимальным временем взаимодействия с расплавом — из коррозионно-стойких сталей 2Х10ВМНФ и 18Х12ВМ5ФР или 14Х17Н2 твердостью 39...40 HRC.

Выбор материала для деталей прессформы определяется его склонностью к

66. Марки стали, используемые для изготовления деталей пресс-форм

Детали пресс-форм	Марки стали	Твердость HRC
Матрица, пуансон, стержни	3X2B8, 3X2B8Ф, 3X2M2Ф, 3X10B2Ф, 5XНМ, 3X13	40...42
Толкатели	3X10B2Ф, 3X13, 3X2B8Ф, 5XНМ, 4X5МФС	40...42
Матрице- и пуансонодержатель	40, 45	28...30
Плиты	20, 40, 45	—

смятию, зависящей от α и σ_T / E . Исходя из этого, для высокотемпературной ШЖМ рекомендуется [2] молибденовый сплав ЦСДМ ($\alpha = 4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$; $\sigma_T / E = 20 \cdot 10^{-4}$ при 700°C) и сталь 3X2B8 твердостью 42 HRC ($\alpha = 123,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$; $\sigma_T / E = 27 \cdot 10^{-4}$ при 700°C).

Для создания пластичного поверхностного слоя у матриц из легированных сталей, например стали 4X5B2ФС, их подвергают насыщению хромом или алитированию; последнее повышает стойкость матриц в 2,5–3 раза [2].

Прессовое оборудование. Для ШЖМ применяют гидравлические прессы в виде отдельных машин или в составе литейно-ковочного комплекса.

Основные параметры прессов для ШЖМ: номинальная сила, скорость холостого хода, от которой в основном зависит продолжительность выдержки расплава в матрице до приложения силы более 0,08 м/с; скорость рабочего хода свыше 1,5 мм/с; продолжительность прессования до 2 мин; интервал времени набора давления меньше 3 с. Данные о прессах приведены в табл. 67 [2].

Специализированные прессы делят на одно- и многопозиционные. Для пресс-форм с разъемной матрицей требуются прессы двойного действия. Специализированные прессы оснащены многопозиционными транспортными устройствами поворотного или поступательного типа, связывающие позиции заливки расплава и прессования, и работают в наладоч-

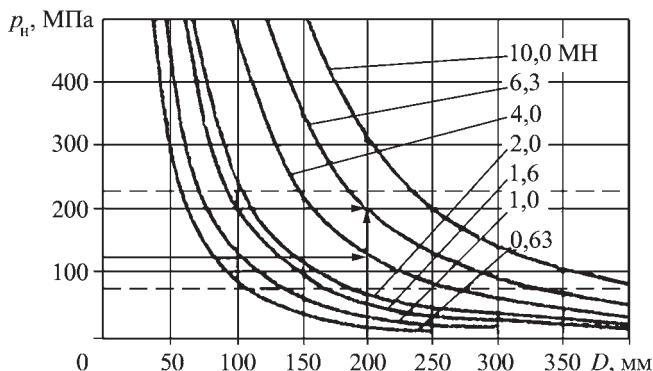
ном и полуавтоматическом режимах. Прессы этого типа позволяют выполнять заливку расплава ограниченного объема также на позиции прессования.

Часть неспециализированных прессов имеют скорости холостого хода ниже требуемых при ШЖМ. Поэтому на них целесообразно изготавливать массивные заготовки, на качество которых влияние увеличенной выдержки расплава в матрице до приложения давления менее ощутимо. Неспециализированные прессы серии ДБ, имеющие скоростные и

67. Основные технические характеристики прессов

Модель прессы	Номинальная сила прессы, МН	Сила выталкивателя, МН	Максимальная скорость холостого хода, м/с
Специализированные прессы			
ДО437С1	5,0	0,950	0,20
ПО638	6,3	0,500	0,20
Неспециализированные прессы			
П474А	1,0	0,125	0,07
П457	2,0	0,300	0,04
П459	6,3	0,500	0,02
ДБ2238	6,3	0,800	0,05
ДБ2240А	10,0	—	0,10
ДБ2430	1,0	0,250	0,12
ДБ2432	1,6	0,315	0,20
ДБ2434	2,5	—	0,10
ДБ2436	4,0	0,630	0,10

Рис. 124. Номограмма для выбора прессы



другие характеристики, отвечающие требованиям ШЖМ, оснащают транспортными устройствами для возвратно-поступательного движения между позициями заливки и прессования аналогично специализированным прессам.

Для подбора прессы при известных диаметре пуансона и удельной силе прессования служит номограмма на рис. 124. В ней штриховыми линиями ограничена область оптимальных удельных сил.

Примеры использования кривошипных, винтовых и фрикционных прессов для жидкой штамповки «подстуженного» металла приведены в работе [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Штамповка** жидкого металла. Литье с кристаллизацией под давлением / под. ред. А.И. Батышева. М.: Машиностроение, 1979. 200 с.
2. **Батышев А.И.** Кристаллизация металлов и сплавов под давлением. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Металлургия, 1990. 144 с.
3. **Батышев А.И.** Штамповка жидкого металла: традиционные и нетрадиционные процессы // Кузнечно-штамповочное пр-во. 1998. № 4. С. 7–11.
4. **Прогрессивные** ресурсосберегающие технологические процессы

заготовительного производства. Информ. материал / ВНИИТЭМР. М., 1988. 116 с.

5. **Белоусов И.Я., Сапрыкин А.А., Фельдблом И.Э.** Перспективная технология и оборудование для производства методом жидкой штамповки заготовок композитных поршней ДВС нового поколения // Тяжелое машиностроение. 1998. № 5/6. С. 45–47.

6. **Давление** и время затвердевания при жидкой штамповке стальных заготовок // Л.Г. Гришин, Е.М. Покровский, О.А. Солодухо, Л.Б. Жириков // Кузнечно-штамповочное пр-во. 1996. № 1. С. 17–20.

7. **Качество** стальных передельных заготовок, полученных жидкой штамповкой, и проблемы их внедрения / Л.Г. Гришин, Г.А. Иоффе, О.А. Солодухо, И.Я. Белоусов // Кузнечно-штамповочное пр-во. 1996. № 7. С. 17–20.

8. **Кирдеев Ю.П., Гришин В.В., Гришин А.В.** Оценка долговечности инструмента для штамповки кристаллизующегося металла // Кузнечно-штамповочное пр-во, 2001. № 2. С. 26–28.

9. **Температурные** условия процесса и стойкость штампов при жидкой штамповке стальных заготовок // Л.Г. Гришин, О.А. Солодухо, Г.А. Иоффе, А.А. Сапрыкин // Кузнечно-штамповочное пр-во. 1996. № 2. С. 4–6.

15. ШТАМПОВКА В ТВЕРДОЖИДКОМ СОСТОЯНИИ (ТИКСОШТАМПОВКА)

Аббревиатура SSP (Semi-Solid Processing) и SSM (Semi-Solid Metal) охватывает большую группу технологий, ориентированных на использование эффекта тиксотропии в жидкометаллических суспензиях. В отечественной литературе чаще используются термины *тиксотехнология*, *тиксотормирование*, а также *переработка в жидкотвердом и твердожидком состояниях*.

Штамповка (переработка) в твердожидком состоянии построена на придании металлу новых свойств, позволяющих осуществлять сложное формообразование, как и при литье, за одну операцию, но при значительно меньшей температуре металла. Это потребовало совмещения технологий литья и штамповки:

— превращение порции твердого или жидкого сплава *в суспензию* до начала

заполнения штампа (вне формообразующей полости) через осуществление незавершенного фазового перехода, т.е. за счет собственной твердой α -фазы, содержащейся в порционной заготовке в большом количестве и находящейся в таком физическом состоянии, которое обеспечивает более высокую, чем ранее, технологичность сплава;

— использование в период формообразования и при завершении фазового превращения необходимого давления для проявления эффектов сверхпластичности;

— использование течения под небольшим избыточным давлением, характерного для вязких жидкостей, для заполнения сложных полостей металлом.

Этапы подготовки и процессы, обеспечивающие требуемый уровень качества фасонных заготовок при литье традиционных сплавов, показаны на рис. 125. Они представлены в виде применяемой в литейном производстве

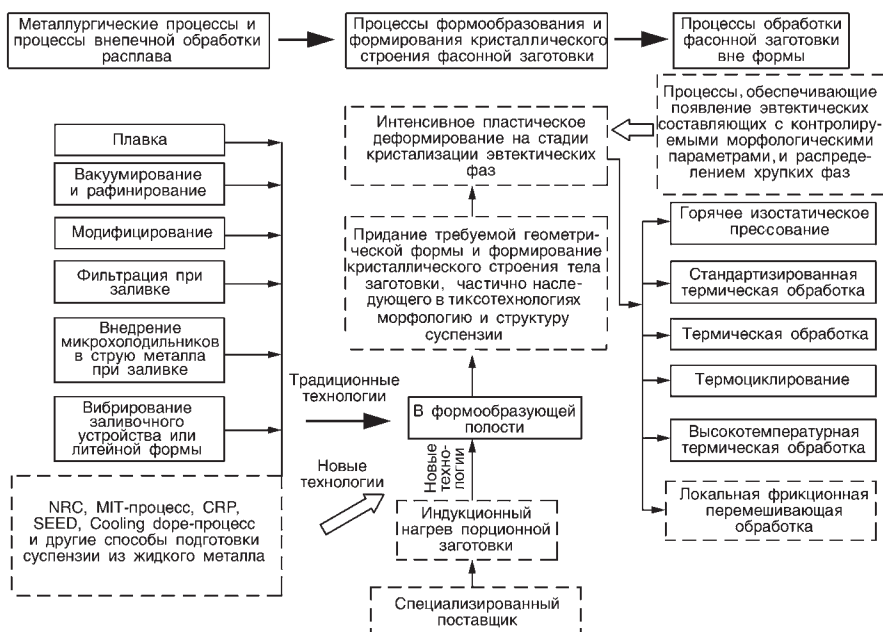


Рис. 125. Процессы, обеспечивающие получение фасонной заготовки детали с заданным качеством (штриховой линией выделены процессы, имеющие отношение к тиксотехнологиям)

схемы деления процессов, обеспечивающих получение качественной фасонной заготовки, на три большие группы: металлургические процессы и процессы внепечной обработки расплава, процессы формообразования и формирования кристаллического строения фасонной заготовки, процессы обработки отливки вне формы.

Новый элемент в процессах внепечной обработки — это получение порции суспензии, называемой тиксозаготовкой, с контролируемыми морфологическими формами и заданной долей твердой фазы. Чтобы достичь этого, во всех способах получения тиксозаготовки стараются инициировать начало фазового превращения с максимально большим числом активных зародышей кристаллов, равномерно распределенных в некотором объеме жидкости (объемное затвердевание). Наиболее широко используемым практическим приемом достижения этой цели стала «мультипликация», т.е. разделение на части предварительно сформированных кристаллов с дендритной морфологией, частичное плавление обломков дендритов и управление скоростью роста выживших кристаллов. Эта среда формируемая в специальных условиях, в отличие от жидкого металла, не явля-

ется жидкостью Ньютона, так как в ней напряжения сдвига не пропорциональны скорости сдвига. Вязкость таких сред заменяется кажущейся вязкостью, зависящей от целого ряда факторов.

Идеальную суспензию для технологий переработки в твердожидком состоянии сегодня представляют как жидкость, содержащую заданную, часто высокую долю твердых частиц достаточно малого размера, имеющих сферическую морфологию и равномерно распределенных в объеме жидкой фазы (рис. 126). Именно такая суспензия может течь однородно. Вязкость такой среды зависит от доли твердой фазы (температуры), скорости сдвига, давления и времени.

Таким образом, любой из показанных на схеме дополнительных процессов внепечной обработки металла должен становиться обязательным элементом штамповки фасонной заготовки в твердожидком состоянии. Первая задача — это получение суспензии, свободной от кристаллов с дендритными морфологическими формами, т.е. с геометрией собственной твердой фазы, максимально приближенной к сферической форме и с минимальным количеством жидкости эвтектического состава, захваченной кристаллами.

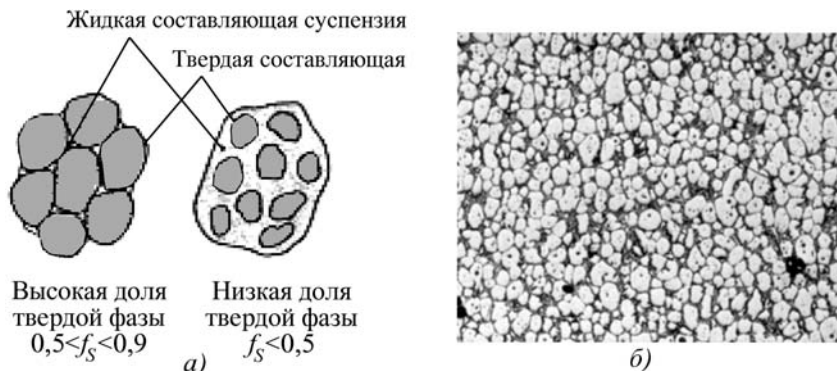


Рис. 126. Схематическое изображение (а) и реальная структура суспензированного металла (б), зафиксированная закалкой, пригодного для штамповки в твердожидком состоянии:

f_s — доля твердой фазы

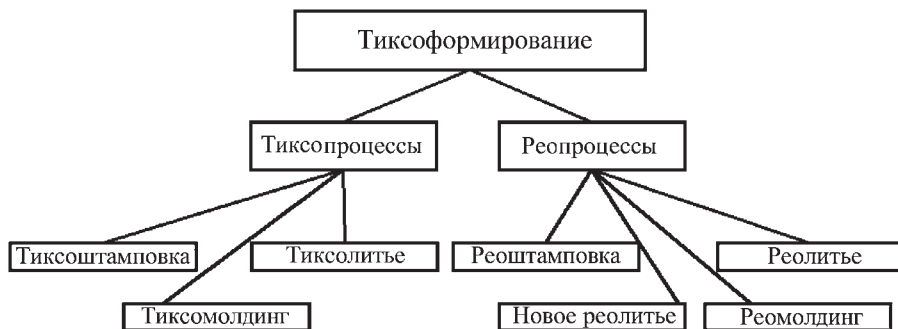


Рис. 127. Современные технологии формообразования в твердотелом состоянии

На рис. 127, 128 представлена классификация и показаны тепловые условия формообразования фасонной заготовки в твердотелом состоянии. В настоящее время широко используют реолитье, тиксоштамповку и тиксомолдинг (исключительно для переработки магниевых сплавов).

Тиксоштамповку и тиксолитье осуществляют в два этапа. Поставку заготовок (слитков) осуществляют со специализированного металлургического производства (предприятие, цех). Все отходы могут быть переработаны в новую заготовку с требуемой структурой только на специализированном производстве (Pechiney, Ormet, SAG).

Реонаправление основано на приготовлении твердотелой заготовки из сплава, находящегося в жидком состоянии (NRC, MIT, CRP, SEED, Cooling slope и другие процессы), и последующей передаче суспензии на операцию формообразования. При этом брак и от-

ходы возвращаются в собственное плавленное отделение. Последнее обстоятельство при освоении новых технологий приближает структуру кузнечно-прессового цеха к литейному цеху.

В качестве примера на рис. 129 показан кронштейн передней подвески автомобиля «Alfa Romeo 156», изготовленный в соответствии с традиционной технологией штамповки из деформируемого алюминиевого сплава AA6082 (аналог сплава АД35). Для его производства в качестве исходной заготовки используют прессованный слиток, который последовательно за три перехода (а–в) трансформируется в фасонную заготовку (г).

В тиксотехнологиях требуется только один переход от состояния а (слиток) до состояния г (фасонная заготовка). На том же предприятии Stampal S.P.A., где широко используют технологический процесс, представленный на рис. 129, технология производства заготовки ме-

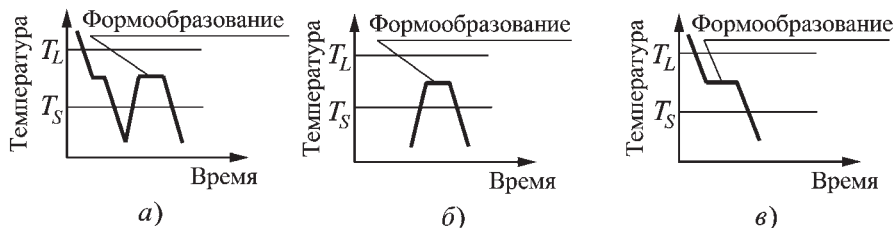


Рис. 128. Тепловые условия формования фасонной заготовки:

а — тиксоштамповка и тиксолитье; б — тиксомолдинг; в — реопроецессы; T_L , T_S — соответственно ликвидус и солидус обрабатываемого сплава

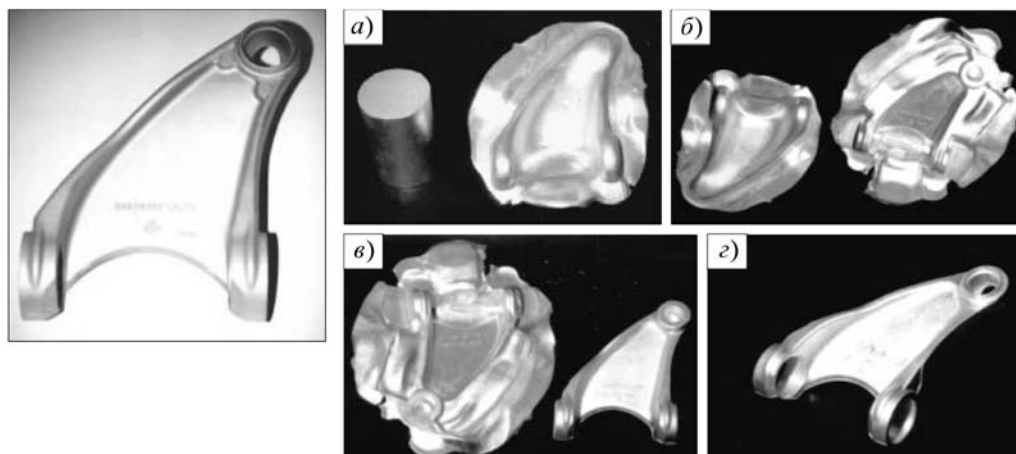


Рис. 129. Кронштейн передней подвески автомобиля «Alfa Romeo» (производитель Stampal S.P.A., Италия). Объемная штамповка детали из прессованного слитка

тодом объемной штамповки из деформируемого сплава АД35 была заменена на технологию нового реолитья этой же детали из литейного сплава типа АК7 по соображениям качества металла. Вид отливки после извлечения из литейной формы показан на рис. 130.

Преимущество «нового реолитья» выразилось в незначительном уменьшении массы готовой детали, но снижение стоимости механической обработки и резкое снижение стоимости исходных материалов привели к снижению затрат предприятия на производство этой детали. Техническая эффективность технологий переработки сплавов в твердо-

жидком состоянии проявляется в уменьшении толщины стенок изделия при одновременном повышении герметичности, снижении массы детали, одновременном росте пределов текучести и прочности, пластичности и ударной вязкости материала, уменьшении количества дефектов при сохранении высокого качества поверхности и близкой к традиционным технологиям себестоимости производства.

В зависимости от начального количества твердой фазы, изменяющихся из-за отвода тепла структурных параметров суспензии, а также от локальной скорости сдвигов течение суспензии в штампе мо-



Рис. 130. Отливка кронштейна передней подвески с литниковой системой

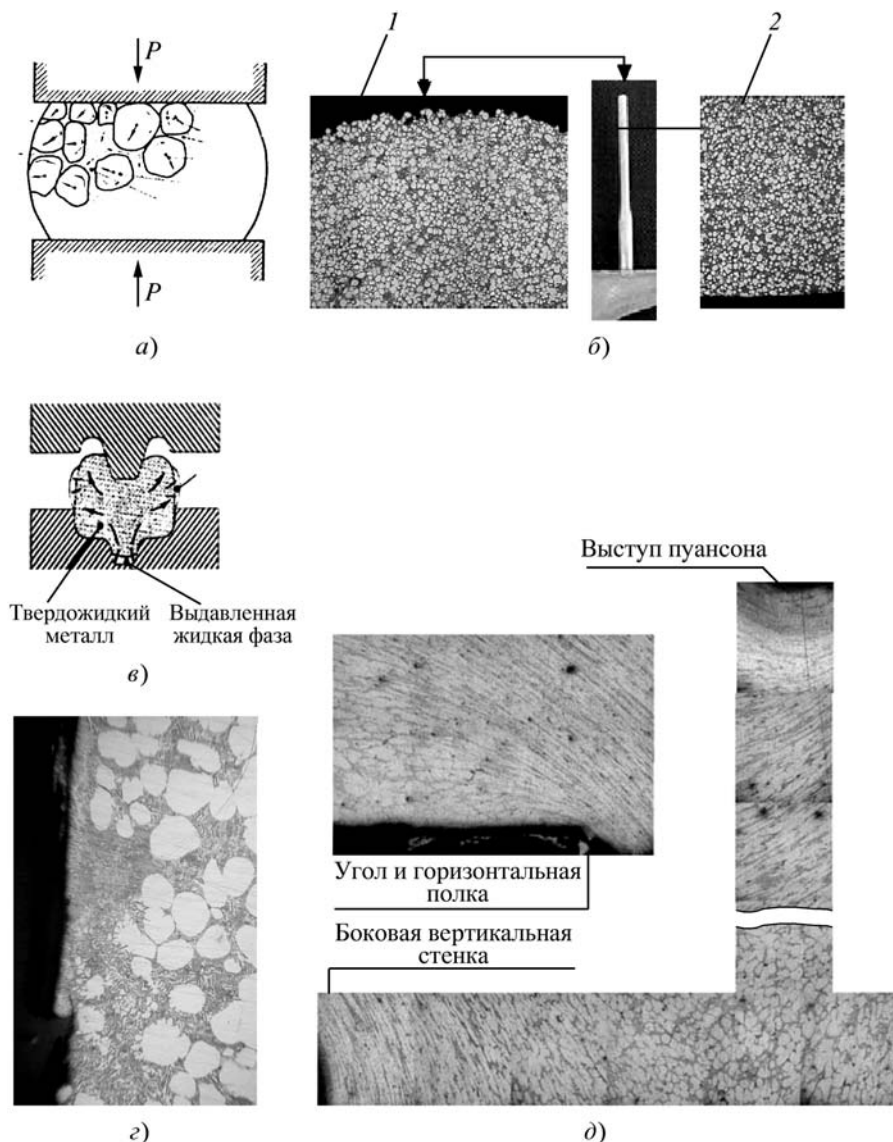


Рис. 131. Механизмы деформации и растекания суспензии с подготовленной структурой:

a — однородное течение с ротацией и перемещением твердых кристаллов внутри движущейся среды; *б* — структура металла (однородное течение), заполнившего тонкий канал: 1 — на конце потока; 2 — в середине канала; *в* — неоднородное течение с частичным изменением долей твердой и жидкой фаз; *г* — неоднородное течение с интенсивным деформированием и вытягиванием в волокна части кристаллов твердой фазы

жет происходить как у однородной вязкой среды (рис. 131, *a*, *б*) или как у сложной двухфазной среды (рис. 131, *в* и *г*). Результаты сложного течения фиксируются в виде изменения структуры материа-

ла в фасонном изделии в сравнении с исходной структурой твердожидкой заготовки. Наиболее типичное изменение — это увеличение доли эвтектики у стенок формы (штампа) вследствие выдавлива-

ния на периферию части жидкой фазы при растекании сус пензии (рис. 131, *в*).

Качественно подготовленная сус пензия слабо сопротивляется деформированию. В нагретом состоянии, когда доля твердой фазы составляет около 50 %, разрезать тиксозаготовку из алюминиевого сплава можно стальным ножом усилием руки. Для осуществления процессов с такой долей твердой фазы режим прессования выбирают так, чтобы максимально наследовать исходную структуру суспензии.

Эффект тиксотропии в металлических сплавах с дендритной структурой заключается в том, что под воздействием сдвига материал разжижается (понижает вязкость), но когда воздействие прекращается, он снова загустевает. Это происходит потому, что металлическая жидкость, содержащая распределенные твердые металлические включения, при выдержке легко структурируется, образуя физические контакты между сфероидами и агломератами из этих сфероидов. При сдвиге физические контакты между ними частично разрушаются, но новые контакты приводят к восстановлению каркасной структуры, когда действие сдвига заканчивается.

Таким образом, тиксотропия проявляется в способности среды самопроизвольно восстанавливать во времени структуру после предварительного механического разрушения при любой заданной температуре в интервале затвердевания сплава. Тиксотропность — это способность суспензии к самопроизвольному изотермическому обратному переходу менее структурированной среды к более структурированной. Скачкообразное изменение скорости сдвига при постоянной температуре тиксотропной среды (рис. 132, *а*) приводит к одновременному скачкообразному росту напряжений сдвига (пиковое напряжение) с последующим выхо-

дом на напряжение установившегося течения (рис. 132, *а, б*). Величина пика в сильной степени зависит от длительности формирования каркасной структуры (время выдержки на рис. 132, *а*), от температуры суспензии (рис. 132, *в*) и от качества суспензии.

У тиксотропной среды напряжение установившегося течения остается постоянным. На практике процесс тиксоштамповки протекает успешно при температурах, где пик мал или совсем отсутствует.

При достаточно высокой доле твердой фазы горячая и внешне твердая заготовка в большинстве случаев может легко транспортироваться. Однако из-за специфической глобулярной формы кристаллов твердой фазы, легко допускающей их ротации и относительные перемещения, и в присутствии жидкой фазы, окружающей эти кристаллы, способность воспринимать нагрузки резко снижается. Суспензия приобретает свойства вязкой жидкости, способной даже под небольшим давлением легко заполнять формообразующую полость при почти неизменной температуре и, следовательно, при почти постоянной доле твердой фазы.

Выше было отмечено, что переход от дендритной к глобулярной форме кристаллов первичной твердой фазы — обязательное условие для осуществления тиксоформирования. Однако перевод одного типа структуры в другой при литье слитка в кристаллизаторе скольжения для многих сплавов оказался технологически трудно осуществимым. Поэтому количество пригодных для этих целей промышленных сплавов пока сравнительно невелико. Причина состоит в том, что макро- и микростроение слитков, получаемых литьем на большинстве металлургических предприятий (рис. 133, *а*), таково, что не до пускает их использования в тиксотехнологиях.

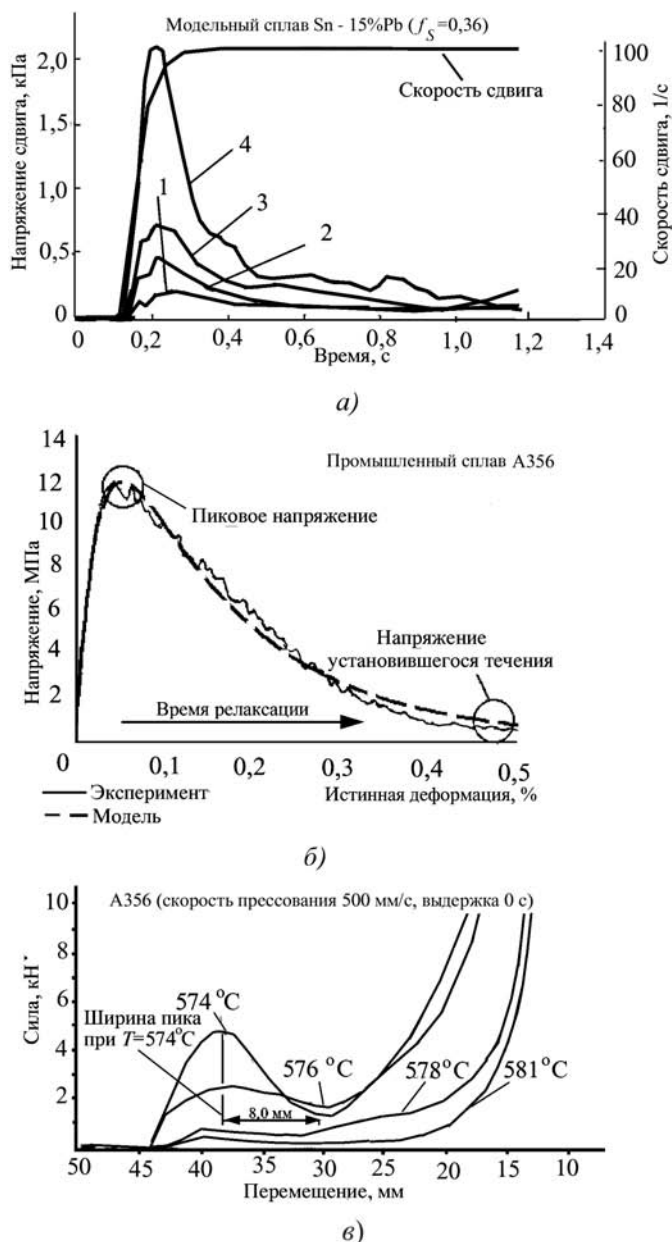


Рис. 132. Напряжение сдвига (а, б) и сопротивление деформированию (в) тиксотропной среды: 1 — без выдержки; 2 — выдержка 1 ч; 3 — выдержка 2 ч; 4 — выдержка 5 ч

Требования к макроструктуре слитка, пригодного к использованию в тиксотехнологиях, формулируются следующим образом: отсутствие зонального строения (рис. 133, а); отсутствие «скин»-слоя

(слой мелких дендритов, рис. 133, б); регламентированный средний размер зерна фазы (~ 500 шт/см³), т.е. $D_\alpha = 80 \dots 100$ мкм; статистическая однородность распределения кристаллов α -фазы

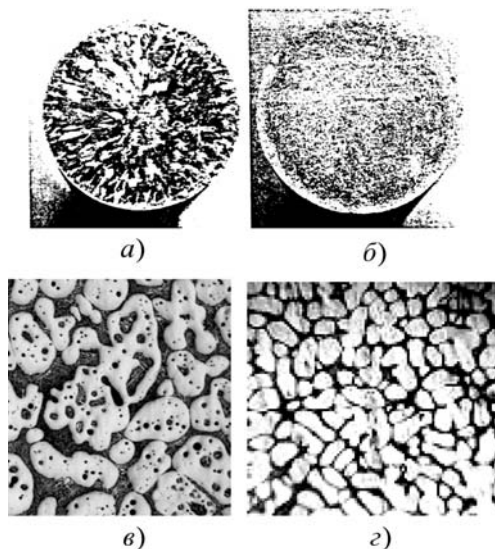


Рис. 133. Макроструктура традиционного слитка (а) и слитка с тисоструктурой (б), изготовленного с использованием магнитогидродинамического перемешивания жидкого металла в специальном кристаллизаторе; микроструктура тиксозаготовки с захваченной эвтектикой (в) и без включений эвтектики в кристаллах α -фазы (г)

по размерам; статистическая однородность распределения компонентов сплава по сечению слитка.

На рис. 134 приведены сплавы, с которыми либо проводят промышленные исследования, либо используют в производстве.

Наиболее приспособленными к новым технологиям являются литейные доэвтектические сплавы. Управление морфологией кристаллов и изменение условий формообразования привело к одновременному росту прочности и пластичности промышленных литейных двухфазных сплавов А356, А357 (российский аналог — сплав АЛ9-1), причем пластичность литейного двухфазного сплава (достигшая 30 % и более) стала соизмеримой с пластичностью деформируемых алюминиевых сплавов.

Гарантируемые механические свойства алюминиевых сплавов в отливках с

недендритной формой кристаллов, получаемые тиксолетом на фирме Aluminium Pechiney (Франция, торговая марка ALTIX), приведены в табл. 68.

Последние европейские исследования (фирмы Buhler, Alusuisse-Lonza, SAG) связаны с разработкой оборудования горизонтального непрерывного литья для производства тиксоштамповок. Однородный с мелким гранулированным зерном материал производится на установке горизонтального литья с электромагнитным перемешиванием в виде стержневых заготовок диаметром 70...160 см. Воспроизводимая структура и требуемая чистота металла обеспечиваются обработкой жидкого металла непосредственно на линии и непрерывной регистрацией всех параметров литья.

Механические свойства сплавов, используемых в тиксотехнологиях, приведены в табл. 69. Название «Thixalloy» является зарегистрированной торговой маркой SAG. Главные достоинства заготовок: очень мелкая структура зерен (максимальный размер зерна 130 мкм); хорошее качество поверхности; высокая стабильность процесса и высокая чистота металла производимых слитков; малые размеры неметаллических включений (до 40 мкм); низкое содержание водорода; низкая пористость.

Отлитые в горизонтальном положении слитки разрезают на требуемые мерные заготовки с высокой весовой точностью. Эти заготовки могут поставляться в контейнерах, которые оптимально адаптированы к грузочным устройствам. Характеристики оборудования (литейных машин), на которых могут быть переработаны заготовки, приведены в табл. 70.

В настоящее время ряд металлургических фирм Франции, США, Австрии и других стран освоили и поставляют специальные слитки — тиксозаготовки нормализованного ряда раз-



Рис. 134. Типы сплавов, используемые в тиксотехнологиях

меров с жестко контролируемыми параметрами структуры и состава материалов, гарантирующие достижение высоких свойств в тиксолитых и тиксоштампованных фасонных заготовках (см. табл. 68, 69). Приведенные в таблицах характеристики сплавов в отливках существенно превосходят характеристики действующего в России стандарта для аналогичных сплавов.

Для эффективного производства фасонных заготовок из сплавов A356, A357 построено трехмерное технологическое окно процесса тиксоформирования, связывающее влияние внешних воздействий на деформируемую среду с ее внутренним физическим состоянием среды. Выбор рекомендуемых параметров (рис. 135) в предлагаемом диапазоне воздействий гарантирует получение

68. Гарантируемые механические свойства сплавов в отливках из алюминиевых сплавов с недендритной формой кристаллов

Состав (близкий эквивалент)	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Режим термообработки
AlSi7Mg0,3SR (A356)	105	230	18	F: литье
	170	260	15	T5: закалка в воду; 160 °C, 6 ч
	230	300	14	T6: 510°C, 10 ч; закалка в воду; 160 °C, 6 ч
AlSi7Mg0,6SR (A357)	110	240	17	F: литье
	205	275	10	T5: закалка в воду; 170 °C, 6 ч
	290	345	10	T6: 540 °C, 10 ч; закалка в воду; 170 °C, 6 ч
AlSi6Cu3Mg (A319)	130	270	7	F: литье
	320	405	5	T6: 500 °C, 6 ч; закалка в воду; 170 °C, 6 ч
AlSi6Cu1Mg (A355)	225	320	7	T5: закалка в воду; 170 °C, 6 ч
AlSi16Cu4Mg (A390)	185	220	1	F: литье
	270	270	<0,2	T5: закалка в воду; 170 °C, 10 ч
	225	225	<0,2	T5': закалка в воду; 230 °C, 8 ч
	350	350	<0,2	T6: 500 °C, 6 ч; закалка в воду; 170 °C, 10 ч
A356	200	260	12	T5*
	240	315	12	T6*
A357	210	290	10	T5*
	250	315	10	T6*

* Производится фирмой Formcast (США).

высокого комплекса свойств этих сплавов в штампованных.

Скорости движения прессующего поршня на прессах составляют 0,02... 0,1 м/с, а на машинах ЛПД — 0,2... 2,0 м/с, что соответствует диапазону скоростей деформаций $10^1 \dots 10^3 \text{ с}^{-1}$.

Перепад толщин стенок детали Δl и, соответственно, скоростей течения суспензии в форме $\Delta v_{\text{п}}$ не отражается существенно на качестве фасонной детали.

Стадию повторного нагрева и последующую стабилизирующую вы-

69. Основные типы используемых сплавов

Сплав	Тип	Механические свойства в литом состоянии		
		$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
Thixalloy 615	AlSi7Mg0,15	100	180	15
Thixalloy 630	AlSi7Mg0,30	120	230	12
Thixalloy 640	AlSi7Mg0,40	130	240	10
Thixalloy 650	AlSi7Mg0,65	140	250	8
Thixalloy 680	AlSi7Mg0,80	150	260	5

70. Характеристики литейного оборудования, рекомендуемого для тиксоформирования

Диаметр слитка:						
в дюймах	2,5	3	3,5	4	5	6
в мм	63,5	76,2	88,9	101,6	128	152,4
Максимальная сила прессования, кН	700	1000	1400	1900	3000	3700
Сила запираания, т	260...340	420...530	530...660	660...1050	1050...1800	1800...2700
Масса используемой заготовки, кг	1,0...2,0	1,5...3,0	2,0...4,0	3,5...7,0	6,0...12,0	10,0...12,0

держку осуществляют с использованием индукционного нагрева заготовок.

На таких установках нагрев заготовки осуществляют в 2 этапа. Начальный этап — этап быстрого нагрева (например, для сплава АК7 это нагрев до температуры 568...570 °С), продолжается около 15 мин. Завершается процесс медленным нагревом и тепловой стабилизацией (примерно 5...10 минут) при температуре 580...585 °С. При таком нагреве перепад температур в центре заготовки и у ее боковой поверхности составляет около 5 °С на первом этапе и около 3 °С — на втором. Как видно на рис. 136, перепад температур в заготовке из этого сплава, равный 5 °С, соот-

ветствует изменению доли твердой фазы от 45 до 50 % и изменению вязкости суспензии более чем в 10 раз.

Если составы используемых сплавов плохо оптимизированы для переработки в твердожидком состоянии, небольшое различие в температуре может вызвать большой разброс в содержании жидкой фазы. Поэтому для получения детали требуемого качества очень важно экспериментально определить такие параметры этой стадии процесса, как рабочая температура, однородность температурного поля по объему заготовки и длительность нагрева. Температура нагрева определяет содержание жидкой фазы в заготовке. Слишком низкая температура

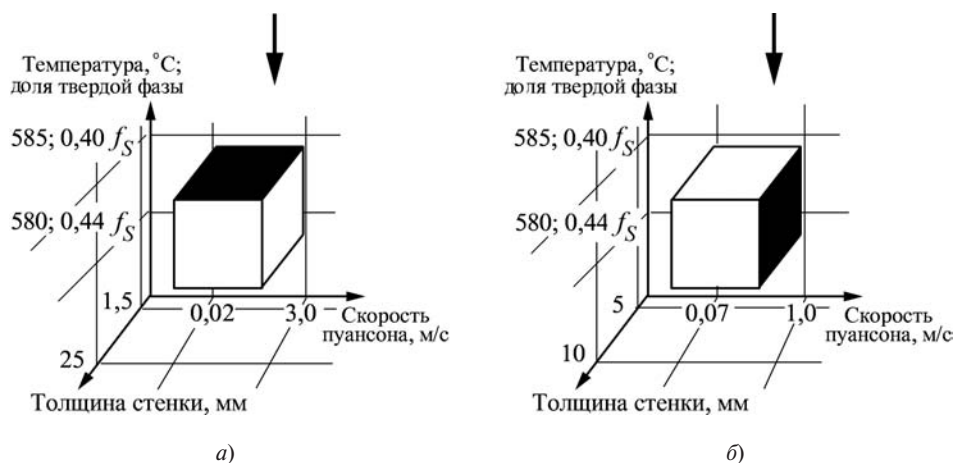


Рис. 135. Трехмерное рабочее окно процесса тиксоформирования для сплава А356 ($F_S < 0,53$):

- а — $\sigma_B > 220$ МПа; $\delta > 17$ %; $\sigma_{0,2} > 100$ МПа; $\Delta T = 5$ °С; $\Delta F_S = 0,04$; $\Delta l = 23,5$ мм; $\Delta v_{II} = 190$ м/с;
 б — $\sigma_B > 230$ МПа; $\delta > 20$ %; $\sigma_{0,2} > 110$ МПа; $\Delta T = 5$ °С; $\Delta F_S = 0,04$; $\Delta l = 5$ мм; $\Delta v_{II} = 23$ м/с

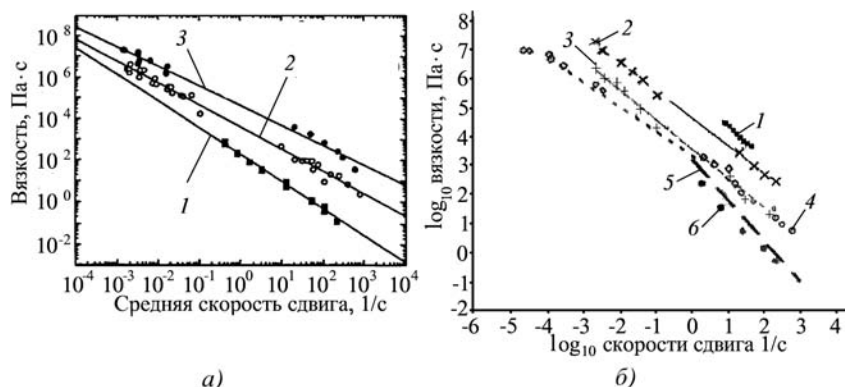


Рис. 136. Изменение вязкости в частично расплавленных сплавах в зависимости от средней скорости сдвига и доли твердой фазы:

a — для сплава A356; 1 — $f_S = 0,3$ ($T = 590$ °C); 2 — $f_S = 0,45$ ($T = 585$ °C); 3 — $f_S = 0,55$ ($T = 580$ °C); *б* — для сплавов A356 и A357; 1 — сплав A356 (6,6 % Si), $f_S = 0,51$, выдержка 0 мин; 2 — сплав A356 (6,6 % Si), $f_S = 0,66$, выдержка 30 мин, обратное выдавливание и сжатие между параллельными пластинами; 3 — сплав A356 (6,6 % Si), $f_S = 0,45$, выдержка 30 мин, обратное выдавливание и сжатие между параллельными пластинами [Jly]; 4 — сплав A357 (7 % Si), $f_S = 0,48$, выдержка 30 мин, капельный вискозиметр; 5 — сплав A356 (7 % Si), $f_S = 0,5$, выдержка 60 мин, цилиндрический вискозиметр; 6 — сплав A356 (7 % Si), $f_S = 0,4$, выдержка 60 мин, цилиндрический вискозиметр

нагрева приводит к неполному расплавлению эвтектической фазы и сохранению скелета твердой фазы, резко ухудшающего реологические свойства суспензии. Неоднородный нагрев приводит к потере устойчивости заготовки и трудностям ее транспортировки. Наконец, продолжительность нагрева также должна быть оптимизирована. При излишней длительности нагрева твердые частицы в суспензии коагулируют, структура становится более грубой; при слишком коротком времени стабилизации не произойдет полной трансформации исходных форм частиц в глобулярные, — все это ухудшает реологические свойства обрабатываемого материала.

Нагрев обычно осуществляют при вертикальном расположении слитка на теплоизолирующей подставке. Вертикальная ориентация заготовки требует соблюдения определенных пропорций в геометрии заготовки для сохранения первоначальной формы в процессе нагрева: максимальное отношение длины к диаметру заготовки не должно пре-

вышать 2,5:1 (чаще 2,25:1). В этом случае исходная форма заготовки сохраняется даже при 50 % жидкой фазы, что способствует простому захвату для транспортировки горячей заготовки к литейной форме или штампу. Сохранение геометрии суспензированной заготовки способствует и более легкому удалению оксидных пленок с поверхности заготовки в металлоприемнике.

При вертикальном расположении заготовки и нарушении найденных пропорций под действием поля тяжести может происходить вытекание части жидкой фазы и некоторое оседание слитка, придающее ему форму «ноги слона». Этот эффект и оксидная пленка могут создавать проблемы при запрессовке.

Если слиток помещается внутри горизонтальной вращающейся лодочки (рис. 137), это приводит к росту производительности оборудования, допускает работу с большой долей жидкой фазы, если это необходимо технологу, но не устраняет проблемы, связанной с формированием оксидной пленки на

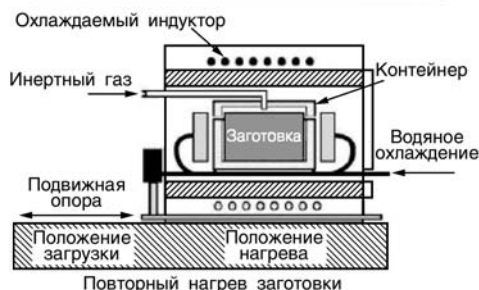
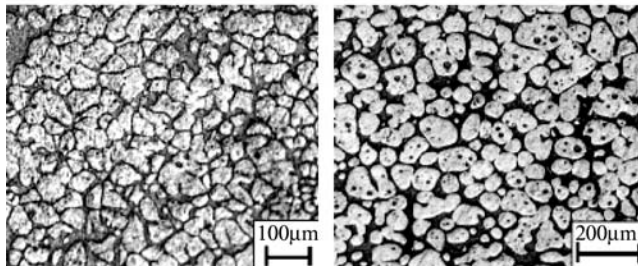
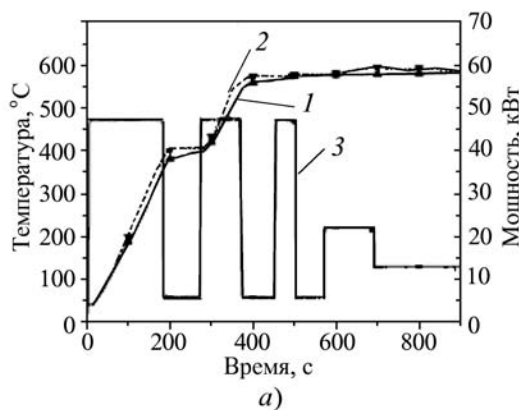


Рис. 137. Расположение заготовки в индукторе и схема нагрева в защитной среде

поверхности заготовки. Для защиты заготовки от окисления нагрев может осуществляться в защитной среде.



б)

При отработке промышленного варианта системы управления нагревом следует помнить, что плавление эвтектики (и рост доли жидкой фазы в 3-компонентном сплаве) происходит не при постоянной температуре и не мгновенно, а в течение значительного интервала времени, вызывая «расхождение» в сигнале датчика с фактической долей жидкой фазы в интервале температур 564...574 °C (для сплавов A356, A357).

В современных устройствах индукционного нагрева заготовок требуемые условия нагрева обеспечиваются варьированием количества подводимой к заготовке энергии.

На рис. 138 представлены экспериментальные зависимости температуры нагреваемой заготовки и количества подводимой энергии от времени. Заготовку из сплава A356 (Thixalloy, фирма SAG) диаметром 101 мм и длиной 220 мм нагревали в горизонтальной высокочастотной индукционной печи с максимальной мощностью 80 кВт. Оптимизированный вариант нагрева — это ступенчатый нагрев и стабилизация, осуществляемые в течение 15 минут. Для достижения однородного поля температур в заготовке были использованы четыре уровня подводимой энергии и семь временных интервалов (шагов). На 1-, 3- и

Рис. 138. Подведенная мощность, измеренные температуры (а) и микроструктура заготовки из сплава A356 перед (б) и после (в) термообработки:

1 — температура на периферии заготовки; 2 — температура в центре заготовки; 3 — подведенная мощность

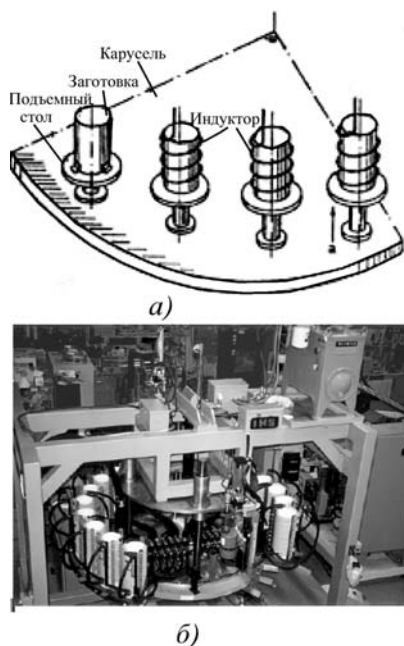


Рис. 139. Схема (а) и практическая реализация ступенчатого индукционного нагрева с восемнадцатью (б) индукторами, подключенными последовательно к одному источнику питания

5-м шагах уровень подводимой энергии был равен 50 кВт, что обеспечивало быстрое повышение температуры заготовки. Снижение подводимой мощности до 5 кВт на 2-, 4- и 6-м шагах способствует уменьшению вариации тем-

пературного поля. Уровень энергии, подводимой на 7- и 8-м шагах, был подобран так, чтобы в течение 5 мин поддерживать требуемые температуру тиксоштамповки и минимальную вариацию температурного поля заготовки. Микроструктура заготовки в состоянии поставки и микроструктура суспензии, сформированная в результате повторного нагрева, частичного плавления и стабилизирующей выдержки, показана на рис. 138.

На большинстве промышленных установок повторный нагрев производят путем ступенчатого индукционного нагрева. Такое решение позволяет обеспечить точный и быстрый нагрев, но его недостатком является относительно низкий КПД индукционных нагревательных устройств с использованием от 4 до 24 индукторов (рис. 139).

Главный недостаток многих процессов тиксо- и реоформирования, которые внедрены в промышленное производство, состоит в том, что они имеют длительное время подготовки суспензии. Для его уменьшения ведутся разработки новых технологий производства так называемой «суспензии по заказу», упрощающих стадии подготовки и дозирования суспензий. Например, отработан процесс (Idra SSR™, рис. 140), в котором

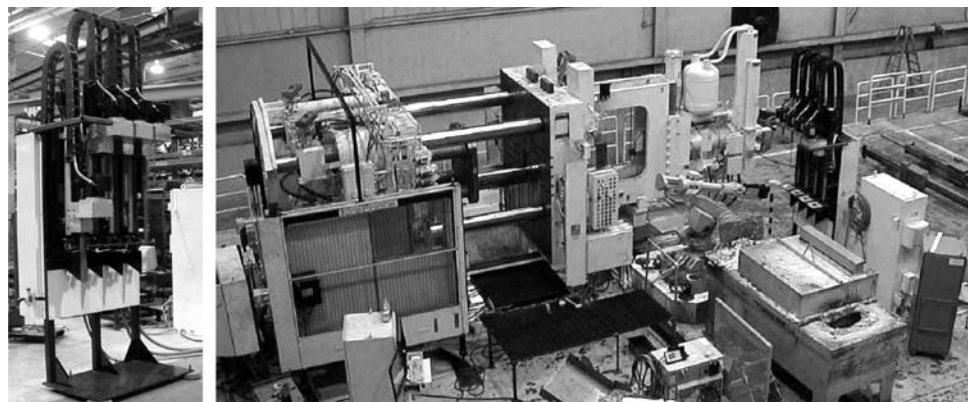


Рис. 140. Промышленная установка, реализующая процесс Idra SSR™, смонтированная на базе 1400-тонной машины ЛПД. Слева показано устройство для изготовления суспензии

сочетаются быстрое охлаждение и перемешивание, в результате чего удается перерабатывать 8...10 кг жидкого алюминия в суспензию за 15...20 с. Это время вполне сравнимо с циклом машины литья под давлением или прессы.

Процесс организован следующим образом. На первом этапе графитовый стержень, охлаждаемый изнутри воздухом, погружается в металл, который находится в керамической чашке. Металл предварительно помещается туда в нужной дозе, соответствующей массе изготавливаемой детали. Вращение стержня и его охлаждение стимулируют быстрое образование суспензии с первичной твердой фазой с тонкой глобулярной структурой. Чем дольше происходит охлаждение, тем большей становится доля твердой фазы и увеличивается размер зерен. По окончании процесса приготовления суспензии, т.е. после того как будет достигнута заданная доля твердой фракции, металл передается в машину литья под давлением для последующего его прессования.

Технологию SSR можно легко применить на одном отдельно взятом уже смонтированном и работающем комплексе литья под давлением или прессы. Устройство имеет небольшие размеры, для его монтажа не надо радикально менять планировку оборудования. Его располагают между раздаточной печью и машиной для литья (прессом) так, чтобы передавать необходимое количество металла с помощью дозатора (или залившика металла) напрямую в керамическую чашку, которая переносится роботом. Робот-залившик после окончания процесса преобразования жидкого металла в суспензию выливает эту порцию металла в камеру прессования машины.

Заключительная стадия тиксоштамповки может проводиться по традиционным схемам в открытом или закрытом штампе. Взаимодействие инструмента (пуансона, штампа) и тиксозаго-

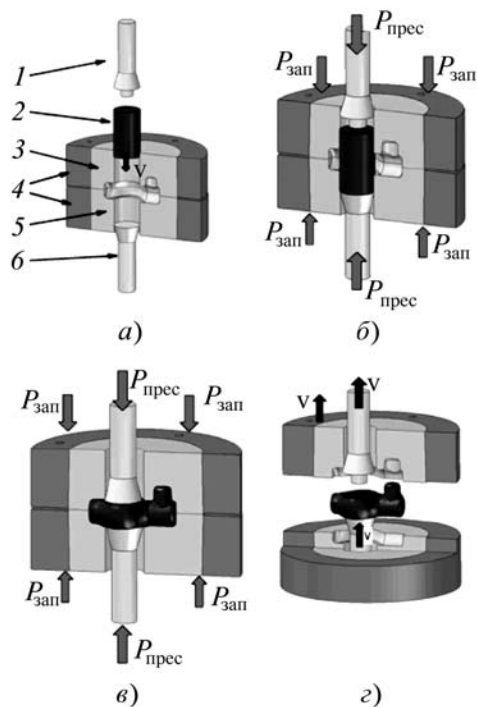


Рис. 141. Принцип работы инструмента при штамповке в закрытом штампе:

а — загрузка тиксозаготовки: 1 — верхний пуансон; 2 — заготовка (суспензия); 3 — верхняя вставка; 4 — обойма; 5 — нижняя вставка; 6 — нижний пуансон; *б* — начало формообразования; *в* — завершение формообразования; *г* — раскрытие штампа и извлечение штамповки

товки при прессовании в закрытом штампе показано на рис. 141. Заполнение формы может происходить по схемам прямого, обратного, поперечного и комбинированного выдавливания. При этом в зависимости от схемы прессования возникают принципиальные различия в величине давления, приложенного к твердожидкому материалу, скорости заполнения формы и, в конечном счете, возникает различие в структуре и свойствах поковки, сформированной из одной и той же тиксозаготовки.

При работе с тиксозаготовками на гидравлических прессах используют схемы прессования со специальной за-

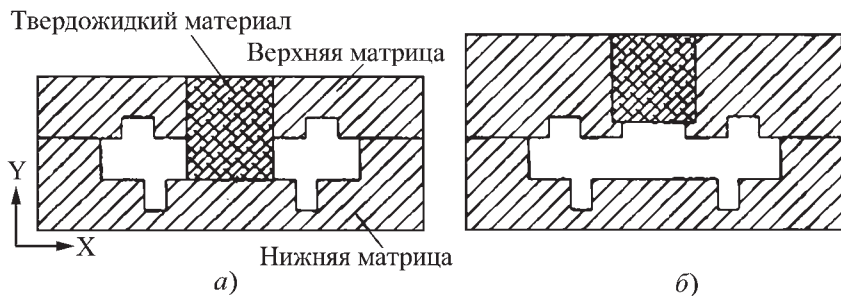


Рис. 142. Варианты конструкций штампа с различными загрузочными камерами:
а — без литникового хода; б — с литниковым ходом

грузочной камерой и литниковым ходом (рис. 142), аналогичные литьевому прессованию пластмасс на прессах. Установлено, что конструктивное исполнение питателя влияет на характер течения при заполнении штампа и механические свойства формируемой штамповки. Наличие питателя способствует повышению качества штамповки.

Ламинарное заполнение формообразующей полости суспензией и очистка суспензии от оксидных пленок — очень важные для обеспечения качества металла элементы процесса, решаемые при разработке конструкции штампа. Заполнение формы ламинарным потоком обеспечивается увеличением в несколько раз площади сечения питателя, а очистка суспензии от оксидов — специальной конструкцией улавливающего устройства, формирующего геометрию пресс-остатка (рис. 143).

Другим важным аспектом, влияющим на качество процесса формообразования, является оформление полости пресс-формы (матрицы), а также правильный выбор температуры матрицы. Тиксоштамповку ведут с подогревом формообразующей оснастки. Обычно температура оснастки колеблется в интервале 250...350 °С. При необходимости заполнять тонкие (менее 2 мм) протяженные сечения штамповку ведут в закрытых пресс-формах, а выбираемая температура оснастки

поддерживается более точно с использованием специальных нагревателей.

Успехи нового реолития стимулировали развитие метода реоштамповки из заготовок с высокой долей твердой фазы. Пример конструирования штампа для такого процесса показан на рис. 144. Заполнение полости формы из камеры высокого давления производится методом обратного выдавливания.

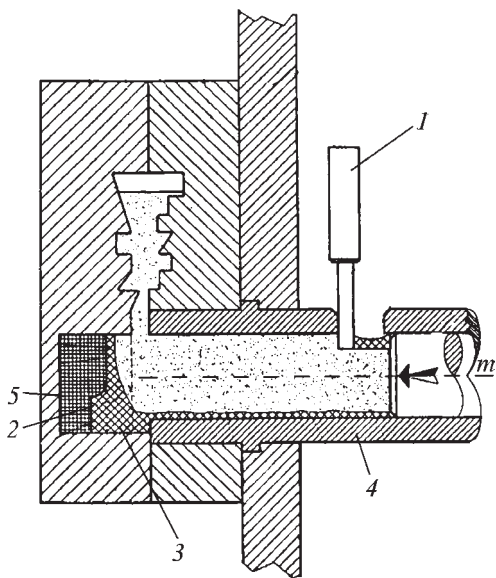


Рис. 143. Запатентованная конструкция устройства улавливания оксидов, состоящая из скребка 1, ловушки 2, собирающей оксидную пленку (позиция 3), стакана 4 и вкладыша 5, вместе определяющих геометрию пресс-остатка

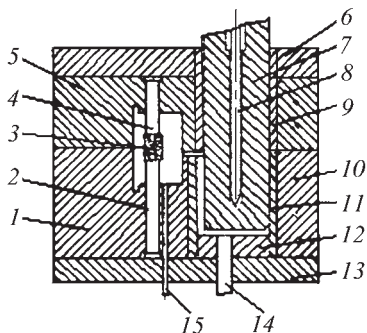


Рис. 144. Конструкция штампа для производства детали «поворотный шарнир» из алюминиевого сплава методом реоштамповки:

1 — нижний вкладыш; 2 — нижний стержень; 3 — песчаный стержень; 4 — верхний стержень; 5 — верхний вкладыш; 6 — верхняя плита; 7 — прессующий пуансон; 8 — канал водяного охлаждения пуансона; 9 — металлоприемник; 10 — охлаждающая система штампа; 11 — камера давления; 12 — вкладыш камеры давления; 13 — нижняя плита; 14 — толкатель

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Г.С. Формообразование сплавов в твердожидком состоянии // Технологии легких сплавов. 1996. № 5. С. 37–45.

2. Семенов Б.И., Мельников Н.А. Принципы и технологии получения точных заготовок из сплавов, находящихся в твердожидком состоянии // Металлургия машиностроения. 2001. № 2. С. 36–43.

3. Семенов Б.И., Бочаров Ю.А., Куштарев К.М. и др. Современные технологии формообразования в твердожидком состоянии // КШП. ОМД. 2006. № 10. С. 3–14. № 11. С. 3–16.

16. ГОРЯЧЕЕ ИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ ГРАНУЛ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

Горячее изостатическое прессование является частью технологии ме-

таллургии гранул, куда входит процесс получения микрослитков (гранул) заданного химического состава, кристаллизующихся со скоростями $10^3 \dots 10^5$ °C/с, и последующее компактирование при высокой температуре (1150...1250 °C) путем всестороннего равномерного сжатия (рис. 145).

Компактные заготовки могут быть использованы как готовые изделия (после соответствующей специальной термической и механической обработки) или как заготовки для последующей деформации штамповкой, ковкой, прессованием и прокаткой.

Основные технологические процессы металлургии гранул содержат:

1) вакуумную плавку и литье в кокиль заготовки;

2) производство гранул распылением расплава струей сверхчистого инертного газа или плазменным оплавлением вращающейся с большой скоростью литой заготовки;

3) подготовку гранул к компактированию — классификацию по крупности, электростатическую сепарацию, термическую дегазацию при одновременной засыпке и герметизации гранул в капсулах электронным лучом;

4) компактирование заготовок в газостатах или в установках горячего гидростатического прессования в расплаве неорганических материалов;

5) специальную термическую обработку заготовок;

6) обработку резанием до требуемой геометрии изделия;

7) контроль качества.

Новая технология имеет следующие преимущества:

1) высокая однородность структуры и свойств в объеме изделия и повышение надежности работы изделий;

2) отсутствие ограничений по размерам и геометрии изделий;

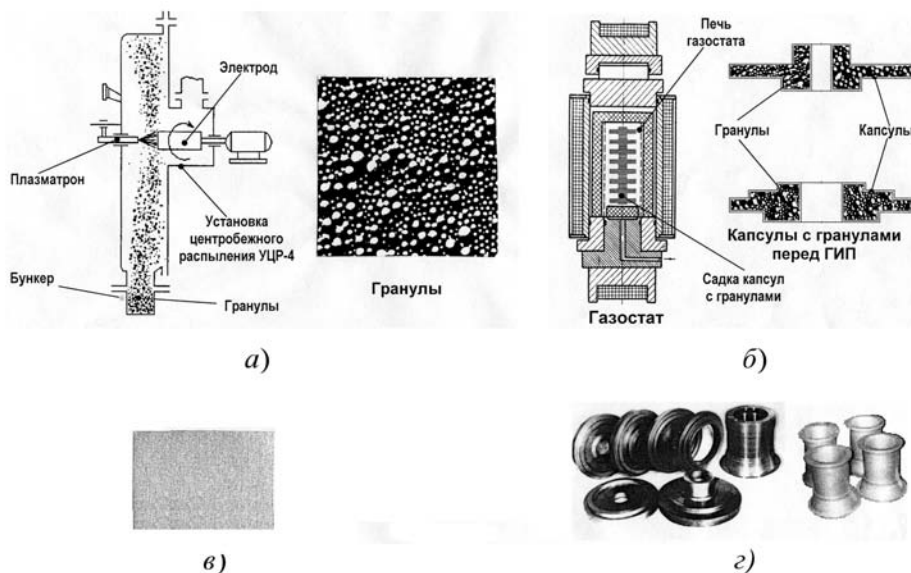


Рис. 145. Схема процесса металлургии гранул:

а — высокоскоростная кристаллизация; *б* — горячее изостатическое прессование; *в* — структура металла; *г* — заготовки, получаемые горячим изостатическим прессованием

3) общее сокращение расхода металла в 2–3 раза и повышение коэффициента использования металла заготовки до 0,4...0,6, вместо 0,15...0,25 при традиционной штамповке, что обеспечивает значительную экономию стратегически важных дефицитных материалов — кобальта, никеля, хрома, молибдена и др.;

4) снижение трудоемкости изготовления изделий на 50...70 %;

5) широкие возможности освоения и производства новых сложнолегированных сплавов с более высокими служебными характеристиками, которые не могут быть изготовлены традиционными методами.

Литые заготовки для последующего производства из них гранул сложнолегированных жаропрочных никелевых сплавов получают в вакуумных индукционных печах либо в вакуумных дуговых печах с целью максимального рафинирования металла.

Печи типа ИСВ-0,6 или ИСВ-2,5 конструкции новосибирского завода «Сиб-электротерм» имеют емкость тигля 750 и 2900 кг соответственно.

Вакуумно-дуговые печи типа БВДП разработаны в ВИЛСе.

Диаметр отливаемых заготовок: 70...90 мм — для плазменного центробежного распыления на гранулы; до 210 мм — для газоструйного распыления расплава на гранулы.

Для ответственных деталей газотурбинных авиационных, морских и ракетных двигателей гранулы получают плазменной плавкой и центробежным распылением быстровращающейся литой шлифованной заготовки в установках типа УЦР-2, УЦР-4, УЦР-6 (рис. 146). Крупность получаемых гранул менее 100 мкм. Температура плазмы 2000...2100 °С. Частота вращения литой заготовки 7000...23 000 об/мин. Крупность гранул зависит от частоты вращения заготовки (при прочих

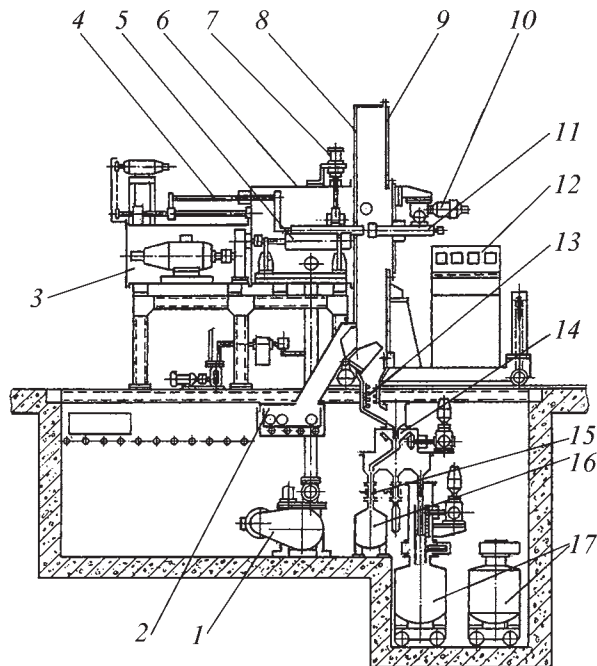


Рис. 146. Установка типа УЦР плазменной плавки и центробежного распыления быстровращающейся литой шлифованной заготовки:

1 — вакуумная система; 2 — камера с емкостью для сбора огарков; 3 — камера привода вращения барабанов; 4 — толкатель; 5 — барабаны; 6 — камера перемещения и вращения заготовки; 7 — привод прижимного ролика; 8 — стационарная часть камеры распыления; 9 — отъемная часть камеры распыления; 10 — привод движения плазмоторна; 11 — плазмоторн; 12 — пульт управления; 13 — устройство для охлаждения гранул; 14 — устройство для отбора проб гранул на анализ; 15 — устройство для герметичного соединения переносного бункера с установкой; 16 — переносной бункер; 17 — бункеры для хранения гранул

равных условиях) и определяется по формуле:

$$d = \frac{\sqrt{12}\eta}{\omega} \left(\frac{\sigma}{\rho D} \right)^{1/2},$$

где d — диаметр гранулы; η — эмпирический коэффициент, равный 0,8...1,0; ρ — плотность расплава; ω — угловая скорость вращения заготовки; σ — коэффициент поверхностного натяжения расплава; D — диаметр литой заготовки.

При производстве быстрорежущей и инструментальной сталей гранулы получают газоструйным распылением (диспергированием) расплава в установках типа УРС. За рубежом подобным образом получают ряд ответственных деталей двигателя. Крупность гранул — 30...800 мкм. В качестве диспергатора используют специальные форсунки, через которые подают сверхчистый инертный газ под давлением 10...16 МПа. С повышением давления ар-

гона в форсунках крупность гранул уменьшается.

Подготовку гранул к компактированию проводят в атмосфере сверхчистого инертного газа или в вакууме (так называемый процесс «all inert»), что исключает загрязнение поверхности частиц и обеспечивает их диффузионное срашивание в монолит при горячем изостатическом прессовании.

Физико-механическая (импульсно-механическая) обработка гранул включает в себя классификацию их по крупности, полиградиентную магнитную сепарацию от металлических примесей, электростатическую сепарацию от неметаллических примесей и вакуумную термическую дегазацию в летящем потоке или в монослое. Последнюю операцию проводят в специальных вакуумных электротермических установках засыпки и герметизации гранул в капсулах типа УЗГК-1, УЗГК-1М, УЗГК-Д (рис. 147).

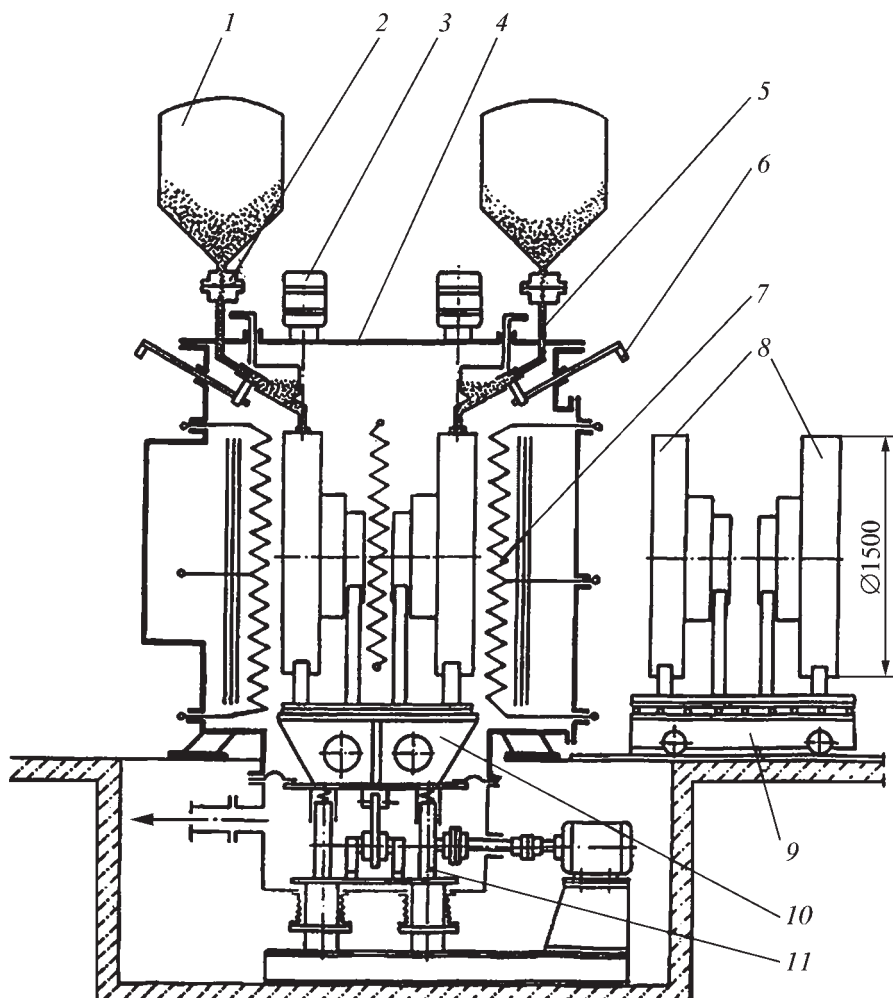


Рис. 147. Вакуумная электротермическая установка засыпки и герметизации гранул в капсулах типа УЗГК: 1 — бункер с гранулами; 2 — вакуумный затвор; 3 — электронно-лучевая сварочная пушка; 4 — корпус рабочей камеры установки; 5 — транспорт гранул в капсулу; 6 — манипулятор; 7 — нагревательная печь; 8 — капсулы; 9 — загрузочная тележка; 10 — стол вибратора; 11 — механический кулачковый вибратор

Горячее изостатическое (т.е. всестороннее равномерное) прессование гранул проводят в специальном пластически деформируемом инструменте — капсулах из малоуглеродистой стали (рис. 148). Конструкцию и геометрию капсулы рассчитывают по специальной методике, которая обеспечивает в процессе прессования ее подобное формоиз-

менение и диффузионное сращивание находящихся в ней гранул в монолитное состояние.

Горячее изостатическое прессование (ГИП) реализует наиболее перспективную схему, исключая деформацию (экструзию, штамповку в горячих штампах и изотермическую штамповку) из технологического процесса и яв-

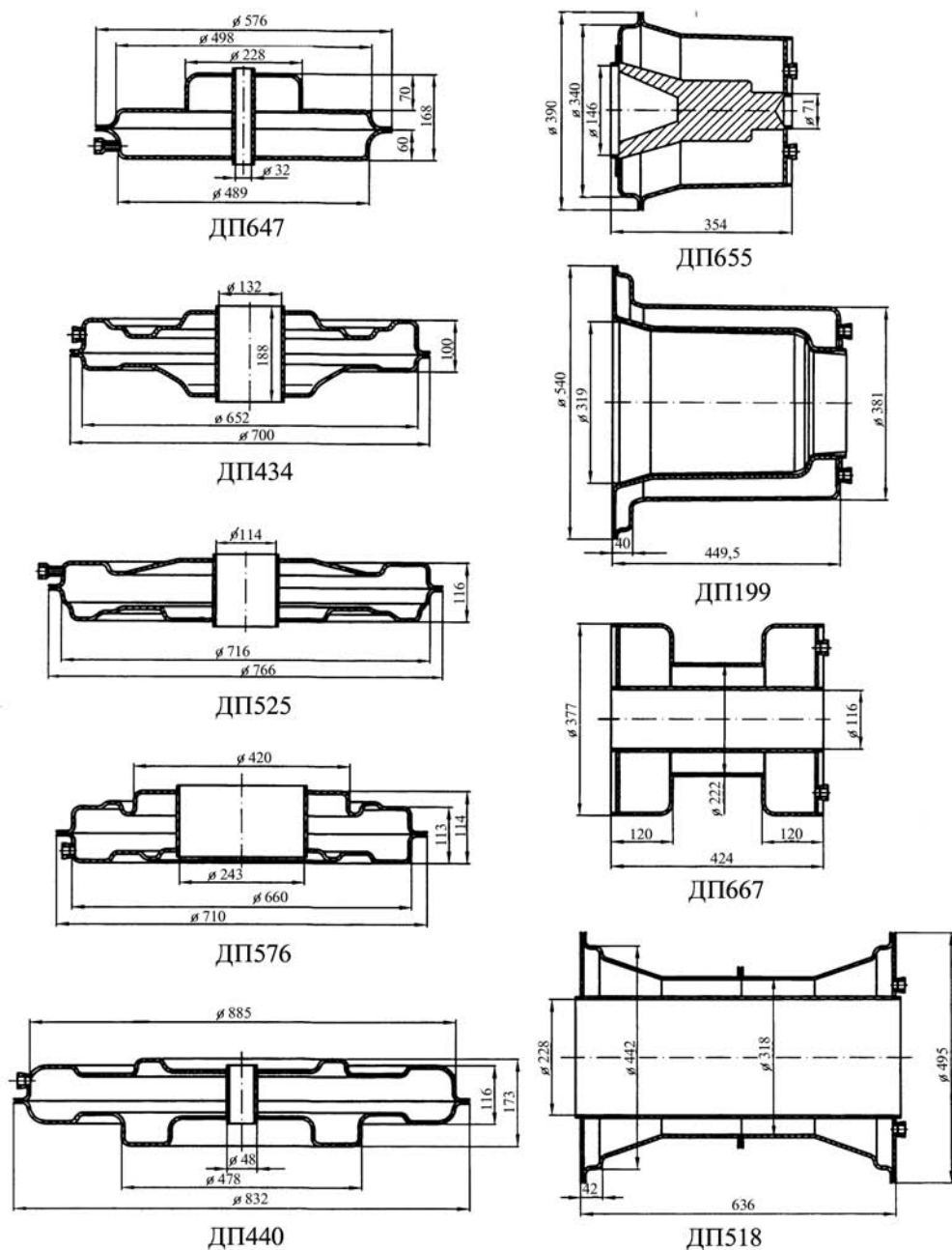


Рис. 148. Капсулы различной конфигурации для горячего изостатического прессования турбинных дисков и валов из гранул

ляющуюся наиболее простой и выгодной в экономическом отношении технологией получения ответ-

ственных изделий из гранул жаропрочных никелевых и титановых сплавов.

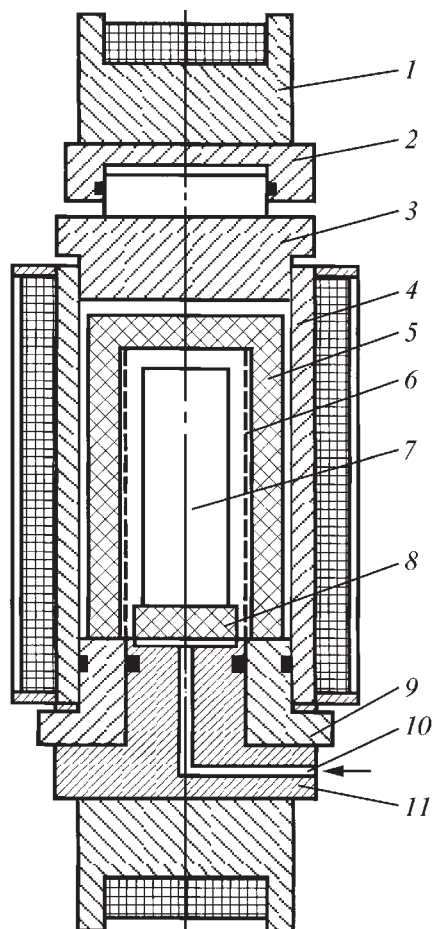


Рис. 149. Схема установки горячего изостатического прессования:

1 — подвижная рама газостата; 2 — домкрат; 3 — верхняя пробка; 4 — рабочая камера; 5 — теплоизоляционный кожух (колпак); 6 — нагревательные элементы печи газостата; 7 — садка (прессуемые капсулы с гранулами, конструкционное литье и др.); 8 — загрузочный стол; 9 — промежуточная пробка; 10 — канал для подачи аргона; 11 — нижняя пробка

ГИП реализуют в специальных устройствах-газостатах, в которых в качестве рабочей среды, передающей давление на оболочку капсулы с гранулами, служит аргон. Схема газостата представлена на рис. 149.

Существуют две основные схемы ведения цикла ГИП: с холодной за-

грузкой и выгрузкой прессуемых изделий схема «cold—cold» (рис. 150) и с горячей загрузкой и выгрузкой — схема «hot—hot» (рис. 151).

При первой схеме прессуемые изделия (садку) загружают в рабочую камеру газостата, в нее закачивают компрессорами до расчетного начального давления аргон, включают печь газостата. С повышением температуры растет давление. При достижении рабочей температуры прессования сплава давление достигает предельного уровня. После заданной выдержки температуру и давление снижают, а отпрессованную садку выгружают.

При второй схеме прессуемые изделия (садку) нагревают до заданной температуры в вертикальных печах предварительного нагрева и затем перегружают их в нагретую печь газостата. Закрывают рабочую камеру и компрессорами закачивают аргон до уровня рабочего давления. После заданной выдержки давление снижают и выгружают отпрессованную садку изделий.

Процесс сращивания в монолит десятков миллиардов гранул крупностью 70...100 мкм состоит из нескольких этапов (рис. 152).

Экспериментально установлено, что наибольший рост плотности происходит на первой стадии процесса ГИП вследствие интенсивной микропластической деформации на контактных поверхностях гранул, когда их общая площадь на начальной стадии прессования ничтожно мала, а уровень возникающих на них напряжений при приложении внешнего давления весьма высок.

После достижения плотности около 98 %, что соответствует началу второй области, дальнейший рост плотности происходит в результате истечения металла в пору, т.е. за счет механизма ползучести или дислокационного крипа. Следствием этого являет-

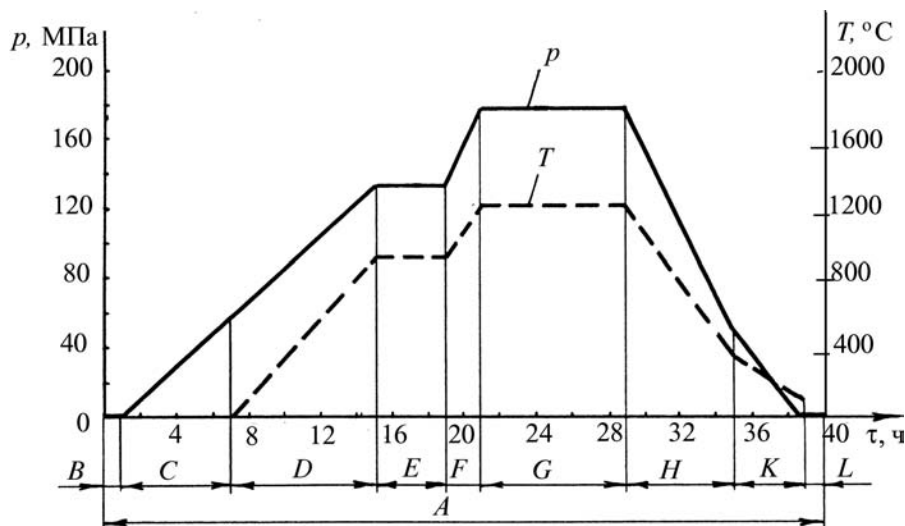


Рис. 150. Диаграмма процесса горячего изостатического прессования изделий из гранул с холодной загрузкой — выгрузкой садки (схеме «cold—cold»):

A — полный цикл (40...16 ч); *B* — сборка и загрузка садки; *C* — напуск и закачка газа; *D* — подъем температуры и давления; *E* — первая выдержка; *F* — подъем температуры и давления; *G* — вторая выдержка под давлением; *H* — охлаждение и снижение давления; *K* — выпуск газа в баллоны; *L* — выгрузка садки

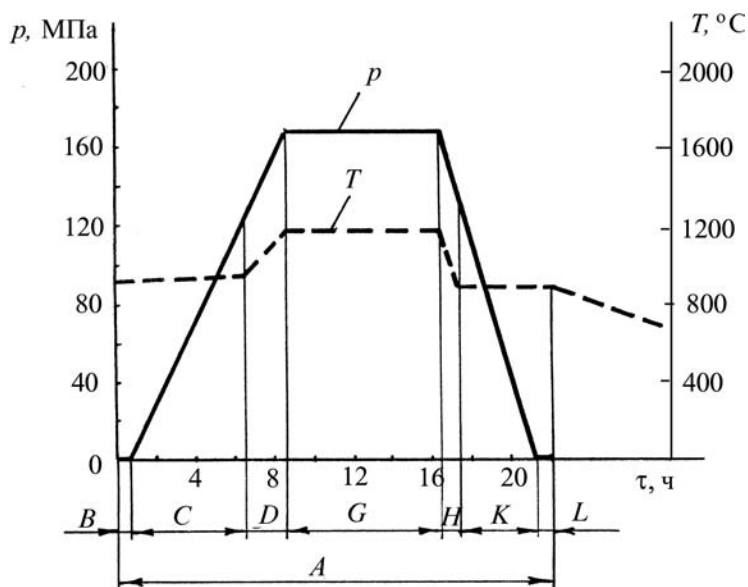


Рис. 151. Диаграмма процесса горячего изостатического прессования изделий из гранул с горячей загрузкой — выгрузкой садки (схеме «hot—hot»):

A — полный цикл (12...20 ч); *B* — сборка и загрузка садки; *C* — напуск и закачка газа; *D* — подъем температуры и давления; *G* — выдержка под давлением; *H* — охлаждение и снижение давления; *K* — выпуск газа в баллоны; *L* — выгрузка садки

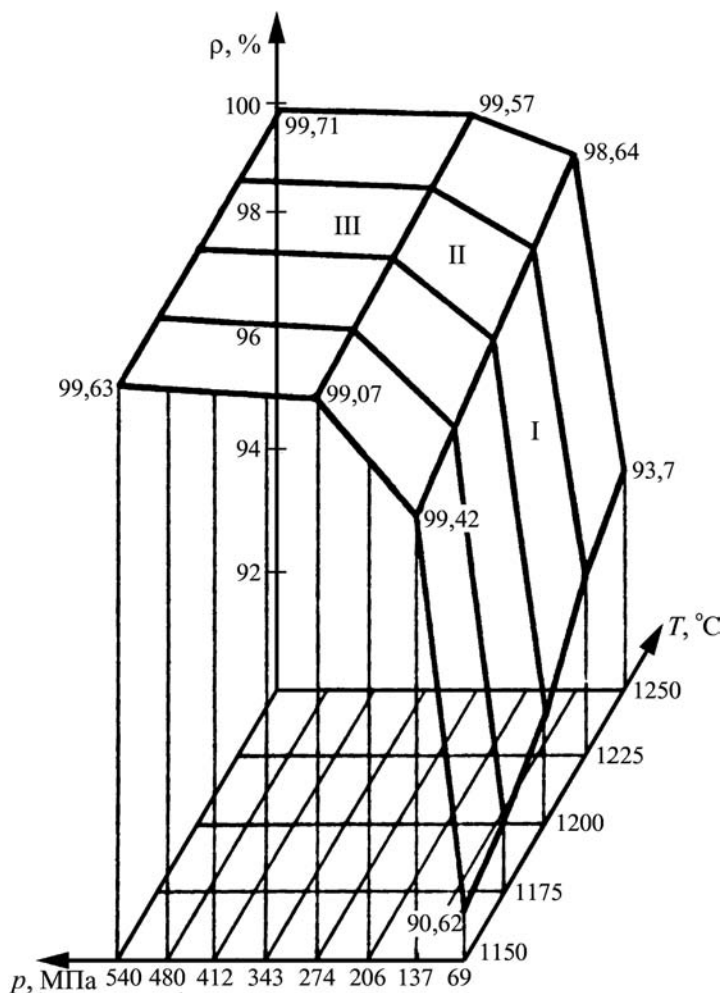


Рис. 152. Диаграмма зависимости плотности материала изделий из гранул от температуры и рабочего давления прессования

ся более низкий прирост плотности (см. рис. 152).

На последней стадии процесса установлено (для гранул основного сплава ЭП741НП), что использование удельных сил прессования свыше 280...300 МПа может оказаться нерациональным из-за незначительного прироста плотности и сложности реализации таких высоких давлений в современных газостатах и гидростатах.

Проведенные исследования также показали, что удельная сила

прессования вносит определяющий вклад в уплотнение гранул, а температура — в уровень механических характеристик и длительной прочности.

Указанные выводы подтверждены также подробными фрактографическими исследованиями.

Как правило, в нашей стране и за рубежом промышленные газостаты работают при давлении 100...200 МПа и температуре 1200...1300 °C. Размеры рабочего пространства печей газоста-

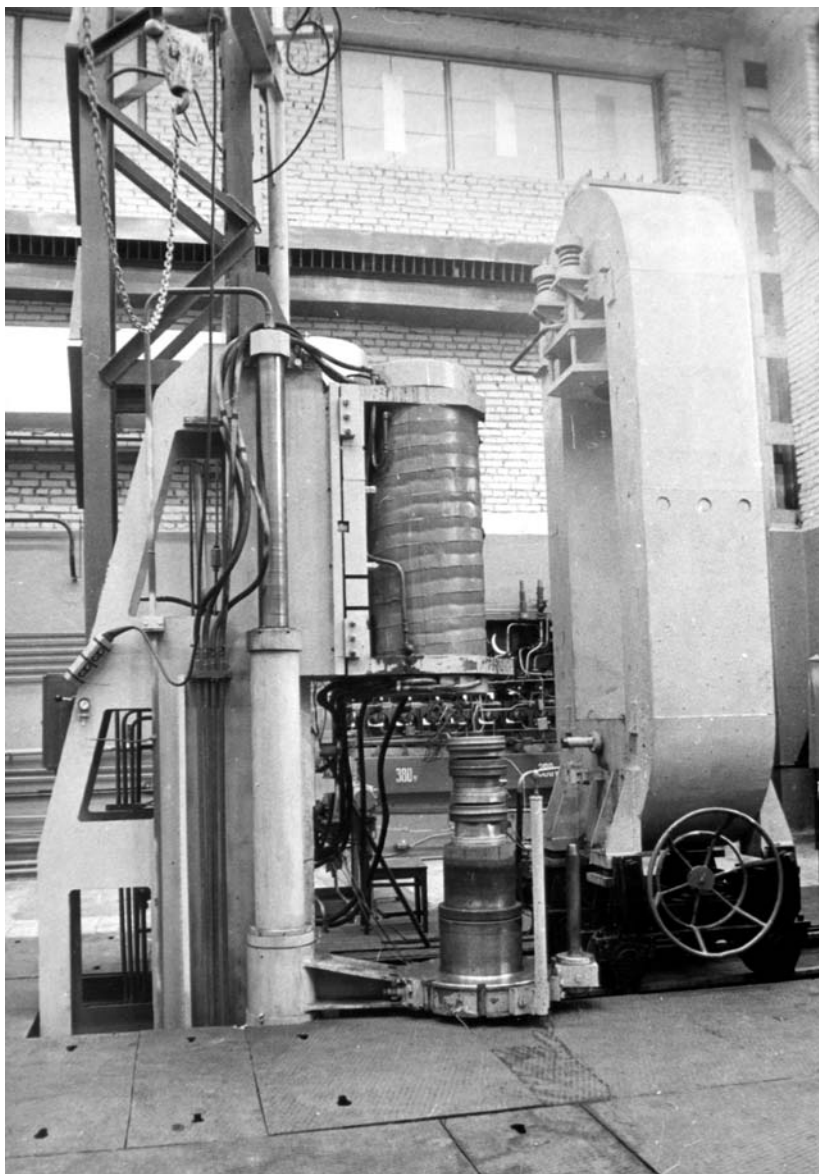


Рис. 153. Газостат с осевой силой 50 МН конструкции ВНИИметмаш–ВИЛС

тов составляют: диаметр — до 2400 мм, высота — до 3300 мм.

Первый советский газостат с осевой силой 50 МН конструкции ВНИИметмаш–ВИЛС запущен в ВИЛСе в 1978 г. (рис. 153). Крупнейший в мире газостат с осевой силой 400 МН конструкции ВНИИметмаш–

ВИЛС–КЗТС запущен в ВИЛСе в 1986 г. (рис. 154). Его рабочие параметры: давление — до 200 МПа, температура — до 1250 °С, диаметр — 1220 мм, высота — 2200 мм.

За рубежом процесс ГИП наиболее развит в США, Швеции, Франции, Англии, КНР, Бельгии.



Рис. 154. Газостат с осевой силой 400 МН конструкции ВНИИметмаш–ВИЛС–КЗТС

После ГИП отпрессованные изделия подвергают специальной много-ступенчатой термической обработке, которую проводят в камерных печах сопротивления или в вакуумных печах с регулируемой скоростью охлаждения (до 100...150 °С/мин).

Далее проводят обработку резанием заготовок, испытания отпрессованного

гранулированного изотропного материала (при 20 °С, жаропрочность, малоцикловая усталость), контроль качества изделий—ЛЮМ-10В, макротравление, автоматизированный УЗК, контроль микроструктуры материала и др.

Создана стабильная промышленная технология производства из гранул сплавов ЭП741НП, ЭП962П,



Рис. 155. Изделия из гранул современных жаропрочных никелевых сплавов для авиакосмической техники, морских ГТД, ГТД систем транспортировки газа и нефти, энергетики

ЭИ698П критических компонентов газотурбинных авиационных и жидкостных ракетных двигателей, морских и промышленных ГТД и др. Разрабатываются новые перспективные сплавы.

Сортамент турбинных и компрессорных дисков, валов, лабиринтов, проставок, крыльчаток и других деталей (рис. 155) насчитывает более 700 наименований.

Все двигатели истребителей МИГ-29 и его модификаций, СУ-27 и его модификаций, ЯК-130, МИГ-31, пассажирских и транспортных самолетов ИЛ96-300, ИЛ114, ИЛ96-400Т, ИЛ76МФ,

ИЛ76ТД, ИЛ76МД, ИЛ78, ТУ204-100, ТУ214, ТУ204-300, ТУ204С, А-42, РКС «Энергия-Буран», перспективные военные и пассажирские двигатели «5» и «5+» поколений ориентированы на детали из гранул. Уровень их характеристик, наивысший в России, приведен в табл. 71.

К 2007 г. выпущено и находится на боевой службе и в гражданской эксплуатации более 50 000 изделий из гранул.

Безаварийная наработка дисков, валов и других деталей в авиационных двигателях превышает 50 млн часов, в промышленных — 40 млн часов.

71. Механические характеристики дисков и валов из гранул современных жаропрочных никелевых сплавов

Марка сплава	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	KCU , $\frac{КДж}{м^2}$	Длительная прочность, МПа (при 650 °С 100 ч)	Малоцикловая усталость, МПа (при 650 °С 10 000 циклов)
ЭП741НП	1450	1020	18	18	40	1020	1050
ЭП962П	1550	1100	12	14	30	1080	1100
ЭИ698П	1350	900	15	18	50	720	800
ВВ750П	1550	1150	13	15	30	1100	1100
ВВ751П	1600	1200	13	15	30	1120	1120

Глава 10

ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ, ЖАРОПРОЧНЫХ И ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

Инструментальные стали, высоколегированные жаропрочные стали и сплавы обладают пониженной пластичностью и высоким сопротивлением деформированию. Химический состав, механические характеристики, температурные интервалы штамповки и режимы нагрева и охлаждения этих сталей и сплавов приведены в т. 1, гл. 1, 2, 5 и 13.

Представление о пластичности этих сплавов и о влиянии схемы напряженно-деформированного состояния на пластичность заготовки дает табл. 1, где указаны допустимые степени деформации инструментальных и высоколегированных жаропрочных сталей при осадке и выдавливании.

Критические степени деформации для большинства инструментальных сталей составляют 5...15 %.

1. Допускаемые степени деформации, %, сталей и сплавов при штамповке на различном оборудовании

Стали и сплавы	Осадка при скоростях менее 9 м/с	Выдавливание
Стали:		
содержащие 4...5 % легирующих элементов	80	90
содержащие до 45 % легирующих элементов	60	90
высоколегированные жаропрочные	60	90
Жаропрочные сплавы	10...50	30...90

Проектирование технологического процесса получения заготовок из труднодеформируемых жаропрочных сталей и сплавов имеет ряд особенностей. Жаропрочные, высоколегированные стали и сплавы на никелевой основе относятся к сложнолегированным сплавам. От степени их легирования зависят жаропрочность и технологическая пластичность при горячей объемной штамповке.

Свойства этих материалов в отличие от свойств инструментальных и углеродистых сталей в большей степени зависят от размеров зерен. Поэтому получение из них поковок с требуемыми механическими и другими свойствами возможно лишь при наличии в поковках равномерной структуры с оптимальным размером зерна. Для жаропрочных сталей и сплавов характерны также более высокая температура начала рекристаллизации и меньшая ее скорость. При штамповке поковок из труднодеформируемых жаропрочных сплавов процесс рекристаллизации не всегда завершается по всему сечению поковки, что приводит к разнотекстурности. Чтобы исключить возможность образования в поковке разнотекстурной структуры, штамповку проводят при степенях деформации, превышающих критические, при этом температура заготовки должна быть выше температуры начала рекристаллизации, а степень деформации за один нагрев — не менее 15...20 %.

Жаропрочные сплавы на никелевой основе очень чувствительны как к

перегреву, так и к недогреву. При незначительных отклонениях от оптимального температурного интервала они начинают «трещать» при штамповке.

При конструировании горячештампованных поковок из труднодеформируемых жаропрочных сталей и сплавов необходимо правильно назначить припуски, допуски, выбрать плоскость разреза и определить другие геометрические параметры. А также решить вопросы, связанные с расположением волокон в поковке, так как снижение σ_v поперек волокон по сравнению с σ_v вдоль волокон достигает 10 %. При этом уменьшение относительного удлинения, поперечного сужения и ударной вязкости достигает 30 %. Поэтому плоскость разреза следует выбирать так, чтобы при обрезке облоя перерезание волокон было минимальным. Для этого следует учитывать рекомендации по выбору плоскости разреза, изложенные в гл. 3, 4 т. 2.

Припуски и допуски на размеры поковок, изготовленных из жаропрочных сталей и сплавов, назначают по ОСТ 1.41187–78, а на поковки из инструментальных сталей — по ГОСТ 7505–89 (см. гл. 1) в соответствии с массой и размерами поковок.

Штамповочные уклоны при конструировании поковки выбирают по табл. 2; радиусы закруглений наружных и внутренних углов поковок в зависимости от высоты ребра и материала поковки — по табл. 3.

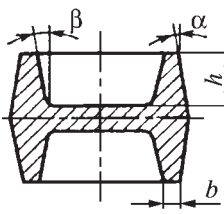
Толщины полотен в зависимости от площади проекции поковки на плоскость разреза штампа для различных открытых и закрытых сечений приведены в табл. 4.

При конструировании поковок толщину ребра s принимают в 6,5–10 раз меньше высоты. Предельные значения расстояний a_{\max} и a_{\min} между ребрами для поковок из жаропрочных сталей и сплавов некоторых цветных металлов приведены в табл. 5.

Для получения оптимальной структуры и предупреждения образования трещин в поковках из труднодеформируемых жаропрочных сплавов целесообразно:

- вести штамповку крупных поковок на гидравлических прессах с применением инструмента из жаропрочного материала, нагретого до 600...800 °С;
- мелкие поковки штамповать на кривошипных прессах;
- правильно осуществлять выбор температуры нагрева и продолжительности гомогенизирующей выдержки

2. Штамповочные уклоны для поковок из различных сталей и сплавов

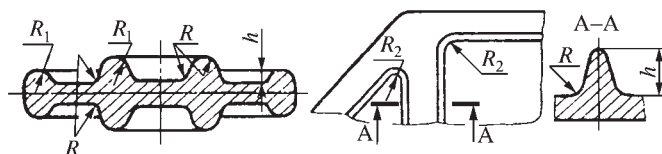
	h / b	Штампы с выталкивателями		Штампы без выталкивателей			
		Все сплавы		Сталь и титановые сплавы		Легкие сплавы	
		α	β^{*1}	α	β	α	β^{*1}
	До 2,5	1	1,5	7	7	5 ^{*2}	5
	2,5...4	2	3	7	10	5	7
	4...5	3	5	7	12	7 ^{*3}	7

^{*1} Для стенок полостей штампа, ограниченных поверхностью вращения, и для удлиненных полостей $a = b$.

^{*2} При толщине ребра более 5 мм $\alpha = 3^\circ$.

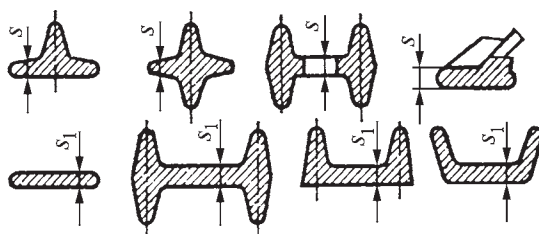
^{*3} При отсутствии внутренних стенок $\alpha = 5^\circ$.

3. Радиусы закруглений, мм, наружных и внутренних углов поковок в зависимости от высоты ребра



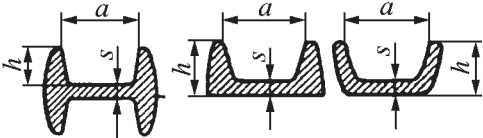
Высота ребра h , мм				Алюминиевые и магниевые сплавы	Титановые и медные сплавы, жаропрочные стали и сплавы	Алюминиевые, медные и магниевые сплавы	Титановые сплавы, жаропрочные стали и сплавы	Все сплавы
				R		R_1		R_2
До	5			3	3	1,5	1,5	5
Св.	5	до	10	4	4	1,5	1,5	5
»	10	»	16	5	5	2	1,5	8
»	16	»	25	8	6	2,5	2	10
»	25	»	35	10	8	3	2,5	12,5
»	35	»	50	12,5	10	4	3	15
»	50	»	70	15	12,5	5,5	4	20
»	70	»	100	20	15	7	6	25

4. Толщины, мм, полостей в зависимости от площади проекции поковки на плоскость разреза штампа



Площадь проекции поковки на плоскость разреза штампа, см ²				Титановые сплавы и жаропрочные стали и сплавы		Алюминиевые и медные сплавы		Магниевые сплавы	
				s	s_1	s	s_1	s	s_1
До	25			1,5	2	1,5	2	1,5	2
Св.	25	до	80	2,5	3	2	2,5	2,5	3,5
»	80	»	160	3,5	4	2,5	3	3,5	4
»	160	»	250	4,5	5	3	3,5	4	5
»	250	»	500	5	6	4	4,5	5	6
»	500	»	850	6	8	5	5,5	6	8
»	850	»	1180	8	10	5,5	6,5	7,5	10
»	1180	»	2000	10	12	7	8	9	12

5. Предельные значения, мм, расстояний между ребрами a_{max} и a_{min}



Высота ребра h , мм	Титановые сплавы и жаропрочные стали и сплавы		Алюминиевые и медные сплавы		Магнйевые сплавы	
	a_{min}	a_{max}	a_{min}	a_{max}	a_{min}	a_{max}
5...10	12	30 s	10	35 s	12	30 s
Св. 10 до 18	20	30 s	15	35 s	20	30 s
» 18 » 25	30	25 s	25	30 s	30	25 s
» 25 » 35,5	40	25 s	35	30 s	50	25 s
» 35,5 » 50	60	20 s	50	25 s	70	20 s
» 50 » 71	80	20 s	65	25 s	100	20 s
» 71 » 100	—	20 s	80	25 s	—	20 s

при предельной температуре в целях максимального растворения избыточной фазы и достижения максимальной пластичности металла. Для достижения этого заготовка должна «полежать» в печи;

— применение смазок и выполнение фигуры штампа с чистой гладкой поверхностью ($Ra < 0,63...0,160$ мкм).

При горячей объемной штамповке заготовок из инструментальных, высоколегированных жаропрочных сталей и титановых сплавов применяют водно-графитовые смазки, сульфит-

но-спирговую барду, соляной раствор с добавлением селитры и масляные смазки.

Также при объемной штамповке и штамповке выдавливанием поковок из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей, титановых и никелевых сплавов широкое применение нашли стеклосмазки (табл. 6) и стеклоэмали, для которых характерны высокие антифрикционные и теплоизолирующие свойства.

Для коррозионно-стойких сталей рекомендуется эмаль ЭВТ-100, для жа-

6. Стеклосмазки, рекомендуемые для различных операций штамповки

Смазка	Обрабатываемый сплав	Операция	Температура обработки, °C
123, 124	ХН35ВТЮ	Объемная безоблойная штамповка, I и II переходы	1000...1100
209+104а*	ХН62МВКЮ	Объемная безоблойная штамповка, I и II переходы	1050...1180
209 +124а*	ХН77ТЮР	Безоблойная штамповка выдавливанием	1000...1150
176а	ВТ1-1	Объемная облойная штамповка	850...1000
209	ВТ3-1	Штамповка выдавливанием	900...1000
252	ВТ3-1	Объемная облойная штамповка	800...980

* Смесь с соотношением 1:1.

7. Физические свойства стеклянных смазок

Номер стеклянной смазки	Вязкость при 1800 °С, Па·с	Теплопроводность, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	Теплоемкость, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
271	4,3	1,1304	0,7231
209	22,6	1,0467	0,8022
287	50	1,2979	0,8196
10пб	120	1,0467	0,8361
124	650	0,9630	0,8307
19п8	1900	1,0467	0,8290
224—18	20 000	1,0886	0,8558

ропрочных никелевых сталей — ЭВТ-52, ЭВТ-1.1-13, ЭВТ-53. Для тугоплавких сплавов при 1100...1200 °С — ЭВТ-37, а при 1400...1500 °С — ЭВТ-69.

В табл. 7 приведены свойства некоторых стеклянных смазок, применяемых при штамповке жаропрочных сталей и сплавов.

Стеклянные смазки можно наносить методом окунания заготовки в расплав, обкатыванием заготовки по слою порошка, напыления на поверхность заготовки слоя суспензии порошкообразного стекла с последующим просушиванием заготовок.

При горячей объемной штамповке легких сплавов рекомендуют термостойкие эмали К-1, К-2, АЭ-8 на основе кремнийорганических смол с добавлением акриловой смолы, этилцеллюлозы и термостойких пигментов. Используют также церезин, мыльные эмульсии, технический воск, животный жир и его смесь с олеиновой кислотой (1:1).

Пластичность жаропрочных сталей и сплавов при горячей объемной штамповке существенно повышается, если штамповку осуществляют в закрытых штампах, горячим выдавливанием (см. табл. 1), в том числе с применением противодавления деформированию в пластической оболочке.

При горячей пластической деформации σ_T жаропрочных высоколегиро-

ванных сталей и сплавов в 2—5 раз выше, чем σ_T легированных конструкционных сталей. Поэтому оборудование (КГШП), применяемое при их штамповке, должно иметь запас по силе и мощности. По этой же причине сложные поковки, имеющие большой облой, целесообразно штамповать на молоте.

Однако при штамповке на молоте за несколько ударов у поковок из высоколегированных жаропрочных сталей и сплавов, в зонах затрудненной деформации, из-за неоднократных критических деформаций создаются условия для роста зерен больших размеров. Это недопустимо, так как образование в поковке такой структуры сопровождается резким снижением прочностных и пластических свойств. Поэтому необходимо правильно распределять деформации по переходам (не менее 20 % за переход).

Из-за низкой стойкости обрезных матриц, обрезку облоя на поковках из жаропрочных сплавов (в особенности на осесимметричных поковках) часто осуществляют на станках, а не в штампах.

Штамповка цветных металлов и сплавов имеет ряд специфических особенностей, отличающих ее технологию от технологии штамповки сталей и жаропрочных сплавов.

Наибольшее распространение в промышленности получили алюминиевые, магниевые, медные и титановые сплавы.

Свойства цветных сплавов и интервалы ковочных температур указаны в первом томе (см. т. 1, гл. 1—3, 5 и 13).

Исходным материалом для производства поковок и штамповок из сплавов цветных металлов служат прессованные, катаные и кованые полуфабрикаты. Предпочтительно применять катаные прутки, затем прессованные и в последнюю очередь кованые. Катаные прутки по сравнению с прессованными и коваными имеют лучшую поверхность и более однородные структуру и механические свойства.

Исходные материалы режут на заготовки на дисковых пилах, токарно-отрезных станках, механических ножовках и быстроходных горизонтально-фрезерных станках, специально для этого приспособленных. Резка на пресс-ножницах не допускается в связи с возможностью образования у мест среза микротрещин, которые при дальнейшем деформировании могут привести к значительным дефектам.

Для резки заготовок из титановых сплавов, кроме указанного выше оборудования, применяются анодно-механические и абразивные станки. Рубку на молотах и прессах предварительно деформированных заготовок из титана производят только в горячем состоянии и при условии, что заготовки должны подвергаться дальнейшей обработке давлением.

У заготовок из всех сплавов перед штамповкой желательно снять фаски.

Припуски на поковки цветных сплавов устанавливают в зависимости от марки материала, наибольшего габаритного размера и шероховатости поверхности поковки (табл. 8). Допуски на вертикальные размеры поковок в зависимости от площади проекции

поковки на плоскость разреза штампа приведены в табл. 9. Допуски на горизонтальные размеры и коробление поковок в зависимости от размеров поковок даны в табл. 10.

Значения припусков и допусков, назначаемых на поковки из цветных сплавов, незначительно отличаются от аналогичных величин, рекомендуемых для стальных поковок тех же размеров и назначаемых по ГОСТ 7505—89. При этом для алюминиевых, медных и магниевых сплавов, у которых окарины практически нет, следует ориентироваться на припуски и допуски стальных поковок тех же размеров, получаемых в закрытых штампах. У титана, особенно если нагрев производится не в аргоне, а смазки обычные на графитовой основе, толщина альфированного слоя будет увеличенной. Поэтому для титана следует назначать припуски и допуски как на стальные поковки, получаемые в открытых штампах.

Штамповку алюминиевых сплавов проводят на молотах, кривошипных горячештамповочных, гидравлических и фрикционных прессах. Реже для штамповки алюминиевых сплавов используют горизонтально-ковочные машины.

Мелкие и средние поковки штампуют на кривошипных прессах, а крупные на гидравлических прессах. Крупные поковки могут изготавливаться и на молотах. На молотах целесообразно также штамповать поковки с вытянутой осью и переменными сечениями вдоль оси.

Технический алюминий имеет высокую пластичность. Его можно деформировать холодной и горячей штамповкой. Изменение скорости деформации не вызывает значительного понижения пластичности алюминия. Технический алюминий подвергают штамповке на прессах и молотах преимущественно в открытых штампах.

8. Припуск на обработку резанием (припуск на сторону, мм)

Наибольший габарит- ный размер штамповки, мм				Алюминиевые, магниевые и медные сплавы			Титановые сплавы		
				Параметр шероховатость поверхности					
				Rz 80...10	Ra 2,5...0,63	До Ra 0,63	Rz 80...10	Ra 2,5...0,63	До Ra 0,63
До 40				0,80	1,25	1,50	1,00	1,50	1,75
Св.	40	до	60	1,00	1,50	1,75	1,25	1,75	2,00
»	60	»	100	1,25	1,75	2,00	1,50	2,00	2,25
»	100	»	160	1,50	2,00	2,25	1,75	2,25	2,50
»	160	»	250	1,75	2,25	2,50	2,00	2,50	2,75
»	250	»	360	2,00	2,50	3,00	2,25	2,75	3,25
»	360	»	500	2,25	2,75	3,25	2,50	3,00	3,50
»	500	»	630	2,50	3,00	3,50	2,75	3,25	3,75
»	630	»	800	2,75	3,50	4,00	3,00	3,75	4,25
»	800	»	1000	3,00	4,00	4,50	3,50	4,50	5,00
»	1000	»	1250	3,50	4,50	5,00	4,00	5,00	5,50
»	1250	»	1600	4,00	5,00	5,50	4,50	5,50	6,00
»	1600	»	2000	4,50	5,50	6,25	5,25	6,25	7,00
»	2000	»	2500	5,25	6,25	7,00	6,00	7,00	7,75
»	2500	»	3150	6,00	7,00	8,00	7,00	8,00	9,00
»	3150	»	4000	7,00	8,00	9,00	8,00	9,00	10,00
»	4000	»	5000	8,00	9,00	10,00	9,00	10,00	11,00
»	5000	»	6300	9,00	10,00	11,00	10,00	11,00	12,00
»	6300	»	8000	10,00	11,00	12,00	11,00	12,00	13,00

Алюминиевые сплавы мягкие (АВ, АМц, АМг1, АМг2, АД31, АД33 и др.) и средней прочности (Д1, АК2, АК4, АК6, ВД17, АМг6 и др.) имеют хорошую пластичность. Их можно обрабатывать давлением при самых жестких (осадка со свободным уширением) схемах деформации.

Алюминиевые сплавы высокой прочности (В93, В95, В96, АК3, ВАД23 и др.) имеют пониженную пластичность по сравнению со сплавами других групп. Эти сплавы штампуют при более мягких напряженно-деформированных состояниях (в закрытых штампах), преимущественно на гидравлических и кривошипных прессах. Обра-

ботка сплавов с такой скоростью деформирования при соблюдении установленных параметров горячей штамповки (см. т. 1, гл. 1) не переводит их в хрупкое состояние.

Хрупкие алюминиевые сплавы типа сплавов системы алюминий—бериллий и спеченные сплавы (САП) штампуют с применением пластичных оболочек.

Штамповку алюминиевых сплавов целесообразно проводить в подогретых штампах. Температура штампов при изготовлении поковок на молотах и КГШП равна 150...350 °С, а при изготовлении на гидравлических прессах — 350...450 °С.

9. Допуски на вертикальные (перпендикулярные плоскости разбема) размеры штампованных заготовок (двусторонний износ)

Площадь проекции штампованной заготовки на плоскость разбема штампа, см ²		Степень точности											
		Отклонения, мм, для штамповок											
		из алюминиевых, магниевых и медных сплавов						из титановых сплавов					
		верхн.		нижн.		верхн.		нижн.		верхн.		нижн.	
3	4	5	3	4	5	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.
Св.	До	+0,2	-0,1	+0,3	-0,15	+0,5	-0,2	+0,3	-0,15	+0,4	-0,2	+0,6	-0,3
6,0	до	+0,25	-0,12	+0,35	-0,2	+0,6	-0,3	+0,35	-0,15	+0,5	-0,2	+0,7	-0,3
»	10	+0,3	-0,15	+0,4	-0,2	+0,7	-0,3	+0,4	-0,2	+0,6	-0,3	+0,8	-0,4
»	16	+0,35	-0,15	+0,5	-0,3	+0,8	-0,4	+0,45	-0,2	+0,7	-0,3	+1,0	-0,5
»	25	+0,4	-0,2	+0,6	-0,3	+1,0	-0,5	+0,5	-0,3	+0,8	-0,4	+1,2	-0,6
»	40	+0,5	-0,3	+0,8	-0,4	+1,2	-0,6	+0,6	-0,3	+1,0	-0,5	+1,5	-0,8
»	80	+0,6	-0,3	+1,0	-0,5	+1,5	-0,7	+0,8	-0,4	+1,2	-0,6	+2,0	-1,0
»	160	+0,8	-0,4	+1,2	-0,5	+2,0	-0,8	+1,0	-0,5	+1,5	-0,7	+2,5	-1,2
»	320	+1,0	-0,5	+1,5	-0,6	+2,5	-1,0	+1,2	-0,6	+1,8	-0,8	+3,0	-1,5
»	480	+1,2	-0,6	+1,8	-0,7	+3,0	-1,2	+1,5	-0,8	+2,2	-1,0	+3,5	-1,8
»	800	+1,4	-0,7	+2,1	-0,8	+3,5	-1,5	+1,8	-0,9	+2,6	-1,2	+4,0	-2,0
»	1250	+1,6	-0,8	+2,4	-1,0	+4,0	-1,8	+2,1	-1,0	+3,0	-1,4	+4,5	-2,5
»	1700	+1,8	-0,9	+2,8	-1,2	+4,5	-2,0	+2,4	-1,2	+3,5	-1,6	+5,0	-3,0
»	2240	+2,1	-1,0	+3,2	-1,4	+5,0	-2,2						
»	3000	+2,4	-1,2	+3,6	-1,6	+5,5	-2,5						
»	4000	+2,7	-1,3	+4,0	-1,8	+6,0	-2,8						
»	5300	+2,9	-1,4	+4,3	-1,9	+6,5	-3,0						
»	6300	+3,2	-1,6	+4,8	-2,2	+7,1	-3,2						
»	8000	+3,6	-1,8	+5,3	-2,4	+7,7	-3,5						
»	10 000	+3,9	-1,9	+5,8	-2,7	+8,4	-3,8						
»	12 500	+4,3	-2,1	+6,4	-3,0	+9,2	-4,2						
»	16 000	+4,8	-2,4	+7,1	-3,3	+10,0	-4,5						
»	20 000	+5,3	-2,6	+7,8	-3,7	+11,0	-5,0						

10. Допуски на горизонтальные (параллельные плоскости разреза) размеры штампованных заготовок (двусторонний износ)

Размер штампованной заготовки, мм		Степень точности											
		3		4		5		3		4		5	
		Отклонения, мм, для штамповок											
		из алюминиевых, магниевых и медных сплавов					из титановых сплавов						
		верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.	верхн.	нижн.
Св.	До	+0,3	-0,15	+0,4	-0,2	+0,5	-0,3	+0,4	-0,2	+0,5	-0,3	+0,7	-0,4
	6 до	+0,4	-0,2	+0,5	-0,25	+0,6	-0,4	+0,5	-0,3	+0,6	-0,3	+0,8	-0,4
	25 »	+0,5	-0,25	+0,6	-0,35	+0,7	-0,45	+0,6	-0,3	+0,8	-0,4	+1,0	-0,5
	40 »	+0,6	-0,3	+0,8	-0,4	+0,9	-0,6	+0,8	-0,4	+1,0	-0,5	+1,2	-0,8
	60 »	+0,8	-0,4	+1,0	-0,6	+1,2	-0,8	+1,0	-0,6	+1,2	-0,8	+1,5	-1,0
	100 »	+1,0	-0,6	+1,2	-0,8	+1,5	-1,0	+1,2	-0,8	+1,5	-1,0	+1,8	-1,2
	160 »	+1,2	-0,8	+1,5	-1,0	+2,0	-1,2	+1,5	-1,0	+1,8	-1,2	+2,1	-1,5
	250 »	+1,5	-1,0	+1,8	-1,2	+2,5	-1,5	+1,8	-1,2	+2,1	-1,5	+2,5	-1,8
	360 »	+1,8	-1,2	+2,1	-1,5	+3,0	-2,0	+2,1	-1,5	+2,5	-2,0	+3,0	-2,2
	500 »	+2,1	-1,4	+2,4	-1,8	+3,5	-2,2	+2,4	-1,8	+3,0	-2,0	+3,5	-2,5
	630 »	+2,4	-1,6	+2,7	-2,0	+4,0	-2,5	+2,7	-2,1	+3,3	-2,5	+4,0	-3,0
	800 »	+2,7	-1,8	+3,0	-2,4	+4,5	-3,0	+3,1	-2,4	+4,0	-3,0	+4,5	-3,5
	1000 »	+3,0	-2,0	+3,5	-2,8	+5,0	-3,5	+3,5	-2,8	+4,5	-3,5	+5,0	-4,0
	1250 »	+3,3	-2,3	+4,0	-3,2	+5,5	-4,0			+5,0	-4,0	+6,0	-5,0
	1600 »	+3,6	-2,6	+4,5	-3,6	+6,0	-4,5			+5,5	-4,5	+7,0	-6,0
	2000 »	+4,0	-3,0	+5,0	-4,0	+6,5	-5,0			+6,0	-5,0	+8,0	-7,0
2500 »	+4,5	-3,3	+5,9	-4,5	+7,6	-5,8							
3150 »	+5,0	-3,7	+6,7	-5,2	+8,6	-6,7							
4000 »	+5,6	-4,2	+7,5	-5,9	+9,7	-7,6							
5000 »	+6,2	-4,8	+8,4	-6,7	+10,9	-9,7							
6300 »	+6,9	-5,4	+9,5	-7,6	+12,4	-10,0							

На структуру и свойства поковок существенное влияние оказывает изменение технологических параметров. По данным [8] изменение температуры начала деформирования с 400 до 450 °С не оказывает существенного влияния на механические свойства поковок из сплавов АК6 и АК8. Дальнейшее ее повышение до 470 °С приводит к понижению прочностных характеристик сплава АК8 на 23,5 МПа.

Понижение температуры конца деформирования с 400 до 350...300 °С приводит к снижению прочностных характеристик поковок из сплавов АК6 и АК8 на 23...29 МПа вследствие образования крупнозернистой структуры. При изготовлении поковок с тонкими ребрами и полотном, а также лопастей с тонким пером важное значение имеет температура штампа.

Характер макроструктуры лопастей из сплава Д1 определяется температурой металла, замеренной сразу после окончания деформирования в самой тонкой части лопасти до выемки ее из штампа. Чем выше температура, тем меньше вероятность образования крупнокристаллической структуры и выше значения прочностных характеристик.

Если температура металла непосредственно после штамповки выше 400 °С, то в лопастях по всей длине наблюдается только мелкозернистая структура, обеспечивающая наиболее высокие прочностные характеристики готовых лопастей и повышенное сопротивление усталости.

Зависимости влияния температурных режимов деформирования на структуру и свойства поковок из сплавов АК6 и АК8 аналогичны полученным для сплава Д1.

Для предотвращения коробления тонкостенных поковок сложной конфигурации при закалке применяют в качестве охлаждающей среды воду

температурой 80...100 °С. Так, поковки из сплава АК4-1 с толщиной стенки до 80 мм закаливают в кипящей воде, из сплава АК6 с толщиной стенки до 30 мм — в воде температурой 90 °С, а из сплава АК8 с толщиной стенки до 30 мм — в воде температурой 80 °С.

У поковок из сплава АК4-1, охлажденных с температуры закалки в кипящей воде, значения временного сопротивления, ударной вязкости и твердости практически не изменяются по сравнению со свойствами после обычной закалки в холодную воду. Предел текучести более чувствителен к изменению скорости охлаждения при закалке. Закалка в кипящую воду снижает предел текучести на 32 МПа и повышает относительное удлинение на 1 % по сравнению с закалкой в холодную воду. Для получения при закалке в кипящую воду такого же уровня значений предела текучести и относительного удлинения, как при обычной закалке в холодную воду, необходимо повышение температуры искусственного старения у сплава АК4-1 на 5...10 °С по сравнению с обычной.

На структуру и свойства поковок существенное влияние оказывает температура прессования прутков. Прутки, отпрессованные при низких температурах, не позволяют получить мелкозернистую структуру и высокие прочностные свойства в поковках.

Для нагрева заготовок из алюминиевого сплава в мелкосерийном производстве используют камерные печи, а в крупносерийном и массовом — автоматизированные печи с непрерывной загрузкой. Наибольшее применение нашли электрические печи сопротивления камерного типа с размерами рабочей камеры, мм: ПН-12 — 460×900, ПН-13 — 600×1300 и ПН-15 — 900×1800.

Для нагрева под штамповку мерных заготовок из цветных металлов ис-

пользуют также и электропечи карусельного типа САО-21-11-3/5 исполнения М-02 (максимальная температура нагрева — до 500 °С, диаметр рабочей камеры 880 мм).

При температуре нагрева алюминиевых заготовок под штамповку они еще не «светятся» и трудно различить горячие и холодные заготовки. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы холодная заготовка не попала в штамп.

При соблюдении термических режимов штамповки сплавов можно обеспечить однородную структуру и достаточно высокие механические свойства в поковках. Критические деформации в соответствии с диаграммами рекристаллизации алюминиевых сплавов составляют 12...15 %. Наиболее высокие механические свойства и наименьшую анизотропию свойств алюминиевые сплавы получают при общей деформации 65...75 %. Поэтому штамповку сплавов необходимо проводить с обжимом заготовки за каждый ход машины или более 15...20 %, или менее 4 %.

При изготовлении сложной поковки штамповку необходимо осуществлять за несколько переходов с применением заготовительных ручьев в целях получения равномерной деформации по всему объему.

Алюминиевые сплавы после штамповки очень пластичные, поэтому горячую поковку, чтобы не повредить ее, следует класть осторожно.

При штамповке поковок в открытых штампах обрезку облоя и прошивку перемычек толщиной до 6 мм следует проводить в холодном состоянии, за исключением поковок из сплавов АМг6, АМг7, В95 и САП. У поковок из сплавов АМг6 и В95 с облоем толщиной более 6 мм обрезку облоя выполняют при температуре 250...300 °С, а у поковок из САП — при температуре 400...500 °С.

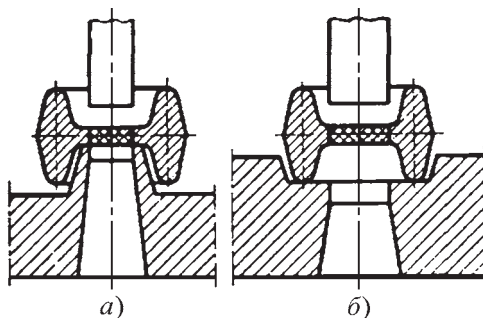


Рис. 1. Прошивка отверстий

Прошивку отверстий в поковках часто производят режущим пуансоном (рис. 1, а), когда прошиваемое место опирается на матрицу в отличие от стальных поковок, где прошивка производится преимущественно толкающим пуансоном (рис. 1, б).

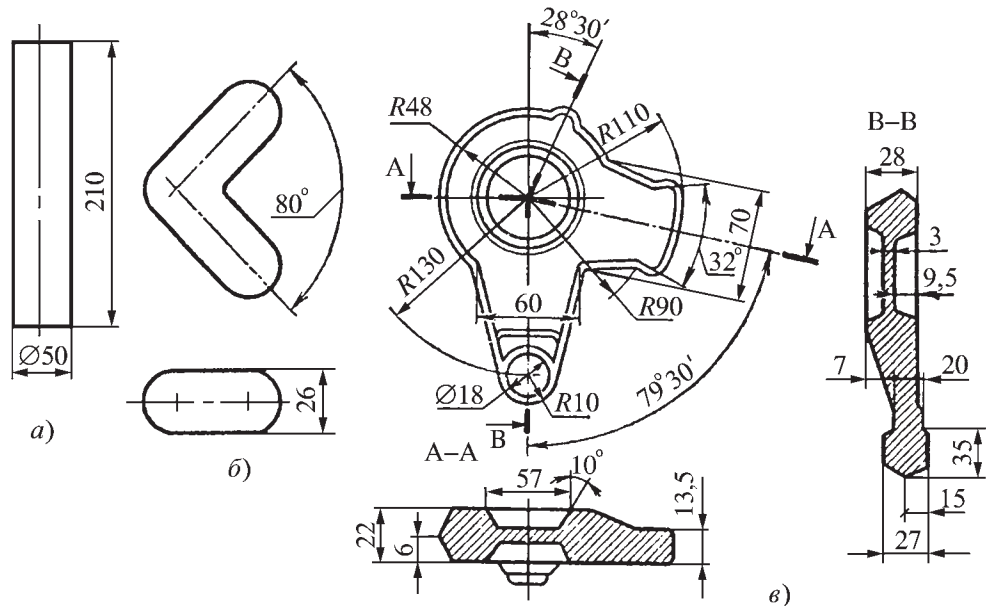
Место заусенца на поковках после обрезки облоя часто приходится зачищать.

Способность алюминиевых сплавов при деформировании «привариваться» к поверхности ручья штампа вызывает необходимость применять в качестве смазок технический воск, масло «Валор-Т», индустриальное масло с добавлением 30...40 % чешуйчатого графита.

При штамповке сложных поковок не рекомендуется использовать в качестве смазки смесь масла с графитом, так как графит удаляется с поверхности поковок из алюминия с большими трудностями. Кроме того, скапливание этой смеси в глубоких полостях ручьев не позволяет полностью их заполнить и правильно оформить контур поковки. При изготовлении поковок на высокоскоростных машинах рекомендуется применять смесь животного жира с олеиновой кислотой в пропорции 1:1.

В табл. 11 приведен типовой технологический процесс штамповки на кривошипных прессах поковок из алюминиевого сплава АК6.

11. Типовой технологический процесс штамповки на кривошипном прессе поковки типа качалки из алюминиевого сплава АК6



Операция	Температурный режим			Оборудование, инструмент
	Продолжительность нагрева, ч	Температура заготовки, °С		
		в начале операции	в конце операции	
Резка мерных заготовок Ø50×(210±1) (эскиз <i>а</i>)	—	—	—	Дисковая пила
Нагрев заготовок	Выдержка при 460 °С 50 мин	—	—	Карусельная печь
Гибка заготовок под углом 80°, расплющивание до высоты 24... 26 мм (эскиз <i>б</i>)	—	460	350	Экцентриковый пресс 0,25 МН (250 тс)
Охлаждение, зачистка дефектов, контроль		—	—	—
Нагрев заготовок	—	460	—	Карусельная печь
Штамповка в окончательном ручье (эскиз <i>в</i>)	—	460	350	КГШП с силой прессования 2,5 МН (2500 тс)
Охлаждение		—	—	—
Обрезка облоя	—	—	—	Пресс с силой прессования 0,25 МН

Окончание табл. 11

Операция	Температурный режим			Оборудование, инструмент
	Продолжитель- ность нагрева, ч	Температура заготовки, °С		
		в начале операции	в конце операции	
Термическая обработка	—	—	—	Камерная печь
Травление	—	—	—	Травильная ван- на
Зачистка дефектов, окончатель- ный контроль, клеймение	—	—	—	—

Примечания: 1 Штамповочные уклоны равны 7°.

2. Допускаемое смещение поковки в плоскости разреза не должно быть более 0,5 мм.

3. Допускаемая глубина наружных дефектов на обрабатываемых поверхностях поковок не должна превышать половины припуска на обработку резанием.

4. Заготовки охлаждают на воздухе.

Магниевого сплавы, подвергаемые штамповке, подразделяют на четыре группы (см. т. 1, гл. 1).

При разработке технологического процесса объемной штамповки поковок из магниевых сплавов следует учитывать резко выраженную анизотропию свойств поковок и ограниченное число плоскостей скольжения в гексагональной кристаллической решетке магния при температурах до 225 °С. При более высоких температурах появляются новые плоскости и направления скольжения, что объясняет возрастание пластичности магниевых сплавов при повышении температуры до 250 °С. При объемной штамповке поковок из магниевых сплавов рекомендуется использовать прессованную заготовку. Конструирование поковок из магниевых сплавов необходимо выполнять по рекомендациям, приведенным в начале главы.

Заготовки из магниевых сплавов нагревают в таких же электрических печах, как и заготовки из алюминиевых сплавов. Наибольшая масса одновременно загружаемых в печь заготовок из магниевых сплавов будет не-сколь ко меньше, чем масса одновре-

менно загружаемых заготовок из алюминиевых сплавов, так как объемная масса магниевых сплавов меньше объемной массы алюминиевых сплавов.

Температурные интервалы штамповки магниевых сплавов указаны в гл. 1 т. 1.

К особенностям нагрева магниевых сплавов следует отнести взрывоопасность магниевой пыли и мелких стружек, поэтому необходимо очищать поверхности заготовок перед загрузкой их в печь. Недопустимо наличие в печи, где будут нагреваться магниевые сплавы, стальных заготовок, обрубков или окалины.

Следует учитывать, что увеличение длительности выдержки при нагреве магниевых сплавов свыше необходимой приводит к заметному снижению механических свойств поковок. Поэтому при нагреве заготовок из магниевых сплавов МА3 и МА5 при перерывах в работе до 4 ч, а сплава ВМ65-1 — до 2 ч, температуру печи надо снизить до нижнего предела, установленного для каждого из рассматриваемых сплавов. Заготовки же должны оставаться в печи. При перерывах свыше 4 ч для сплавов МА2, МА3 и

МА5 и свыше 2 ч для сплава ВМ65-1 заготовки надо выгрузить из печи. При возобновлении работы находящиеся в печи заготовки должны быть нагреты до верхнего предела температуры деформирования.

Штамповку магниевых сплавов проводят на гидравлических и механических прессах, а также на штамповочных молотах. Некоторые сплавы, например МА2, МА3 и МА14, рекомендуется штамповать на молотах при небольших степенях деформации.

В соответствии с диаграммой рекристаллизации магниевых сплавов критические деформации этих сплавов составляют 8...10 %. Поэтому штамповку сплавов необходимо проводить с деформацией за каждый ход машины не менее 15 %.

На пластичность магниевых сплавов большое влияние оказывает скорость деформирования. При обработке на молоте со скоростью 6...8 м/с большинство магниевых сплавов деформируется с ограниченной степенью деформации (40...60 %). Если же магниевые сплавы деформировать со скоростью 0,3...0,7 м/с, пластичность сплава резко повышается, и сплавы можно деформировать со степенью деформации 70...80 %. Некоторые магниевые сплавы, например МА1 и МА8, менее чувствительны к скорости деформирования по сравнению со сплавами МА2, МА3, МА5 и МА14, которые необходимо штамповать на прессах с малой скоростью.

В целях улучшения механических свойств поковок рекомендуется осуществлять полугорячую нагартовку (доштамповку) на молотах при 230...250 °С и степенях деформации 10...15 %. Такая нагартовка приводит к образованию однородной структуры, а следовательно, и повышению механических свойств сплава.

Для повышения текучести сплава и лучшего заполнения полостей штампа

штамповку проводят при температурах, соответствующих верхнему пределу интервала штамповки каждого сплава. Для создания условий, обеспечивающих наибольшую пластичность, штамповку выполняют в закрытых (безоблойных) штампах. В табл. 12 приведен типовой технологический процесс штамповки поковок из сплава МА5 на гидравлическом прессе.

Медь и медные сплавы подразделяют на три группы (см. т. 1, гл. 1).

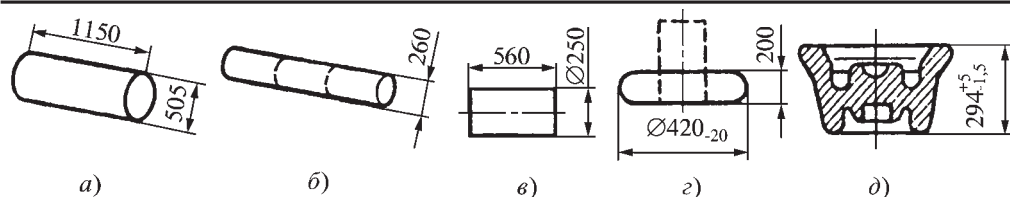
При объемной штамповке медь М1, М2 и М3 наиболее пластична при температурах 950...900 °С. При более высокой начальной и более низкой конечной температурах штамповки медь становится хрупкой. В соответствии с диаграммами рекристаллизации у медных сплавов в зоне критических деформаций, составляющих 10...15 %, наблюдается резкий рост зерна. Поэтому при объемной штамповке за каждый ход пресса степень деформации заготовки из меди и медных сплавов должна превышать 15 %.

Узкий интервал температур штамповки меди и медных сплавов обусловливает необходимость деформирования с наименьшим числом операций, т.е. закрытыми методами, которые вызывают рост напряжений. С учетом напряженного состояния металла и скорости деформации рекомендуется проводить штамповку преимущественно на кривошипных и фрикционных прессах.

Конструирование горячештампованных поковок с назначением припусков, допусков, напусков, штамповочных уклонов и выбором других конструктивных элементов следует проводить по рекомендациям, приведенным в начале главы.

Бронза БрАЖ9-4 является типичным представителем бронз. Эта бронза имеет наиболее высокую пластичность при 850 °С, а интервал температур штамповки

12. Типовой технологический процесс штамповки на гидравлическом прессе поковок из сплава МА5



Операция	Температурный режим			Оборудование, инструмент
	Время нагрева, ч	Температура заготовки, °С		
		в начале операции	в конце операции	
Гомогенизация слитка (эскиз <i>а</i>):				
I ступень	6	350...370		Колодезные печи
II ступень	6	380...400		То же
Нагрев под прессование	5	300...400		Электродпечь
Прессование (коэффициент вытяжки равен четырем) (эскиз <i>б</i>)		330	300	Горизонтальный пресс контейнер Ø540 мм, матрица Ø262 мм
Отрезка мерных заготовок	—	—	—	Дисковая пила
Обточка заготовки с диаметра (260±2) мм на диаметр (250±1) мм (эскиз <i>в</i>)	—	—	—	Токарный станок
Нагрев под ковку	2,5	350...380		Электродпечь
Осадка (степень деформации 65 %) (эскиз <i>г</i>)	—	380	300	Вертикальный пресс
Зачистка дефектов	—	—	—	Бормашина
Нагрев под штамповку	1,5	350...380		Электродпечь
Предварительная штамповка		380	300	Вертикальный пресс, предварительный штамп
Обрезка облоя	—	—	—	Ленточная пила
Травление и зачистка дефектов		—	—	Травильная ванна и бормашина
Нагрев	1,0	320...350		Электродпечь
Окончательная штамповка (эскиз <i>д</i>)	—	350	300	Вертикальный пресс, окончательный штамп
Обрезка облоя	—	—	—	Ленточная пила
Термообработка (старение)	24	185±5		Электродпечь старения
Травление, зачистка дефектов, окси- дирование	—	—	—	Ванна
Контроль и сдача	—	—	—	—

сплава составляет 800...900 °С. В этом интервале температур металл находится в однофазном состоянии. При более высокой температуре происходит резкое понижение пластичности из-за роста в бронзе кристаллитов β -фазы и ослабления прочности кристаллитов. При 650...700 °С пластичность бронзы БрАЖ9-4 также резко снижается из-за образования зон хрупкости.

В подгруппе латуней для Л68 оптимальными температурами горячей объемной штамповки являются 700...830 °С. Наибольшая пластичность сплава при этих температурах связана с фазовым составом — две ($\alpha+\beta$)-фазы или только одна β -фаза. Эти фазы обладают достаточно высоким запасом пластичности.

С повышением температуры штамповки происходит понижение пластичности из-за активного роста кристаллитов β -фазы с одновременным ослаблением их прочности. С понижением температуры до 450 °С и ниже в латунях образуется малопластичная фаза β' , поэтому их пластичность резко понижается. Кроме того, деформация при таких температурах приводит к значительному возрастанию сопротивления деформированию.

Критическая степень деформации, соответствующая процессу образования крупнозернистой структуры при рекристаллизации латуней, составляет

10...15 %. Рекристаллизация сплава с образованием мелкого зерна происходит при штамповке в области 750...850 °С с закритическими степенями деформации, превышающими 15 % за каждый ход машины.

Нагрев сплавов на медной основе производят как в пламенных, так и в электрических (предпочтительнее) печах. Но наиболее желательным является индукционный нагрев, который распространен пока недостаточно.

Медные сплавы имеют узкий ковочных интервал температур и высокую теплопроводность. Поэтому на конечной стадии процесса заготовка может терять пластичность. Для избежания этого штампы подогревают до 300...500 °С.

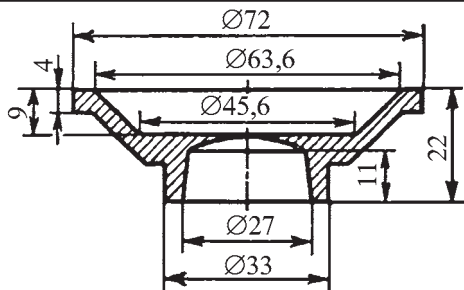
Поковки из медных сплавов обычно обрезают в холодную. Чтобы избежать трещин при обрезке, последующую термообработку латунных штамповок в некоторых случаях проводят вместе с облоем.

В табл. 13 приведены примеры типового технологического процесса штамповки поковок из латуни ЛС59-1.

Титановые сплавы по своей структуре условно подразделяют на четыре группы (см. т. 1, гл. 1).

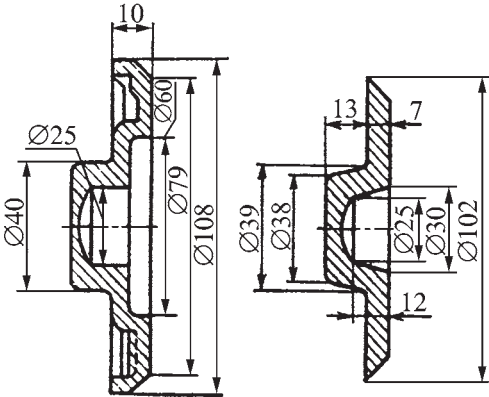
Горячей объемной штамповкой можно изготовить из титана изделия достаточно сложной формы. Параметры технологического процесса штамповки титановых

13. Типовой технологический процесс штамповки поковок типов «чашки» и «лимба» из сплава ЛС59-1 на винтовом прессе



Окончание табл. 13

Операция	Оборудование	Температура заготовки, °С	
		Начало	Конец
Отрезка мерной заготовки 60 ^{*1} ×79	Дисковая пила	—	
Нагрев заготовки	Печь	780	
Штамповка	Винтовой пресс	780	730
Отпуск	Печь	300	
Травление	Травильная ванна	—	
Контроль и передача на механическую обработку	Контрольный стол	—	



Операция	Оборудование	Температура заготовки, °С	
		Начало	Конец
Отрезка мерной заготовки 90 ^{*2} ×10	Дисковая пила	—	
Нагрев заготовки	Печь	780	
Предварительная штамповка	Винтовой пресс	780	730
Подогрев	Печь	780	
Окончательная штамповка	Винтовой пресс	780	730
Пробивка центрального отверстия ^{*3}	Обрезной пресс	—	—
Отпуск	Печь	300	
Травление	Травильная ванна	—	
Контроль и передача на механическую обработку	Контрольный стол	—	

^{*1} При отсутствии прутка Ø60 мм заготовку можно отрезать от прутка меньшего диаметра и осадить ее до Ø60 мм.

^{*2} При отсутствии прутка Ø90 мм заготовку можно отрезать от прутка Ø50 мм с последующей ее осадкой до Ø90 мм.

^{*3} Операция вводится для облегчения обработки резанием.

сплавов близки к параметрам технологического процесса обработки стали.

Основными параметрами, которые определяют характер макро- и микроструктур титана и его сплавов, являются температура нагрева, степень и скорость деформации.

При нагреве титановых сплавов перед штамповкой до 400...500 °С и более на поверхности заготовки вследствие проникновения в металл газов (кислорода, азота и водорода) образуется оксидная (насыщенная) пленка или альфированный слой, который существенно снижает пластичность сплава.

Кроме ухудшения механических свойств поковки, альфированный слой работает как абразив, повышая износ штампов.

При изготовлении деталей ответственного назначения (диски, компрессорные лопатки и др.) из титановых сплавов с малыми припусками, нагрев заготовок под штамповку следует производить в печах с защитной атмосферой для исключения образования альфированного слоя.

Применение защитной среды в виде технического аргона предохраняет от образования значительной окалины и уменьшает толщину альфированного и переходного слоев. Однако полной защиты технический аргон не создает. Применение очищенного аргона является более эффективной защитой.

При нагреве заготовок из титановых сплавов необходимо обеспечивать минимальное время пребывания их при температуре свыше 800 °С, чтобы уменьшить толщину альфированного слоя. Максимально допустимое время пребывания в печи заготовок из титановых сплавов указано в табл. 14.

Нагрев цилиндрических заготовок лучше производить индукционным способом. Преимущество индукционного метода заключается в резком сокращении общего времени нагрева

14. Максимально допустимое время пребывания в печи заготовок из титановых сплавов

Толщина или диаметр заготовки, мм	Максимально допустимое время, мин
400...350	240
350...250	210
250...200	150
200...150	120
150...100	90
100...60	75
60...30	60
30...10	50

(примерно в 3—4 раза). При этом методе уменьшается толщина альфированного слоя, уменьшается опасность появления трещин при деформировании и повышаются прочностные характеристики деформированных полуфабрикатов.

Фасонные заготовки рекомендуются нагревать в электрических методических или двухкамерных печах.

Нагрев индукционным методом и в электрических печах производят в воздушной атмосфере. Печи должны быть оборудованы терморегуляторами. Температура в рабочем пространстве печи должна быть равномерной. Перепад температур в разных зонах электропечи не должен превышать 20 °С. Получает распространение нагрев в псевдооживленном слое сыпучих материалов.

Режимы штамповки задают исходя из технологических характеристик деформируемых сплавов с учетом температуры полного полиморфного превращения и рекристаллизации (табл. 15).

Верхний температурный предел интервала штамповки сплавов связан с опасностью образования альфированного слоя и крупнозернистой структуры металла, нижний — с уменьшением пластичности металла и повышением удельных сил деформирования.

15. Температурные интервалы штамповки титановых сплавов [1]

Марка сплава	Структура сплава	Температура штамповки, °С	
		на прессах и ГKM	на молотах
BT1-00	α	890...650	920...700
BT1-0		890...650	920...700
BT18		1020...900	1080...950
BT5		1020...850	1100...900
BT5-1		1020...850	1100...900
OT4-0	Псевдо- α	890...650	950...700
OT4-1		910...700	950...750
OT4		930...750	950...800
OT4-2		950...800	1020...900
BT4		970...800	980...850
BT20		1000...850	1020...900
BT3-1	$\alpha + \beta$	950...800	980...850
BT6		950...750	970...800
BT6с		940...750	960...800
BT8		980...800	1000...850
BT9		980...800	1000...850
BT14		1940...750	960...800
ВTK		840...700	860...750
BT22		840...750	900...800
BT23		870...750	880...750
BT25		990...850	1020...850
BT15	β	920...700	930...800
BT30		930...700	950...800

Примечание. Охлаждение титановых сплавов после штамповки осуществляется на воздухе, за исключением сплава BT22, который охлаждается в песке или с отключенной печью.

Титановые сплавы при горячей объемной штамповке деформируются крайне неравномерно, при этом образуется разнотернистая структура. Разнотернистость металла по сечению штампованной заготовки объясняется тем, что в заготовке наряду с зонами интенсивного течения металла образуются участки за-

трудненной деформации. В зонах интенсивной деформации при штамповке титановых сплавов может наблюдаться тепловой эффект, приводящий к повышению температуры заготовки и превышению температуры фазового превращения. В соседних участках затрудненной деформации создаются условия для образования крупнозернистой структуры.

Исключить условия местного перегрева металла в зонах интенсивной деформации можно снижением температуры нагрева заготовки перед штамповкой или снижением скорости деформации. Для получения однородной структуры и высоких механических свойств заготовку подвергают деформированию с оптимальными степенями деформации.

При деформациях, превышающих 85 %, на диаграммах рекристаллизации титановых сплавов наблюдается второй максимум, так как развивается процесс собирательной рекристаллизации. Поэтому деформация сплава при объемной штамповке за каждый ход машины должна быть больше критической, равной 15...20 %, но общая деформация не должна быть более 85...90 % (табл. 16).

Штамповку заготовок из титановых сплавов осуществляют в открытых штампах на паровоздушных (ПВШМ) и скоростных (ВСМ) штамповочных молотах, кривошипных горячештамповочных (КГШП), фрикционных (ФП), винтовых (ВП) и гидравлических (ГП) прессах. В том числе на установках изотермического деформирования (УИД). В табл. 17 приведены ориентировочные параметры поковок из титановых сплавов.

Меньшее распространение получила закрытая штамповка титановых сплавов, что вызвано необходимостью получения более точной исходной заготовки, ограниченной конфигурацией поковок, а также сравнительно меньшей стойкостью таких штампов. При изготовлении поковок на молотах вследствие много-

16. Допустимые и критические степени деформации титановых сплавов [1]

Марка сплава	Степень деформации, %						
	Оптимальная при осадке		Допустимая при штамповке			Критическая при штамповке	
	на прессе, ГKM	на молоте	на молоте, прессе	на высоко-скоростном молоте	выдавливанием на КГШП и винтовом прессе	на молоте, прессе	на высоко-скоростном молоте
OT4, OT4-0, OT4-1, BT4, BT5, BT5-1, BT6, BT6C, BT14	40...70	40...70	80...85	90	90...95	2...12 и выше 85	1...15 и выше 90
BT 15, BT22	40...70	30...50	80...85	90	90...95	2...12 и выше 85	1...15 и выше 90
BT3-1, BT8, BT9, BT18, BT16, BT25	40...60	40...60					
BT1-0, BT20, BT23	40...50	40...50	80...85	90	90...95	2...12 и выше 85	1...15 и выше 90

17. Конструктивные параметры поковок из титановых сплавов при штамповке на различном оборудовании

Параметр поковки	Используемое оборудование		
	ПВШМ	ГП	КГШП
Площадь проекции в плане, см ²	1500	10000	1000
Наибольшая длина, мм	1400	2000...3000	300...400
Наименьшая толщина, мм	8...10	12...20	6...8
Наименьшая толщина ребра и стенки, мм	6...8	12...20	5...8
Штамповочные уклоны, °	5...15	3...12	3...7
Наибольшая масса, кг	100...150	5000...7000	50...70
Радиус скругления, мм:			
внешний	5...7	5...10	3...5
внутренний	15...20	20...50	3...10

кратных ударов бойка можно получить местный перегрев заготовки, что способствует образованию на ее поверхности альфированного слоя. Такое явление особенно опасно для заготовок, имеющих тонкие сечения. В значительно лучших условиях выполняется деформирование на прессах, так как при статической обработке в зонах интенсивной деформации уменьшается тепловой эффект и сопротивление деформированию. Это исключает опасность перегре-

ва металла и превышение температуры по всей массе штампуемой заготовки. Кроме того, на прессах, особенно гидравлических, получают более равномерную деформацию и структуру металла. Повышается также стойкость штампов. Технологическая пластичность сплавов при штамповке на прессах увеличивается примерно на 20 % по сравнению с технологической пластичностью сплавов при штамповке на молотах, что мож-

но объяснить неполной рекристаллизацией за время удара. Удельные силы деформирования при штамповке на молоте почти в 1,5 раза больше чем при штамповке на прессах. Поэтому при штамповке типовых изделий на КГШП стойкость штампов составляет 2500...4000 шт, а при штамповке на высокоскоростном молоте — 700...1000 шт. Для получения из титановых сплавов точных поковок сложной конфигурации, которые трудно или невозможно получить обычным методом, применяют установки изотермического деформирования. Так, изотермическую штамповку используют для изготовления заготовок компрессорных лопаток и дисков газовых турбин. Точные заготовки лопаток штампуют на гидравлическом прессе в штамповом блоке для изотермического деформирования со скоростью движения деформирующего инструмента не более 2 мм/с. Температура нагрева заготовок и рабочей зоны деформирования соответствует $(\alpha+\beta)$ -области.

Преимуществом изотермической штамповки турбинных лопаток является существенное уменьшение упругой деформации инструмента. Заготовки лопаток, изготовленные таким способом, отличаются от заготовок, полученных обычными способами, меньшими припусками по перу, что позволяет снизить расход металла и уменьшить трудоемкость. При скорости деформирующего инструмента около 0,04 мм/с сила штамповки в 5—10 раз меньше силы, необходимой для обычного деформирования.

При штамповке в горячем состоянии титановые сплавы склонны к схватыванию с поверхностями штампа. Схватывание ухудшает условия формообразования, препятствует удалению заготовок из полости штампа. Для предотвращения явления схватывания применяют защитные смазочные покрытия, с помощью которых предупреждается также образование газонасы-

щенного слоя. При этом уменьшается охлаждение заготовки при переносе ее от устройства для нагрева к штамповочной машине и в процессе деформирования, снижаются силы штамповки, что уменьшает износ штампа, получается необходимая шероховатость поверхности штампованной заготовки.

Наилучшие защитно-смазочные покрытия при штамповке титановых сплавов — смазки на основе стекла, предохраняющие заготовку от газонасыщения и образования альфированного слоя при нагреве. Для штамповки титановых сплавов рекомендуются эмаль ЭВТ-24, ЭВТ-25 (для изотермической штамповки), ЭВТ-26. Применение стеклэмалевых покрытий весьма эффективно вместе с предварительным низкотемпературным окислением (2 ч при 250 °С), которое защищает заготовку от газонасыщения и способствует повышению пластичности поверхностного слоя. Для высокоскоростной штамповки применяют смесь графита, бисульфита молибдена и пушечной смазки. Для уменьшения схватывания, полости ручьев штампа рекомендуются сульфидировать.

Обрезка облоя производится путем непосредственной передачи заготовки из штамповочного пресса в обрезной. Правка производится также в горячем состоянии при температурах, указанных в табл. 18. Если температура понизилась ниже рекомендованной, допускается подогреть детали до заданной температуры.

Охлаждение штамповок после завершения операций рубки, обрезки облоя и правки проводят обычно на воздухе. Сплавы, относящиеся к классу двухфазных $(\alpha+\beta)$, охлаждают с печью или в песке, чтобы исключить неравномерный распад β -фазы, особенно если есть тонкостенные участки.

Детали, изготовленные из листа, проявляют значительное пружинение. Доводка деталей до заданной формы

18. Температуры, рекомендованные для резки, обрезки облоя и правки готовых деталей из промышленных титановых сплавов

Марка сплава	Температура °С	
	обрезки и рубки (±50 °С)	правки (±20 °С)
BT1-0	690	680
OT4-0	710	700
OT4-1	760	750
OT4	900	750
BT5-1	900	950
BT5	900	950
BT5-C	800	850
BT6	800	850
BT3-1	920	910
BT8	930	950
BT9	930	950
BT14	800	900
BT15	750	780
BT16	750	780
BT20	900	950
BT22	800	730

может быть осуществлена путем термофиксации. При гибочных операциях также необходимо учитывать чувствительность к надрезу, наклепываемость и пружинение. Заготовки под гибку желательно вырезать поперек направления прокатки. В отдельных случаях для придания заданной формы необходимо применять термоправку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атрошенко А.П., Федоров В.И. Горячая штамповка труднодеформируемых материалов. Л.: Машиностроение, 1979. 287 с.
2. **Горячая штамповка** и прессование титановых сплавов / Л.А. Никольский, С.З. Фиглин, В.В. Бойцов и др. М.: Машиностроение, 1975. 285 с.
3. **Братухин А.Г.** Современные авиационные материалы: технологические и функциональные особенности. М.: Авиатехинформ, 2003. 440 с.
4. **Муравьев В.И., Войтов В.Н., Марьин Б.Н. и др.** Эффективность использования металла и развитие технологий горячей штамповки титановых сплавов при производстве деталей самолетов // Кузнечно-штамповочное производство. 1998. № 4. С. 30–33.
5. **Трение** и смазки при обработке металлов давлением: справочник / А.П. Груднев, Ю.В. Зильберг, В.Т. Тилик. М.: Металлургия, 1982. 312 с.
6. **Стали** и сплавы для высоких температур: справочник в 2-х кн. / С.Б. Масленков, Е.А. Масленкова М.: Металлургия, 1991. 831 с.
7. **Технология** и оборудование для обработки тугоплавких порошковых и композиционных материалов / А.П. Коликов, А.В. Крупинин, П.И. Полухин и др. М.: Металлургия, 1989. 382 с.
8. **Структура** и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов: справочник / В.И. Долобяткин, В.И. Елагин, М.Е. Ерминок и др. М.: Металлургия. 1984. 408 с.

Глава 11

ОТДЕЛКА И ОЧИСТКА ПОКОВОК

1. ОБРЕЗКА ОБЛОЯ И ПРОБИВКА ПЕРЕМЫЧЕК

Способы обрезки облоя и пробивки перемычек. Обрезку облоя и удаление (пробивку) перемычек производят в холодном и горячем состоянии поковок. При холодной обрезке легче осуществить подгонку матриц и пуансонов, наладку штампов. Холодный способ обрезки облегчает механизацию и автоматизацию процесса, позволяет увеличить производительность обрезных прессов, получить более точные размеры поковок с более гладкой поверхностью, а также увеличить стойкость штампов.

Однако при холодной обрезке сопротивление срезу в 3–6 раз больше, чем при горячей, и для крупных поковок с большой площадью среза требуются прессы весьма большой мощности. Кроме этого, если поковки изготовляют из легированной стали, при обрезке облоя могут возникать трещины.

В холодном состоянии обрезку облоя производят у мелких и средних поковок из углеродистой стали с содержанием углерода до 0,4 % и поковок из низколегированной стали, штампуемых на молотах с массой падающих частей до 1...2 т, и на кривошипных горячештамповочных прессах с силой до 10...20 МН, но только в тех случаях, когда поковки после обрезки не требуют дальнейших операций в горячем состоянии.

Холодную обрезку облоя и удаление перемычек у мелких поковок следует производить в двух отдельных штампах, установленных на одном обрезающем или же параллельно на двух прессах.

При холодной обрезке ритм штамповки поковок не связан с ритмом их обрезки. Поэтому в целях повышения производительности процесса прессы для холодной обрезки устанавливают на отдельном участке горячештамповочного цеха или выносят в другое помещение.

Горячую обрезку производят у средних и крупных по массе поковок из высоколегированных и высокоуглеродистых сталей, имеющих недостаточную пластичность в холодном состоянии и относительно большую толщину облоя, штампуемых на молотах с массой падающих частей более 1...2 т и КГШП с силой свыше 10...20 МН, а также в тех случаях, когда после обрезки требуются правка, гибка или калибровка в горячем состоянии. При горячей обрезке прессы входят в состав штамповочного агрегата, их устанавливают рядом со штамповочными молотами или КГШП.

В зависимости от типа производства, материала, размеров и конфигураций поковок горячую обрезку облоя, удаление перемычек, снятие уклонов и гибку производят в простых, последовательных и комбинированных (совмещенных) штампах. При крупносерийном и массовом производстве обрезку и правку круглых в плане поковок рационально выполнять в комбинированных штампах, как наиболее производительных.

Обрезку облоя и удаление перемычек у поковок с вытянутой осью осуществляют в комбинированных и последовательных штампах. Если после этих двух операций требуется правка, то их предпочтительнее производить в комбинированном штампе, а прав-

ку — в правочной матрице, установленной в башмаке комбинированного штампа. Обрезку и правку или обрезку и гибку поковок с вытянутой осью целесообразнее производить в последовательном штампе, в одном башмаке которого располагают инструмент для обеих операций.

Наиболее рациональный процесс обрезки и выбор типа штампов в каждом случае решается с учетом технических возможностей производства и экономической эффективности.

Сила обрезки и выбор обрезного прес-са. Необходимую силу (МН) обрезки облоя или пробивки перемычки определяют по формуле

$$P = (1,5 \dots 1,8) 10^6 S t \sigma_{\text{вф}},$$

где S — периметр среза, мм; t — действительная толщина среза облоя или перемычки, мм; $\sigma_{\text{вф}}$ — временное сопротивление при температуре и скорости деформации при обрезке, МПа.

При одновременной обрезке и пробивке общую силу определяют по формуле

$$P = P_{\text{обр}} + P_{\text{пр}},$$

где $P_{\text{обр}}$ — сила обрезки облоя; $P_{\text{пр}}$ — сила пробивки перемычки.

Действительная толщина среза облоя

$$t_o = z + n;$$

перемычки

$$t_{\text{п}} = z' + n + u,$$

где размер z определяют графически по линии среза облоя (рис. 1), z' — по линии среза перемычки или расчетом при номинальном значении облоя (или перемычки) и радиусах закруглений r и r_1 ; n — возможная недоштамповка, которую принимают равной положительному допуску на размер

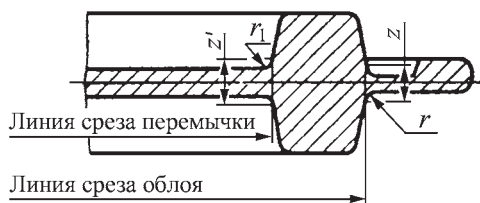


Рис. 1. Действительная толщина обрезаемого облоя и пробиваемой перемычки

поковки по высоте; u — износ выступа под наметку в штампе (принимают равным 2...5 мм).

При обрезке облоя в матрицах со скошенными режущими кромками сила обрезки $P_{\text{ск}}$ определяют по формуле:

$$P_{\text{ск}} = (0,4 \dots 0,6) P_{\text{обр}},$$

где $P_{\text{обр}}$ — сила обрезки облоя в матрицах с плоскими режущими кромками.

Обрезные прессы закрепляют за штамповочными молотами и КГШП исходя из значения силы обрезного прессы, которое должно быть равно, МН:

$$P = (0,7 \dots 1,0) G,$$

где G — масса падающих частей штамповочного молота, т, или

$$P = (0,07 \dots 0,1) P_{\text{кр}},$$

где $P_{\text{кр}}$ — номинальная сила кривошипного горячештамповочного прессы, МН.

Расчетная сила P_p для выбора прессы при использовании штампов с буферным устройством, когда операции обрезки облоя или пробивки перемычки выполняют одновременно с правкой, определяют по формуле:

$$P_p = P_o + P_6,$$

где P_o — сила обрезки облоя или пробивки перемычки (если эти операции

производят одновременно, то берут их суммарное значение); P_6 — сила, затрачиваемая на сжатие пружинного буфера.

Зазор между пуансоном и матрицей.

Размер зазора между пуансоном и матрицей зависит от формы и размеров сечений поковки в плоскости, перпендикулярной к разъему. Зазор оказывает большое влияние на качество и точность поверхности среза, изнашивание и стойкость штампа, величину потребной силы и работы обрезки. При большом зазоре происходит изгиб и вытягивание облоя между матрицей и пуансоном с последующим его обрывом. Поковку при этом получают с рваными и загнутыми кверху заусенцами, которые приходится зачищать на наждачных кругах. При малом зазоре происходит быстрое изнашивание режущих кромок матрицы.

Величину зазора δ между пуансоном и режущим контуром матрицы (рис. 2) определяют по табл. 1 и проводимым ниже формулам.

1. Зазор между пуансоном и матрицей при обрезке облоя (размеры, мм)

h	Тип I			Тип II	
	δ при $\alpha, ^\circ$			D	δ
	3	5	7...15		
До 5	0,3	0,4	0,5	До 20	0,3
5...10	0,5	0,6	1,0	20...30	0,5
10...19	0,8	1,0	1,5	30...48	0,8
19...24	1,0	1,5	2,0	48...59	1,0
24...30	1,2	2,0	2,5	59...70	1,2
Св. 30	1,5	2,4	3,0	Св. 70	1,5

Зазор, превышающий 1,5 мм, не применяют, так как при этом трудно устанавливать на глаз равенство зазора по всему контуру обрезки и производить наладку штампов. Если в некоторых сечениях поковки зазор окажется

различным, то для простоты наладки штампа его берут одинаковым и равным наименьшему.

Для поковок со штамповочным уклоном $\alpha < 15^\circ$ (см. рис. 2, тип I) обрезной пуансон делают плоским. Для поковок, имеющих в сечении круг (см. рис. 2, тип II), форму пуансона во избежание местного смятия поковки делают охватывающей. Величину s , определяющую притупление острых кромок пуансона, определяют по формуле

$$s = 0,2D + 1 \text{ мм.}$$

При большом штамповочном уклоне и плоском пуансоне чистого среза получить не удастся. Поэтому при обрезке таких поковок пуансон делают охватывающим с опорой по уклону поковки (см. рис. 2, тип III). Зазор вне зависимости от h выбирают $\delta = 0,3$ мм. Величину s_1 притупления острых кромок пуансона определяют по формуле

$$s_1 = \frac{2 + \delta}{\operatorname{tg} \alpha},$$

но s_1 должно быть не более $0,5h$.

При обрезке облоя с частичной зачисткой (см. рис. 2, тип IV) зазор δ можно определить по формуле

$$\delta = h \operatorname{tg} \alpha + (0,8...1,0) r - \Delta a,$$

где Δa — величина зачистки штамповочного уклона;

$$\Delta a = (0,1...0,2)h_{\text{II}} \operatorname{tg} \alpha.$$

Высота зачищаемой части поковки

$$h_3 = \frac{2\Delta a}{\operatorname{tg} \alpha} = (0,2...0,4)h_{\text{II}},$$

где h_{II} — высота элемента поковки, примыкающего к плоскости разъема.

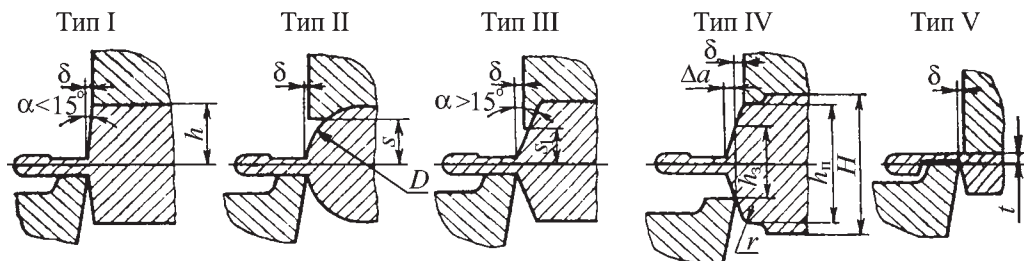


Рис. 2. Зазор между обрезным пуансоном и матрицей

В тех случаях, когда пуансон и матрица являются режущим инструментом (см. рис. 2, тип V), принимают

$$\delta = Kt,$$

где t — толщина облоя в месте среза, мм; K — коэффициент, зависящий от материала поковки. Для поволоков из стали, дуралюмина и титановых сплавов $K = 0,08...0,1$; для поволоков из алюминия, меди, латуни и магниевых сплавов $K = 0,04...0,06$.

Конструкция и крепление матриц. Обрезные матрицы делают цельными или составными. Цельные матрицы применяют главным образом для круглых поволоков, когда изнашивание режущих кромок по контуру матрицы происходит равномерно; составные — для крупных поволоков сложной конфигурации, когда термическая обработка цельной матрицы вызывает коробление и появление трещин или когда изнашивание режущих кромок по контуру матрицы происходит неравномерно и вызывает необходимость частых ремонтов быстроизнашивающихся участков матрицы. При этом значительно упрощаются изготовление, термическая обработка, подгонка под поковку, регулирование ширины режущего контура и ремонт составных частей матрицы.

Режущий контур матрицы изготовляют по контуру поковки в плоскости разреза с припуском на слесарную подгонку по размерам обрезаемой по-

ковки. При холодной обрезке слесарную доводку пуансона и матрицы выполняют по поковке, а при горячей — по отливке с окончательного ручья штампа, из которого поковка поступает на обрезку.

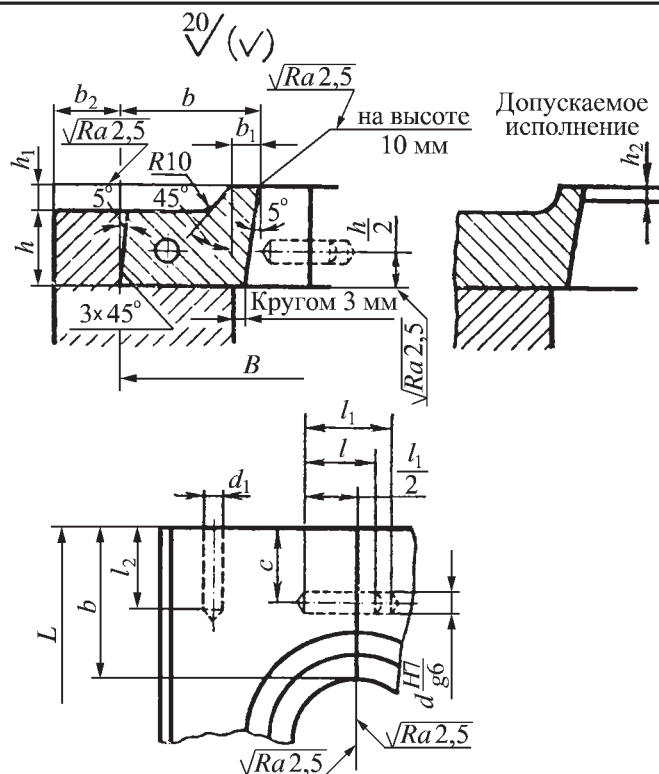
Обрезные матрицы изготовляют с режущими кромками без цилиндрического пояса и в виде цилиндрического пояса высотой от 1 до 1,5 толщины облоя (табл. 2). Первый тип режущих кромок применяют для составных матриц, второй — для цельных. В верхней части матрицы выполняют ступеньку шириной b_1 и высотой h_1 . Для поволоков массой более 30 кг ступеньку можно не делать. Для свободного размещения клещевина или поковки при штамповке с поворотом и в случае многоступенчатой штамповки в передней части матрицы выфрезерывают выемку. При обрезке поволоков, штампуемых без клещевина, выемка в матрице не нужна. Форма и размеры выемки под клещевину или поковку должны обеспечить свободное размещение последних с зазором 5...8 мм.

На ступеньке матрицы делается канавка под литник, глубина которой равна глубине канавки в окончательном ручье штампа, а ширина — на 2 мм больше. Стенку провального отверстия в матрице выполняют с уклоном 5°. Провальное окно в плите под матрицей делают с вертикальными стенками по нижнему контуру провального отверстия в матрице с усту-

пом 3 мм. Габаритные размеры B и L матрицы определяют по соответствующим размерам поковки с прибав-

лением толщины b стенок матрицы, высоту h выбирают в зависимости от ширины B (см. табл. 2).

2. Матрицы из двух секций и цельные матрицы с креплением клином (размеры, мм)



Толщина обрезаемого облоя				b , не менее	b_1				h_1				h_2 , не более
До 1,6				30	От	6	до	8	От	8	до	10	5
Св.	1,6	до	3	36	Св.	8	»	10					6
»	3	»	4	45	»	10	»	12	Св.	10	до	12	8
»	4	»	6	55	»	12	»	15	»	12	»	20	10
»	6	»	8	65									12
B				h , не менее	d	l	l_1	c , не менее	d_1	l_2	b_2		
От	До		160	40	10	25	30	15	20	40	40		
	160	до	200								50		
Св.	200	до	320	50	12	30	36	25	25	50	50		
»	320	»	500								55		
»	500			70	16	36	40	30			—		

В случае затупления режущих кромок составных матриц, у которых уклон начинается непосредственно с режущей кромки, их восстанавливают снятием слоя металла вдоль всей конической поверхности провального отверстия и с поверхностями каждой секции матрицы в месте их стыка; у цельных матриц с цилиндрическим пояском — шлифованием ее ступеньки по высоте в пределах высоты пояска. Литые матрицы или изготавливаемые штамповкой обычно делают цельными.

Цельные и двухсекционные матрицы крепят на нижней плите клином (рис. 3, а), многосекционные — винтами. Для перемещения и фиксации положения матрицы при ее регулировании после переточки и при наладке инструмента служат стопорные болты

на нижней плите, расположенные в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Для предохранения секций матрицы от сдвига применяют штифты, размеры и расположение которых приведены в табл. 2. Кованые заготовки для изготовления прямоугольных матриц приведены в табл. 3. Размеры круглых матриц выбирают в зависимости от диаметра обрезаемой поковки (табл. 4).

Наиболее распространенным способом крепления цельных матриц или матриц, состоящих из двух секций, является крепление их винтами, наклоненными под углом 5° (рис. 3, б). Для обеспечения регулирования сложного контура обрезки составные матрицы изготавливают из трех и более секций с креплением их винтами (рис. 3, в). Если у многосекционных матриц стопорные

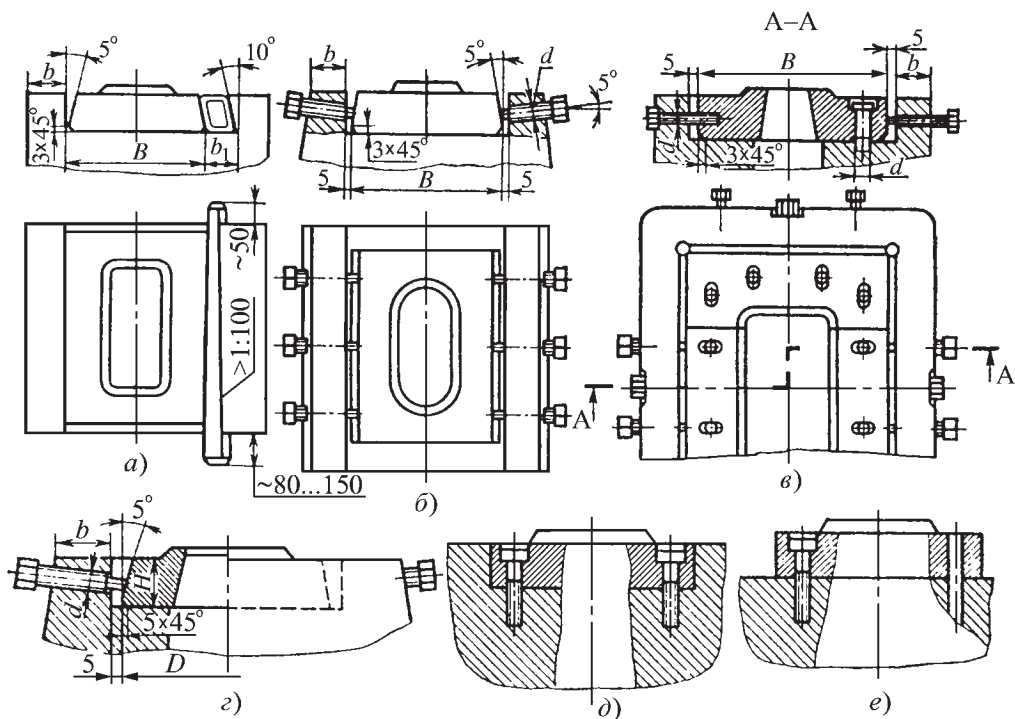
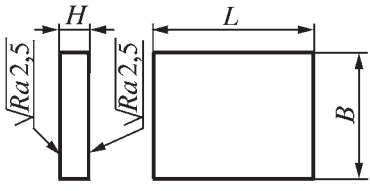


Рис. 3. Способы крепления различных матриц:

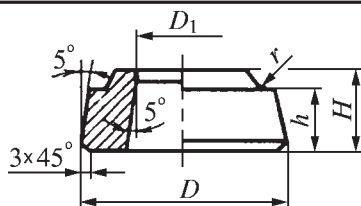
а и б — цельных (клином и винтами); в — секционных (горизонтальными и вертикальными винтами); г — круглых (винтами); д и е — пробивных

3. Заготовки для прямоугольных матриц (размеры, мм)

	L	B	H	L	B	H
	80...180	80	50	250...500	180	55
	100...250	100		200...400	200	50
	120...250	120		200...500	200	55
	140...500	140		250...500	250	65
	160...500	160		300...500	300	
	180...500	180		360...500	360	70

Примечания: 1. Ряд размеров L : от 80 до 200 — с интервалом 20; далее 250, 300, 360, 400, 450, 500.
2. Материал заготовок приведен в гл. II.

4. Размеры, мм, круглых матриц



D_1	D	H	h	r	D_1	D	H	h	r
До 50	100	45	35	5	220...260	350	65	50	8
50...60	120				260...300	400			10
60...80	140				300...340	450	70		
80...95	160	50	40		340...390	500	80	60	12
95...100	180	55			390...440	550			
100...130	200	50			440...480	600	95	70	
		55			480...520	650			
130...150	220	50	520...550	700					
		55	550...600	750					
150...170	250	50	6	600...640	800	105	80		
		55		640...730	900				
170...200	280	65		50	730...800	1000			
200...220	300				800...900	1100			

винты не прижимают какую-либо секцию к другим (рис. 3, в), ее положение фиксируют дополнительными натяжными болтами. Большие оси овальных отверстий в матрицах под винты направляют в сторону смещения секций при регулировании. Основные размеры

конструктивных элементов крепления матриц приведены в табл. 5–7.

Клином и одновременно одним или несколькими винтами можно крепить матрицы из трех секций (рис. 4). Здесь сдвигу третьей секции вдоль оси препятствуют уступы a и b . Чтобы про-

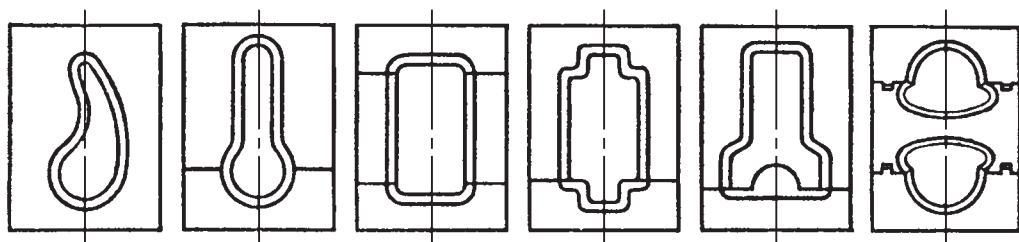


Рис. 5. Разбивка матриц на секции

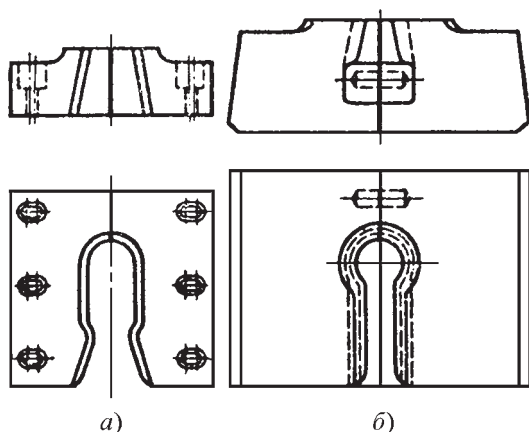


Рис. 6. Полуоткрытые матрицы:

a — со сквозным окном; *б* — без сквозного окна

поддерживающие упоры. Форма фигуры в матрице может быть значительно проще формы поковки, если при этом поковка в матрице достаточно центрирована.

Вертикальные размеры полости в матрице под фигуру поковки делают по номинальным размерам поковки; горизонтальные — с зазором, причем по центрирующим контурам зазор Δ на сторону принимают равным половине верхнего отклонения от соответствующего размера D , по нецентрирующим — зазор δ на сторону устанавливают равным $\Delta + 0,5$ мм (рис. 7).

Провальное окно в матрице делают с вертикальными стенками. Его поперечные размеры должны обеспечивать свободный проход удаляемой перемычки, но быть, по крайней мере, на 1...2 мм

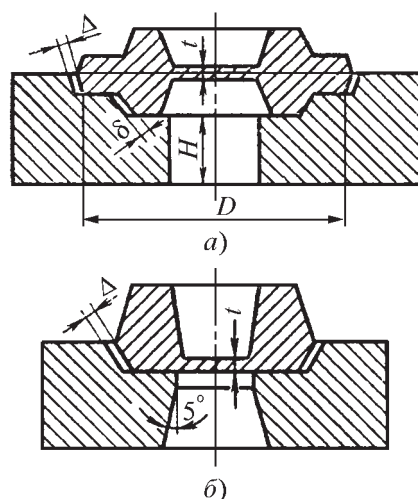


Рис. 7. Конструкция пробивных матриц, когда режущим инструментом являются: *a* — пуансон; *б* — пуансон и матрица

меньше соответствующих размеров контура внутренней кромки опорной поверхности поковки, с тем чтобы кромка провального окна не давала отпечатка на поверхности поковки.

Если при конструировании матрицы окажется, что зазор между пуансоном и кромкой провального окна в матрице $\delta \geq 1,5$ мм на сторону, то можно применять штампы без направляющих колонок. При $\delta < 1,5$ мм применение направляющих колонок обязательно.

При расположении удаляемой перемычки заподлицо с опорной поверхностью поковки режущими инструментами являются как пуансон, так и матрица. Провальное окно у такой матрицы

следует выполнять с цилиндрическим пояском или с острыми кромками и уклоном 5° , как у обрезных матриц, штампы применять с направляющими колонками, а зазор между пуансоном и матрицей устанавливать за счет матрицы (табл. 8).

8. Зазор между пуансоном и матрицей при пробивке перемычек

Толщина перемычки, мм	Зазор на сторону, % от толщины перемычки			
	при горячей пробивке	при холодной пробивке сталей марок		
		10; 20	20; 25; 30	45
До 2,5	1,8...2	3,5...4	4...4,5	4,5...5
2,5...5	2...2,5	4...4,5	4,5...5,5	5...6
5...10	2,5...3	4,5...5,5	5,5...6,5	6...7
Св. 10	3...4	5,5...7	6,5...8	7...9

Высоту H (мм) провального окна в матрице определяют по формуле

$$H = 0,5t + 15 \text{ мм},$$

где t — толщина пробиваемой перемычки, мм.

Конструкция и крепление пуансонов.

В зависимости от высоты поковки и расположения облоя обрезной пуансон может быть одновременно давящим и режущим инструментом. При обрезке толстых поковок, у которых расстояние от плоскости разреза до плоскости соприкосновения с пуансоном $h > 5...8$ мм, пуансон не входит в матрицу и является давящим инструментом, при обрезке тонких поковок, у которых $h < 2$ мм, пуансон входит в матрицу и является (как и матрица) режущим инструментом. При $h = 2...5$ мм пуансон в начале обрезки выполняет роль толкателя, а в конце — роль режущего инструмента.

Во избежание изгиба и смятия выступающих частей обрезаемой поковки необходимо, чтобы опорные по-

верхности пуансона прилегали к соответствующим поверхностям поковки. Конфигурацию опорной поверхности в пуансоне выполняют по чертежу поковки с последующей слесарной подгонкой по поковке или контрольной отливке с окончательного ручья штампа. По неопорным поверхностям между поковкой (или отливкой) и пуансоном предусматривается зазор Δ , который принимается равным половине верхнего отклонения допуска на соответствующий горизонтальный размер поковки с увеличением его на 0,3...0,5 мм (рис. 8). Контур пуансона подгоняют по режущему контуру матрицы с зазором, полученным за счет уменьшения размеров пуансона.

В случае если опорная площадь соприкосновения поковки с пуансоном окажется недостаточной, а также если пуансон изготовлен неточно и в каких-либо местах поковка не будет соприкасаться с ним, произойдет смятие поверхности поковки, что может привести к браку. Чтобы при обрезке облоя поверхность контакта пуансона с поковкой $F_{\text{п}}$ (мм) не сминалась, необходимо соблюдать следующее условие:

$$F_{\text{п}} \sigma_{\text{см}} > \sigma_{\text{ср}} S t,$$

где $\sigma_{\text{см}}$ — сопротивление смятию материала поковки при температуре обрезки облоя, МПа; $\sigma_{\text{ср}}$ — сопротивление срезу материала облоя при температуре его обрезки, МПа; S — периметр обрезаемого контура поковки, мм; t — толщина облоя в месте среза, мм.

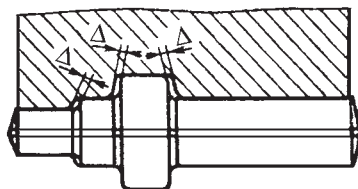


Рис. 8. Зазор между неопорными поверхностями пуансона и поковки

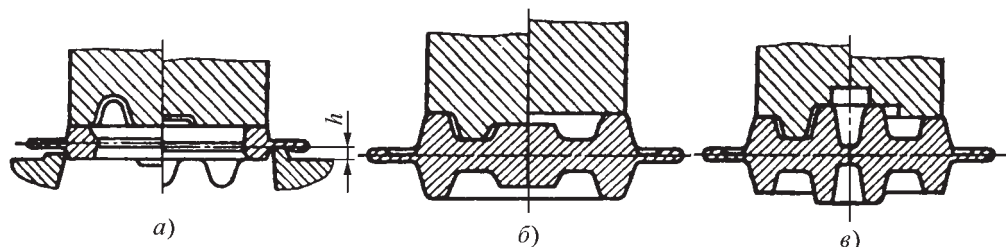


Рис. 9. Способы упрощения конструкций пуансона

Для удешевления и упрощения конструкции пуансона, а также улучшения качества обрезки пуансон следует изготавливать по наиболее простой части поковки, для чего обрезаемую поковку укладывают на матрицу так, чтобы все наиболее выступающие части и ребра были обращены вниз, т.е. обрезку поковки ведут в перевернутом виде (рис. 9, а). В этом случае либо высоту ступеньки h обрезной матрицы следует увеличить на 5...10 мм, либо при штамповке выполнять облойную канавку в нижней части штампа.

Для обрезки облоя у мелких и средних круглых в плане поковок с толстым полотном и ободом опорную поверхность пуансона следует сопрягать по одной плоскости с поковкой (рис. 9, б), а для обрезки облоя и одновременного удаления перемычек у таких же поковок в совмещенных штампах опорную поверхность пуансона можно сопрягать по двум плоскостям (рис. 9, в).

Если поковка двутаврового сечения (типа шатунов, рычагов и др.) неширокая и имеет толстое полотно, а также достаточную опорную поверхность по тавру (ребру), то опорную поверхность пуансона сопрягают с опорной поверхностью поковки по одной плоскости (рис. 10, а). Такое сопряжение не приводит к короблению поковки при уменьшении высоты ребра h вследствие изнашивания выступающих частей ручья штампа. Если опорная поверхность пуансона окажется недостаточной, особенно при сечении двутавра с

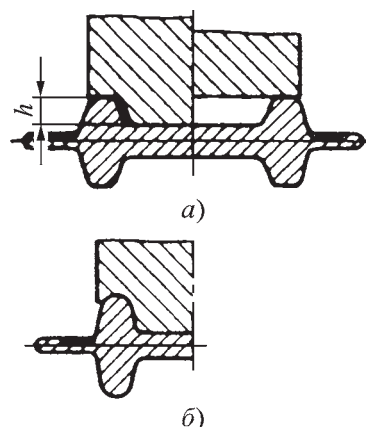


Рис. 10. Сопряжение опорной поверхности пуансона с опорной поверхностью поковки, имеющей двутавровое сечение

закругленными ребрами, то ее тщательно подгоняют по опорной поверхности поковки (рис. 10, б).

Пуансоны для крупных поковок крепят непосредственно в ползуне прессы, а для мелких и средних поковок — в переходных державках. Конструкции элементов крепления пуансонов клином показаны на рис. 11, размеры поперечного сечения хвостовиков пуансонов и пазов для них приведены в табл. 9.

Ширина и длина хвостовика должны быть равными или несколько большими соответствующих максимальных размеров рабочей части пуансона. У пуансонов с круглым поперечным сечением длина хвостовика должна быть равна его диаметру. Клиновое

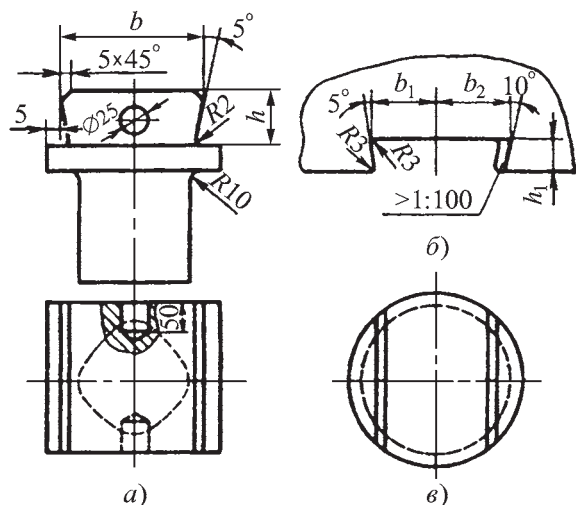


Рис. 11. Конструктивные элементы крепления пуансонов клином:

а — хвостовик пуансона; *б* — паз для крепления пуансонов; *в* — хвостовик круглого пуансона

9. Размеры, мм, поперечного сечения хвостовиков и пазов (см. рис. 11)

Сила прессы, МН	Хвостовики		Пазы		
	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>h</i> ₁
До 1,6	50	33	25	50	32
1,6	76	40	38	63	39
2,5...4,0	96	39	48	82	38
6,3...16	148	46	74	128	45
	188		94	148	

крепление применяют для холодной и горячей обрезки поковок удлиненной формы.

Способ крепления пуансонов в ползуне (табл. 10, схема *а*) является наиболее рациональным при горячей обрезке крупных поковок. Если ширина режущего контура меньше ширины хвостовика пуансона, последний делают с заплечиками (схема *б*), а в противном случае — без них (схема *в*). При креплении на шлице и винтах (схема *г*) паз в пуансонодержателе выполняют по всей его

длине. Крепление в гнезде пуансонодержателя винтами сквозь заплечики пуансона (схема *д*) или с помощью кольцевого пуансонодержателя и винтов (схема *е*) применяют для круглых поковок. В первом случае заплечики пуансона, а во втором пуансонодержатель подгоняют по гнезду пуансонодержателя до плотной посадки или крепят винтами к плоской нижней поверхности пуансонодержателя и фиксируют на контрольных штифтах. Между пуансоном и пуансонодержателем рекомендуется ставить опорные плитки толщиной 5...8 мм. Пуансоны сложной конфигурации (схема *ж*) зажимают между колодками двумя болтами, проходящими через колодки и пуансон, а затем четырьмя болтами

крепят к пуансонодержателю. Пуансон по контуру обрезки, а колодки по контуру пуансона не фрезеруют, а строгают. Опорную плоскость пуансона выполняют заподлицо с верхней плоскостью колодок. Одну из зажимных колодок устанавливают в пуансонодержателе на два контрольных штифта.

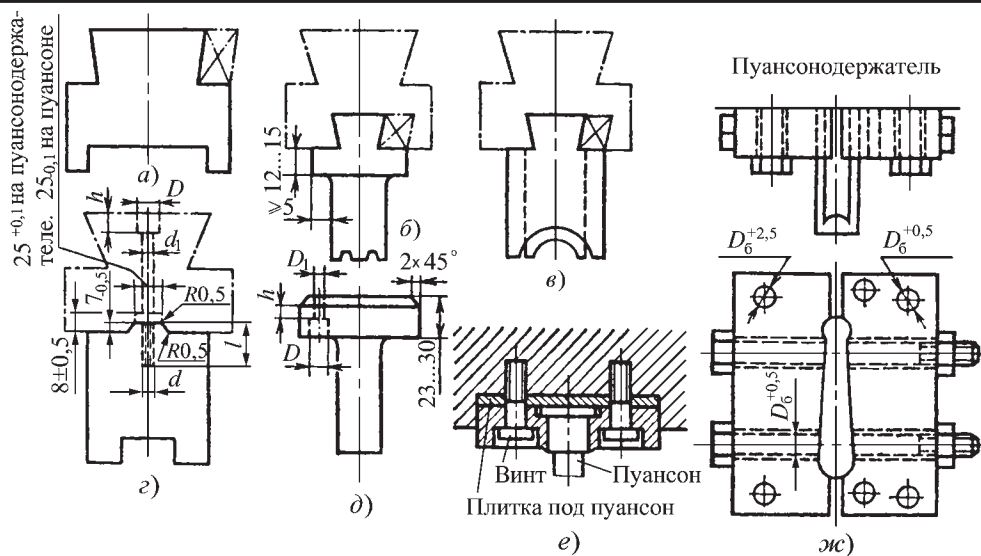
Крепление пуансонов с хвостовиками на прессах с небольшой силой (до 1,25 МН) производят непосредственно в ползуне прессы с помощью стопорных винтов. Для совмещения операции клеймения поковок с горячей обрезкой круглые или удлиненные обоймы со сменными клеймами в пуансонах крепят винтами (рис. 12).

Высоту обрезных пуансонов (рис. 13) определяют исходя из размера закрытой высоты штампового пространства. Закрытая высота штампового пространства

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{наиб}} - H_{\text{рег}} + (15...20) \text{ мм},$$

где $H_{\text{наиб}}$ — наибольшее расстояние между столом прессы и ползуном в его

10. Способы крепления пуансонов (размеры, мм)



d	d_1	D	h	l
M12	13	17	14	25
M14	15	21	16	30
M16	17	25	18	35

* D_6 — диаметр болта.

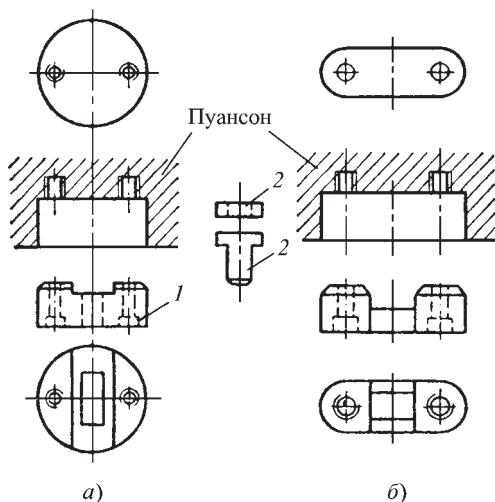
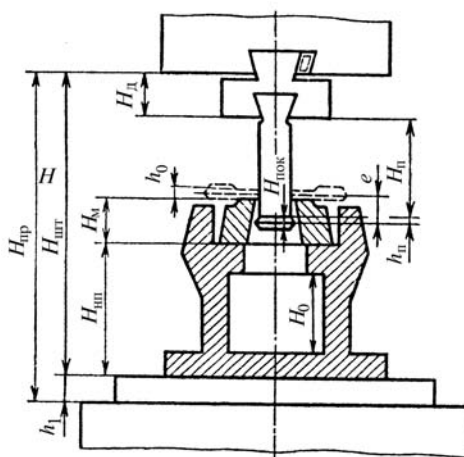


Рис. 12. Крепление сменных клеев в обрезных пуансонах:
1 — обойма; 2 — клеймо



**Рис. 13. К расчету закрытой высоты штампа
и пуансона**

нижнем положении; $H_{\text{рег}}$ — величина регулирования расстояния между столом и ползуном.

Закрытая высота штампа

$$H_{\text{шт}} = H_{\text{пр}} - h_1,$$

где h_1 — толщина подкладной плиты прессы.

Величина сдвига поковки при об­резке

$$e = (3 \dots 5)h_o,$$

где h_o — толщина обрезаемого об­лоя.

Высота пуансона

$$H_{\text{п}} = H_{\text{шт}} - (H_{\text{нп}} + H_{\text{м}} + H_{\text{д}}) + e - h_{\text{п}},$$

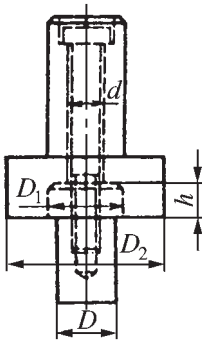
где $H_{\text{нп}}$, $H_{\text{м}}$, $H_{\text{д}}$ — толщина соответ­ственно нижней плиты, матрицы, пуансонодержателя; $h_{\text{п}}$ — размер поковки от поверхности прилегания ее к пуансону до линии разъема.

Высота окна в нижней плите

$$H_o \geq H_{\text{пок}} + (10 \dots 20) \text{ мм},$$

где $H_{\text{пок}}$ — наибольшая высота по­ковки.

11. Пуансонодержатель пробивного штампа для мелких пуансонов (размеры, мм)



D	d	D ₁	h	D ₂
До 30	M16	35	16	65
30...38	M18	43	18	80
38...50	M22	55	20	95
50...65	M24	70	22	115

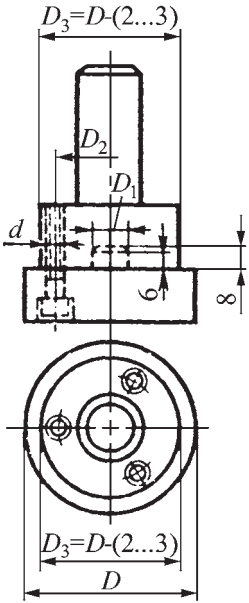
Для свободной укладки поковки в штамп ее максимальную высоту опре­де ляют по формуле

$$H_{\text{пок}} \leq (H_{\text{шт}} + s) - \\ - [(H_{\text{нп}} + H_{\text{м}} + H_{\text{п}} + H_{\text{д}}) + (10 \dots 15) \text{ мм}],$$

где s — ход ползуна прессы.

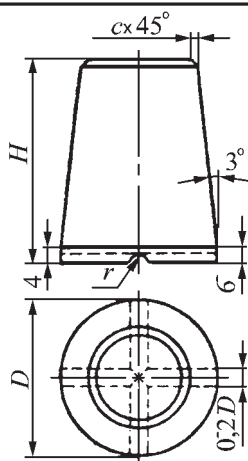
Расчет закрытой высоты штампа для пробивки перемычки выполняют так же, как и для об­резных штампов. Плиты и пуансонодержатели для пробивных штампов применяют те же, что и для мелких об­резных штампов (см. табл. 14, 22, 24, 26, 28). Для мелких и крупных цилиндрических пуансонов применяют также более простые в изготовлении пуансонодержатели с креплением пуансонов винтами (табл. 11 и 12).

12. Пуансонодержатель пробивного штампа для крупных пуансонов (размеры, мм)



D	d	D ₁	D ₂
65...85	M12	20	38
85...110	M16	30	50
110...140	M18	45	70

13. Типоразмеры, мм, накладных прокладочных пуансонов



D	H , не менее	c	r
35...50	50	3	5
50...70		4	8
70...100	100	5	10
100...125		6	15

Режущий контур пробивного пуансона выполняют по контуру отверстия, получаемого после удаления пе-

ремычки и указанного в чертеже поковки. При мелкосерийном производстве для высоких поковок для удаления перемычек применяют накладные пуансоны (табл. 13). Такой пуансон ставят на перемычку, и он вместе с перемычкой после ее пробивки проваливается сквозь отверстие матрицы.

На торце пуансона для лучшей его устойчивости при установке на удаляемую перемычку выполняют крестообразную канавку.

Конструкции съемников. При обрезке облоя на невысоких поковках, когда пуансон заходит в матрицу, а также при малом зазоре между пуансоном и матрицей на пуансоне происходит застревание облоя. То же происходит с поковками при удалении внутренних перемычек. Для снятия с пуансона облоя и поковок применяют съемники. Их применяют при холодной обрезке, если зазор между пуансоном и матрицей $\delta < 0,5$ мм, при горячей — если $\delta < 1$ мм.

Наиболее распространенным и надежным является жесткий съемник на распорных трубках (рис. 14, схема I). В съемнике толщиной 15...25 мм вы-

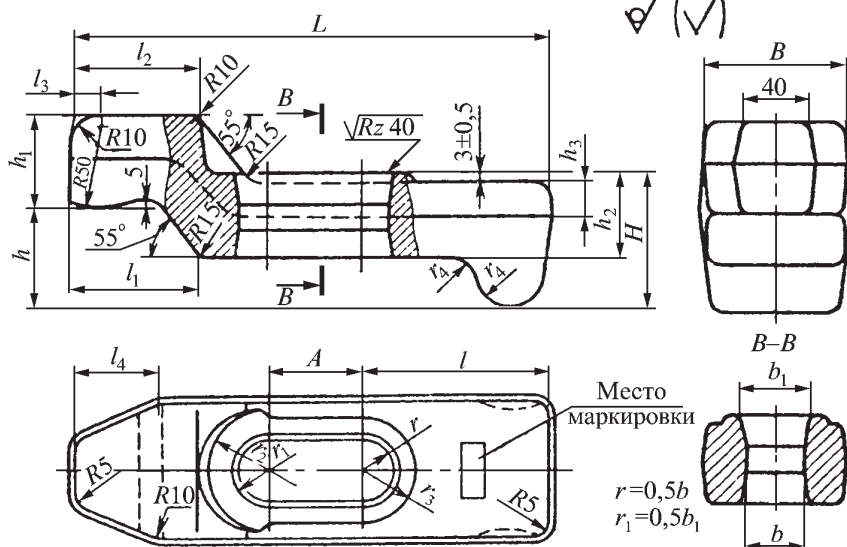


Рис. 14. Съемники облоя

полняют отверстие для прохода пуансона по контуру последнего с зазором 1,5...2,5 мм на сторону и прикрепляют к плите штампа болтами диаметром 15...25 мм через распорные трубки. Последние устанавливают не ближе 10...15 мм от наружного контура облоя. Нижняя плоскость съемника должна находиться над матрицей на расстоянии, равном высоте поковки плюс 5...10 мм. Со стороны рабочего съемник делают открытым, если при замкнутом контуре он препятствует укладке поковки в штамп.

Для снятия облоя с пуансона при обрезке крупногабаритных поковок применяют съемные лапы (рис. 14, схема II). Расстояние h_1 должно быть на 5...10 мм больше высоты поковки при съемнике с замкнутым контуром или на 5...10 мм больше соответствующей высоты поковки при укладке ее под полуоткрытый съемник или под съемные лапы. Тогда

$$h_1 = (H_{\text{п}} - e) - (h_2 + h_3 + h_4),$$

где $h_3 = 10...20$ мм.

В случае холодной обрезки мелких поковок применяют резиновые съемники, состоящие из одной или нескольких резиновых пластин (рис. 14, схема III). При обрезке высоких поковок и малой закрытой высоте прессы в целях уменьшения высоты пуансона и повышения его прочности вместо съемника на распорных трубках применяют съемник на пружинах с нижним их расположением (рис. 14, схема IV). Съемник в его нижнем положении не должен доходить до матрицы на высоту, равную не менее трех толщин облоя. При этих съемниках размер

$$h_1 = (H_{\text{п}} - e) - (h_2 - h_5),$$

где h_5 — величина сжатия пружины.

При холодной и горячей обрезке очень высоких поковок, когда винты

съемника с нижним расположением пружин не вписываются в закрытую высоту штампового пространства и съемник мешает укладывать поковки на обрезную матрицу, применяют пружинный съемник с верхним расположением пружин (рис. 14, схема V). В этом случае суммарная сила пружин должна составлять не менее половины силы, приходящейся на обрезку облоя. При обрезке крупных круглых в плане поковок облой можно легко удалять с пуансона, если на пуансоне сделать эксцентричную выточку (рис. 14, схема VI) и расположить ее со стороны, противоположной рабочему. Оставшийся на пуансоне облой рабочий надвигает на себя и легко снимает.

Для снятия с пуансона поковок высотой H после удаления перемычек применяют съемники на двух (рис. 15), трех и четырех распорных трубках, при конструировании которых значения H , s и D берут из чертежа поковки; $l = b + d_1$ (5...8) мм, где b принимают конст-

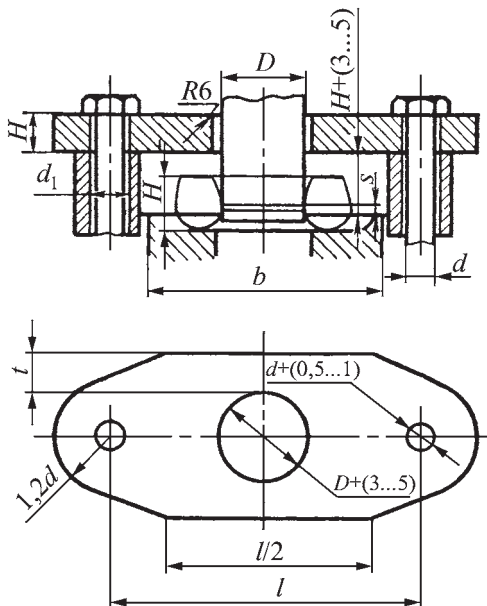


Рис. 15. Съемник на распорных трубках для съема поковки

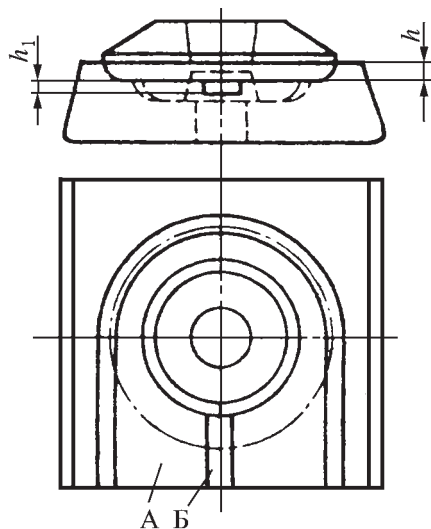


Рис. 16. Полуоткрытая матрица пробивного штампа

руктивно; $h \approx 0,5s + 0,1D + 0,01l + 8$ мм; $d \approx h$ (подбирают по размеру, ближайшему из ряда 12, 16, 20, 22 и 24 мм); $d_1 \approx 1,5d$ (подбирают по диаметру распорных трубок).

Расстояние от верхней поверхности съемника до запечиков пуансона при закрытом штампе должно быть не менее 10 мм. В противном случае распорные трубки следует заменять пружинами. Расстояние от матрицы до нижней плоскости съемника можно уменьшить на размер h (рис. 16) за счет выреза A глубиной h , если при этом центрирование поковки в матрице будет сохранено. Для более удобного удаления поковок из матриц рекомендуется делать в них канавки B глубиной h_1 , а съемники выполнять полуоткрытыми.

Необходимую силу $P_{\text{сн}}$ для съема облоя с пуансона определяют по формуле:

$$P_{\text{сн}} = KP_{\text{обр}},$$

где $P_{\text{обр}}$ — сила обрезки облоя (или пробивки перемычки); K — коэффициент, зависящий от условий обрезки (в холод-

ном или горячем состоянии), зазоров между пуансоном и матрицей, материала поковки и размеров облоя, условий наладки штампов; $K = 0,02 \dots 0,07$.

Штампы простого действия. Конструкцию штампа следует выбирать с учетом формы и размеров сечений поковки в плоскости, перпендикулярной к контуру обрезки, формы и размеров контура обрезки и серийности производства данной поковки. От формы и размеров контура обрезки зависят секционность и размеры матрицы, а следовательно, и способ ее крепления к нижней плите. Размеры контура обрезки с учетом толщины срезаемого облоя и материала поковки определяют вид обрезки (холодная или горячая) и необходимую силу. Горячую обрезку производят на обрезных прессах с большой высотой штампового пространства, холодную — как на обрезных, так и на более легких кривошипных прессах общего назначения. Высота штампового пространства определяет необходимую высоту нижней плиты штампа. Высокие нижние плиты (коробчатые) рассчитаны на удаление обрезанных поковок из выгребного окна коробчатой плиты и используются на обрезных прессах с силой не менее 1 МН. Низкие плиты рассчитаны на провал обрезанных поковок сквозь провальное окно в плите и в столе пресса и используются на прессах общего назначения с силой до 1,6 МН. После выбора типовой конструкции штампа и плиты размеры последней подбирают по габаритным размерам матрицы. На штампах простого действия выполняют только одну операцию: обрезку облоя или пробивку внутренней перемычки.

Штампы без колонок. Упрощенные штампы без колонок с креплением матриц непосредственно на столе пресса прихватами I и болтами (рис. 17, а) применяют в мелкосерийном, а иногда и в единичном произ-

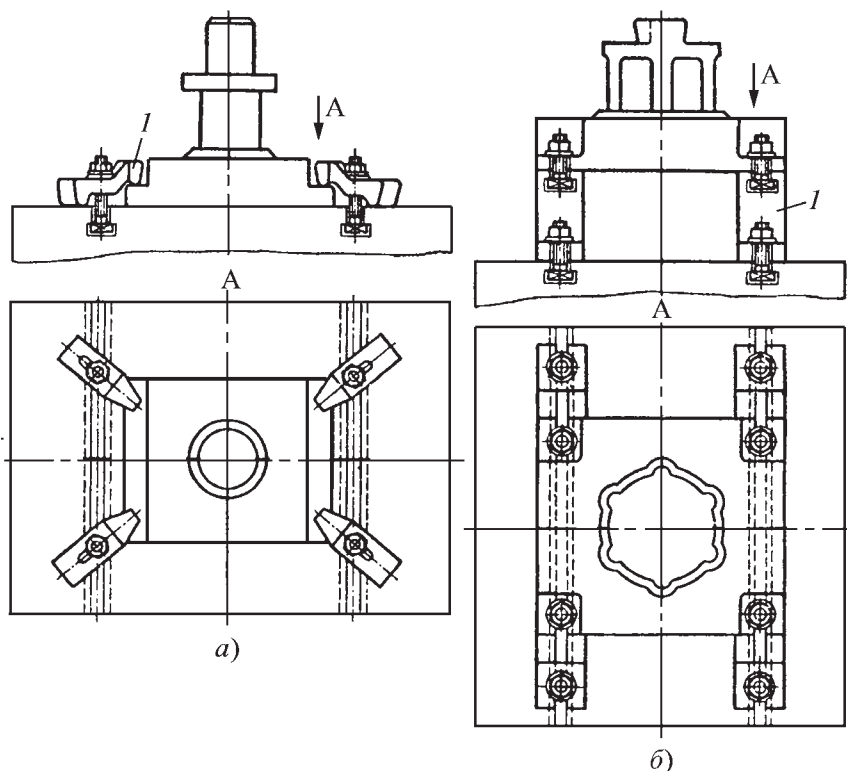


Рис. 17. Штампы с установкой матрицы:

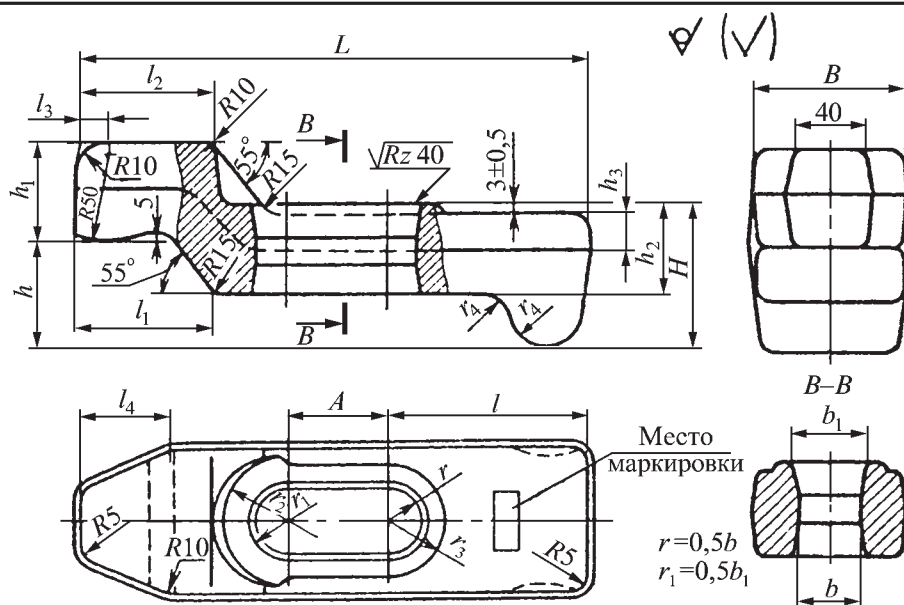
а — на столе пресса; б — на брусках

водстве для обрезки облоя у небольших по массе и простых по конфигурации поковок, круглых в плане или с вытянутой осью типа рычагов. Пуансон с помощью цилиндрического хвостовика закрепляют в ползуне пресса. Поковки после обрезки через отверстие в столе пресса падают в тару, помещенную под столом. Обрезку облоя в таких штампах производят в холодном и горячем состояниях. Такие штампы применяют на эксцентриковых прессах, когда расстояние между ползуном и плитой пресса является недостаточным для установки штампа с нижней плитой. Типоразмеры рекомендуемых прихватов приведены в табл. 14.

Штампы с креплением матриц на брусках (рис. 17, б) применяют в мел-

косерийном производстве как на эксцентриковых прессах, так и на двухстоечных прессах закрытого типа. Они предназначены для обрезки облоя у средних по массе поковок, круглых в плане и с вытянутой осью. Брусья укрепляют на столе пресса болтами, помещаемыми в пазах стола. Когда пазы стола имеют диагональное расположение, тогда брусья крепят прихватами. При смене штампов брусья не демонтируют со стола пресса. Преимуществом данной конструкции штампа является простота изготовления и возможность установки цельных матриц любых габаритов. Типоразмеры рекомендуемых брусьев приведены в табл. 15. При необходимости к брусьям одновременно с матрицей могут крепиться и съемники облоя.

14. Прихваты для крепления плит (размеры, мм)



<i>h</i>	<i>b</i> (±1)	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>b</i> ₁	<i>h</i> ₁	<i>h</i> ₂	<i>h</i> ₃	<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>l</i> ₂	<i>l</i> ₃	<i>l</i> ₄	<i>A</i>	<i>r</i> ₂	<i>r</i> ₃	<i>r</i> ₄
36	22	190	60	40	25	35	25	9,5	80	48	45	10	28	35	25	2	12
40						30											
36	26	220	70	48	30	40	30	12	93	50	50		32	46	30	26	
						35											
40	34	240	80	55	38	40	35	14,5	93	55	55	12,5	38	50	35	30	16
50	26	260		65	30	45	40	17	106	70	70		48		30	25	20
60	34	280		80	40	65	50	22	110	76	76	17,5	50	55	35	30	
						55											

Примечания: 1. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050–88); твердость 285...321 НВ.

2. Неуказанные радиусы 3 мм. Штамповочные уклоны не более 7°. Допуски на размеры по ГОСТ 7505–89, группа вторая.

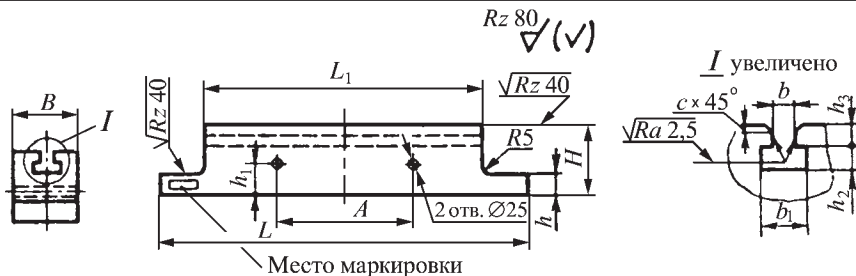
3. Допускаются поверхностные дефекты глубиной до 1 мм.

Штампы простого действия с креплением матриц в нижней плите клином (рис. 18, а) применяют в серийном производстве для обрезки облоя у мелких поковок и устанавливают на прессах, имеющих провальное окно в столе. Пуансон крепят клином в пуансонодержателе, а сам пуансонодержатель — в ползуне прессы. Возможно и непосредственное крепление пуансо-

на с помощью ласточкина хвоста в ползуне. Типоразмеры плит, в которых матрицы крепят клином, приведены в табл. 16.

Штампы простого действия с удалением поковок через провальное окно нижней плиты (рис. 18, б) применяют для обрезки облоя у средних поковок. Типоразмеры плит для крепления матриц клином и пуансонодержателя

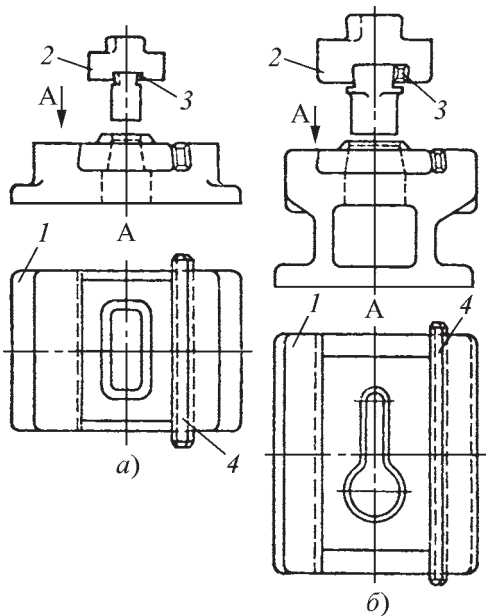
15. Брусья для крепления матриц (размеры, мм)



L	B	$H\ (\pm 0,1)$	L_1	b (доп. откл. по Н7)	h	h_1	A
710	100	100	560	22	36	50	400
800	120	150	600		40	80	550
900	100	100	750		36	50	600
1000	120		850				700
1250		150	800	28	40	80	650
		1060	800				800
1400		200	1180		50	120	900
1600	1400		1100				

Примечания: 1. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050–88).

2. Остальные размеры: $b_1 = 36$ (46) [доп. откл. +2 (+3)]; $h_2 = 16$ (20) [доп. откл. +1 (+2)]; $h_3 = 20$ (25); $c = 1,5$ (2). Размеры в скобках для плит с $b = 28$. Твердость HB ≤ 217. Отклонения свободных размеров по 14-му квалитету.



телей с хвостовиком под клин с креплением пуансона клином и винтами приведены в табл. 17–19.

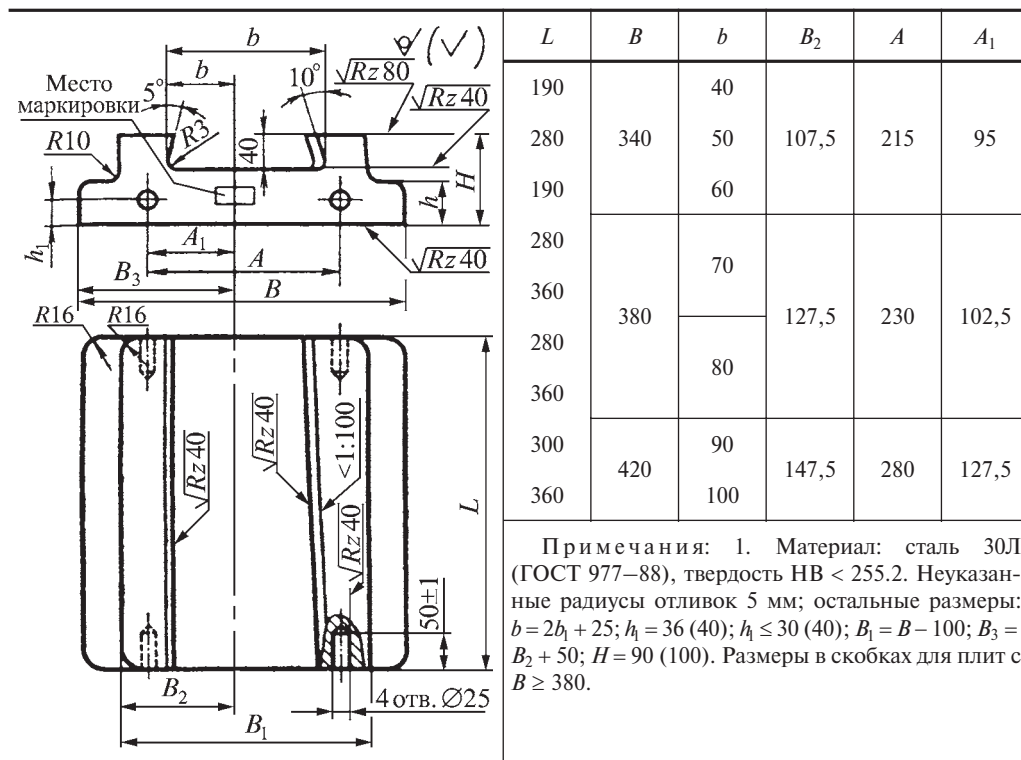
Типоразмеры рекомендуемых клиньев для крепления матриц и пуансонов приведены в табл. 20, 21.

В обрезных штампах данного типа применяют цельные или двухсекционные матрицы длиной не более 700 мм, так как изготовление для них клиньев большой длины и требуемой точности затруднительно.

Штампы с креплением секционных матриц винтами (рис. 19, а) не имеют

Рис. 18. Штампы простого действия с креплением матрицы клином и удалением поковки: а — через окно в столе пресса; б — через окно нижней плиты; 1 — нижняя плита; 2 — пуансонодержатель; 3, 4 — клинья

16. Плиты нижние для крепления матриц клином (размеры, мм)



ряда недостатков, присущих штампам с креплением матриц клином. Такие штампы используют в крупносерийном производстве, где имеется хорошо поставленная служба изготовления и ремонта штампов. Штампы применяют как для холодной, так и для горячей обрезки облоя у мелких поковков и устанавливают на эксцентриковых прессах, имеющих провальное окно в столе. Достоинством этих штампов является возможность применения в них как цельных, так и секционных матриц. Чтобы матрица плотно прилегала к гнезду в нижней плите, провальное окно в ней выполняют близким по конфигурации к обрезаемой поковке. Штамп на столе пресса крепят прихватами или непосредственно болтами, если это позволяют делать пазы стола. Гнездо под матрицу в нижней плите делают на

10 мм больше по длине и ширине по сравнению с размерами матрицы, что исключает перемещение штампа по столу пресса при его наладке. В табл. 22 приведены типоразмеры нижних плит для крепления матриц винтами.

Для горячей обрезки облоя средних и крупных поковков в крупносерийном и массовом производстве применяют штампы с креплением секционных матриц винтами и удалением поковков через провальное окно нижней плиты (рис. 19, б). В табл. 23 приведены типоразмеры нижних плит для конструирования таких штампов.

Штампы с нижней плитой для матриц круглой или квадратной формы и удалением поковков через окно пресса (рис. 20, а) применяют при мелкосерийном и серийном производстве для холодной и горячей обрезки облоя у

Окончание табл. 17

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость HB ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм; остальные размеры: $b = 2b_1 + 25$ (34); $h_2 = 80$ (100); $h_3 = 36$ (50); $h_5 = 75$ (95). Размеры в скобках для плит с $B > 420$. Обозначения А и В см. табл. 25.

18. Пуансодержатели с хвостовиком под клин и креплением пуансона клином (размеры, мм)

	b	b_1	b_2	h	h_1	L	B	B_1	H
	90	35	57	39	38	200	210	90	80
			65			320			
		22,5	44,5	32	32	400	190	80	70
						500			
						630			
	140	45	75	46	38	200	240	110	90
			57			320			
		—	65	46	38	400	220	100	90
						500			
						630			
	180	90	140	46	45	200	380	160	90
						320			
	180	70	120	46	45	400	320	140	125
						500			
						630			

Примечания: 1. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050–88); твердость HB ≤ 217.

2. Отклонения размеров по 14-му качеству. Отклонения от параллельности поверхности А относительно поверхности В не более 0,05 мм на длине 100 мм.

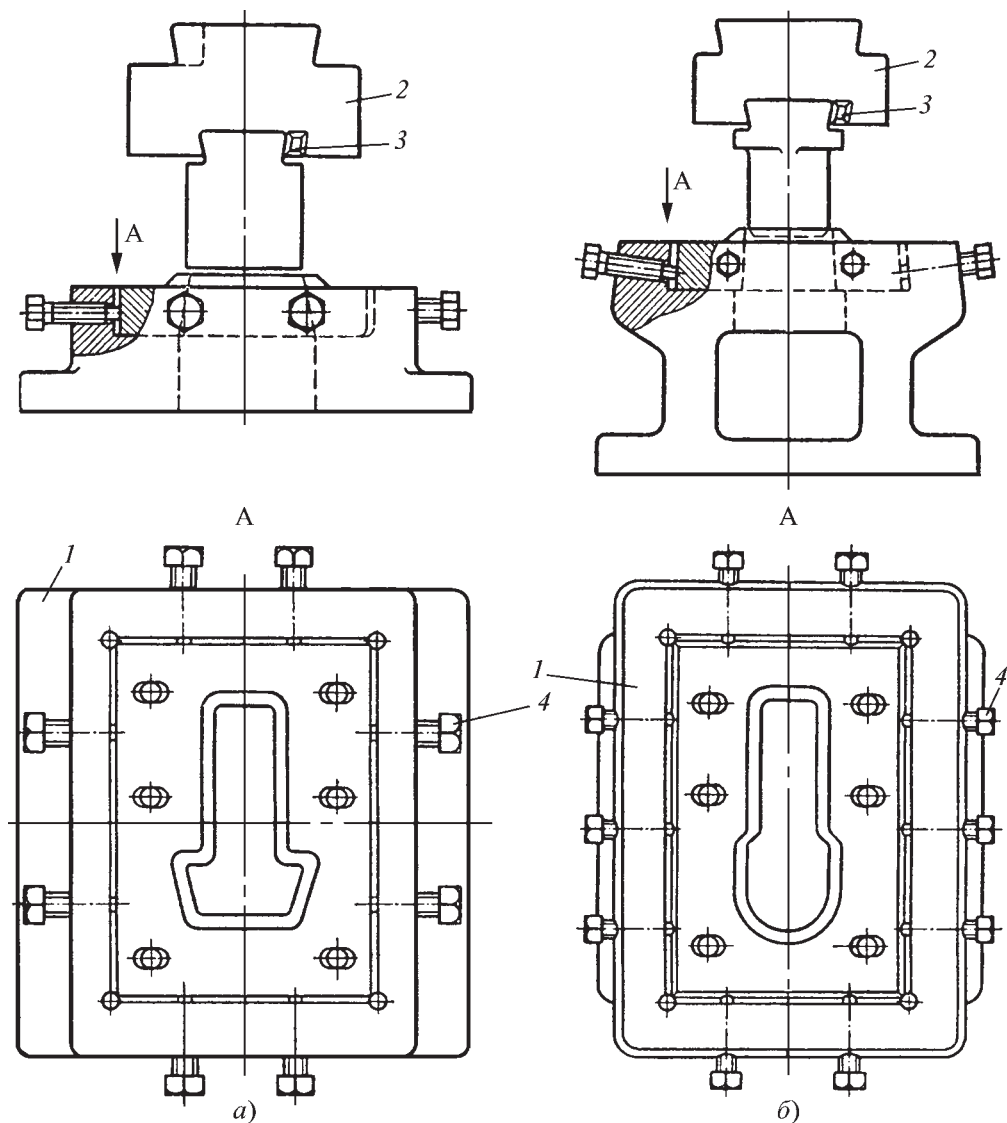


Рис. 19. Штампы простого действия с креплением матрицы винтами и удалением поковок:

а — через окно в столе пресса; *б* — через окно нижней плиты; 1 — нижняя плита; 2 — пуансонодержатель; 3 — клин; 4 — винт

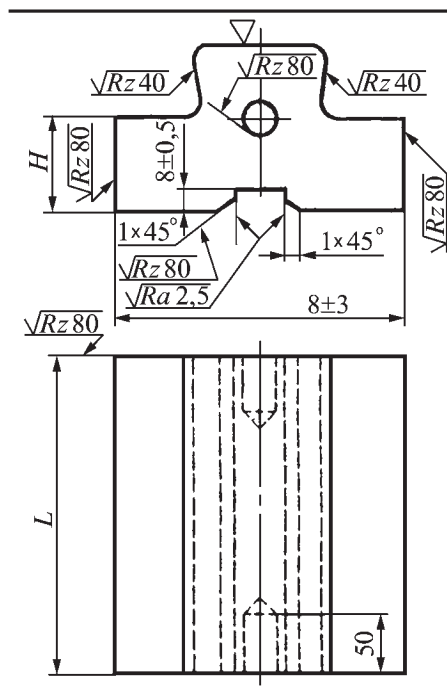
мелких поковок. Такие штампы применяют на эксцентриковых прессах.

Штампы с нижней плитой для круглых или квадратных матриц и удалением поковок через окно нижней плиты (рис. 20, *б*) применяют для обрезки облоя у средних поковок и устанавливают на однокривошипных прессах закрыто-

го типа. Типоразмеры нижних плит, рекомендуемые для конструирования таких штампов, приведены в табл. 24 и 25.

Штампы с колонками. Обрезные штампы с направляющими колонками применяют в массовом производстве. Такие конструкции штампов позволяют обеспечить большую точность

19. Пуансонодержатели с хвостовиком под клин и креплением пуансона винтами (размеры, мм)

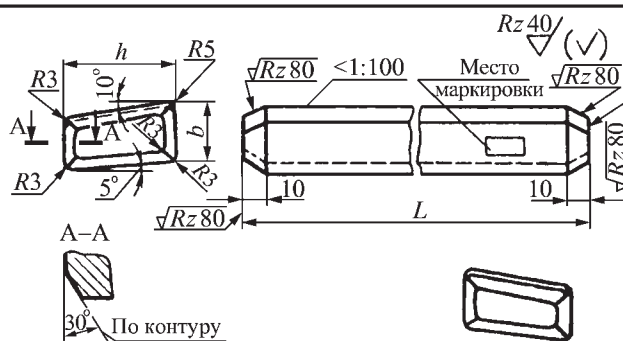


<i>B</i>	140	160	180	200	240
<i>H</i>	40	40	45	45	50
<i>B</i>	260	280	300	350	400
<i>H</i>	50	60	60	70	70

Примечания: 1. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050–88).

2. $L = l + (20 \dots 40)$, где l — длина поковки.

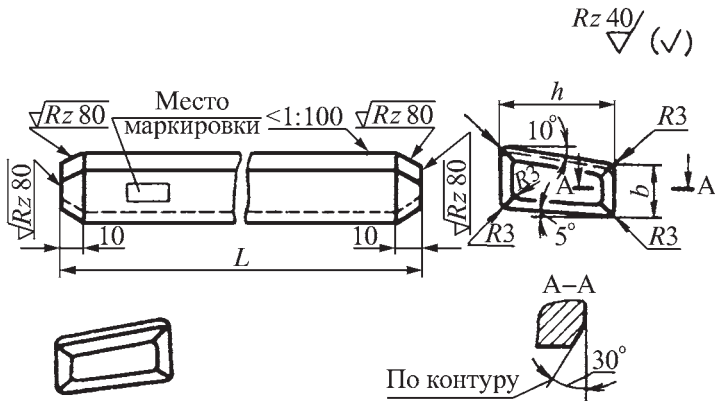
20. Клинья для крепления матриц (размеры, мм)



<i>b</i>	<i>h</i>	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>L</i>
Доп. откл.			Доп. откл.			Доп. откл.		
+0,2	−0,5	±2	+0,2	−0,5	±2	+0,2	−0,5	±2
25,6	40	300	25,6	40	500	34,6	50	600
		360			560			670
		400			600			710
		450			670			800

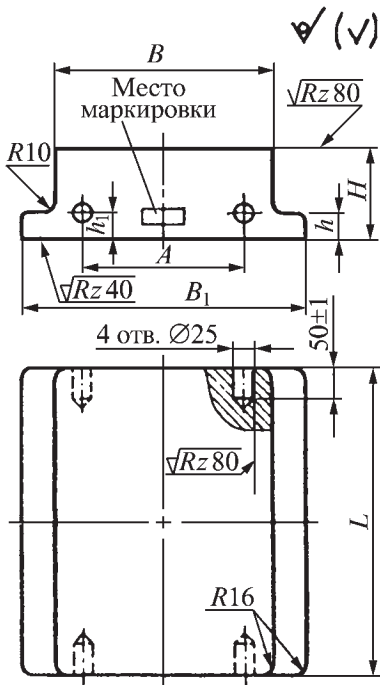
Примечание. Материал: сталь 40X (ГОСТ 4543–71); твердость 285...363 НВ.

21. Клинья для крепления пуансонов (размеры, мм)



<i>b</i>	<i>h</i>	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>L</i>	Примечания
Доп. откл.			Доп. откл.			
+0,2	−0,5	±2	+0,2	−0,5	±2	
22,6	42	300...600	30,6	38	450...1120	1. Материал: сталь 40Х (ГОСТ 4543–71); твердость 285...363 НВ.
22,6	38	300...600	50,6	45	500...1120	2. Ряд размеров <i>L</i> : 300, 450, 500, 600, 750, 900, 1120.

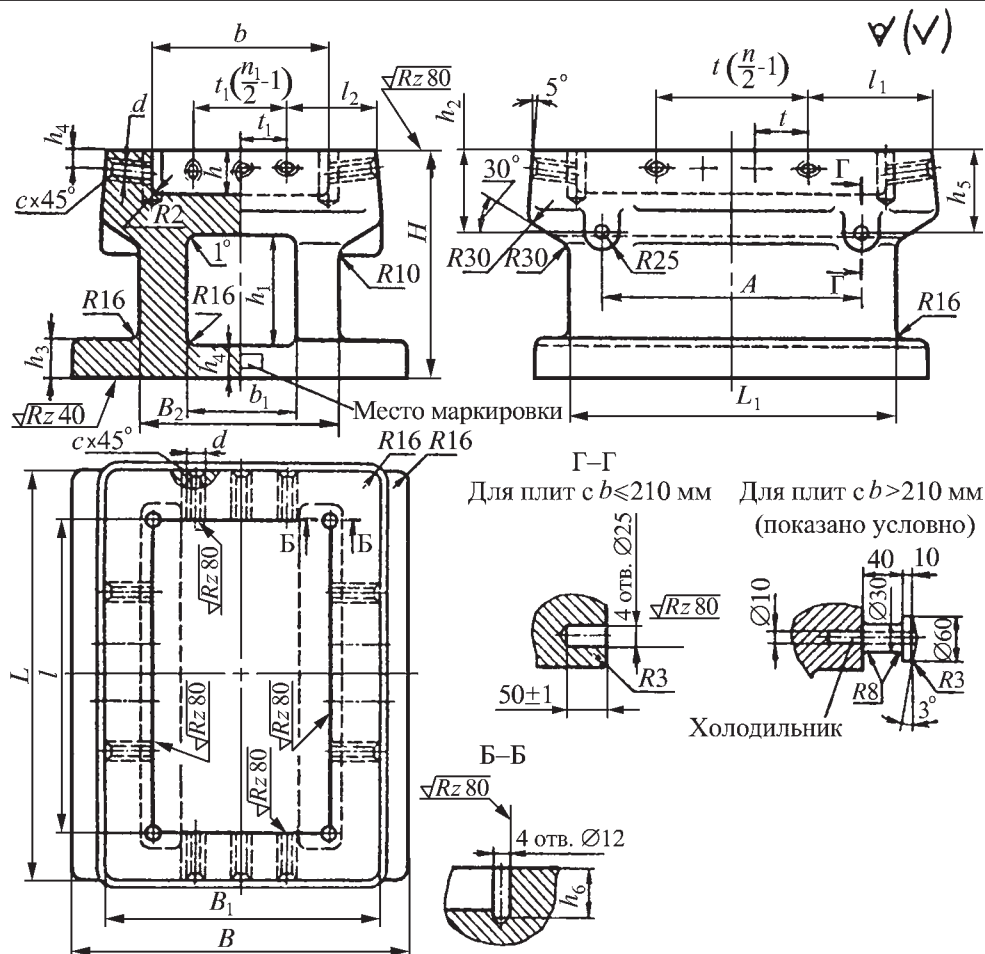
22. Плиты нижние для крепления матриц винтами (размеры, мм)



L	B	H	h	h_1	B_1	A			
190	240	90	36	30	340	190			
240									
300									
300	280	400	40	40	380	215			
400									
300	320				420	255			
400									

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–75); твердость НВ ≤ 255.
2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм.

23. Плиты нижние коробчатые для крепления матриц винтами (размеры, мм)



Гнездо для матриц		L	B	H	b_1	h_1	B_1	B_2	h_3	L_1	l_1	l_2	n	n_1	t	t_1	A
l	b																
260	150	340	260	200	90	100	220	150	36	270	80	75	8	4	60	70	160
370		450								380	85		10		70		260
460		530								460	105		10		80		340
570		670								600	135		12		80		420
260	170	340	300	220	120	90	260	180	36	260	80	80	8	6	60	50	160
370		450								370	85		10		70	260	
460		530								450	105				80	340	
310	190	380	300	220	120	110	260	180	36	300	85	80	8	6	70		210
410		480								400	80		10		70	290	
510		600								520	100		12		80	390	

Окончание табл. 23

Гнездо для матриц		L	B	H	b_1	h_1	B_1	B_2	h_3	L_1	l_1	l_2	n	n_1	t	t_1	A		
l	b																		
370	210	450	360		140	105	300	210	40	360	85	75	10	8	70		260		
460		560				470				120	80				340				
570		670				580				135	12				420				
680		800				710				130	14				520				
410	260	500	420	250	190	110	360	270		410	90	90	10		8	80	60	290	
510		600								510	100							12	390
710		710								620	115							14	470
720		850								760	155							14	550

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость HB ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм; остальные размеры: $h = 40(50)$; $h_2 = 80(100)$; $h_3 = 75(95)$; $h_6 = 45(55)$; $h_7 = 17(21)$; $d = M16(M20)$; $c = 1,5(2)$; $r = 16$; n и n_1 — число отверстий на двух противоположных сторонах плиты. Размеры в скобках для плит с $B = 420$ мм. Размеры плит с $B > 420$ мм по заводской документации.

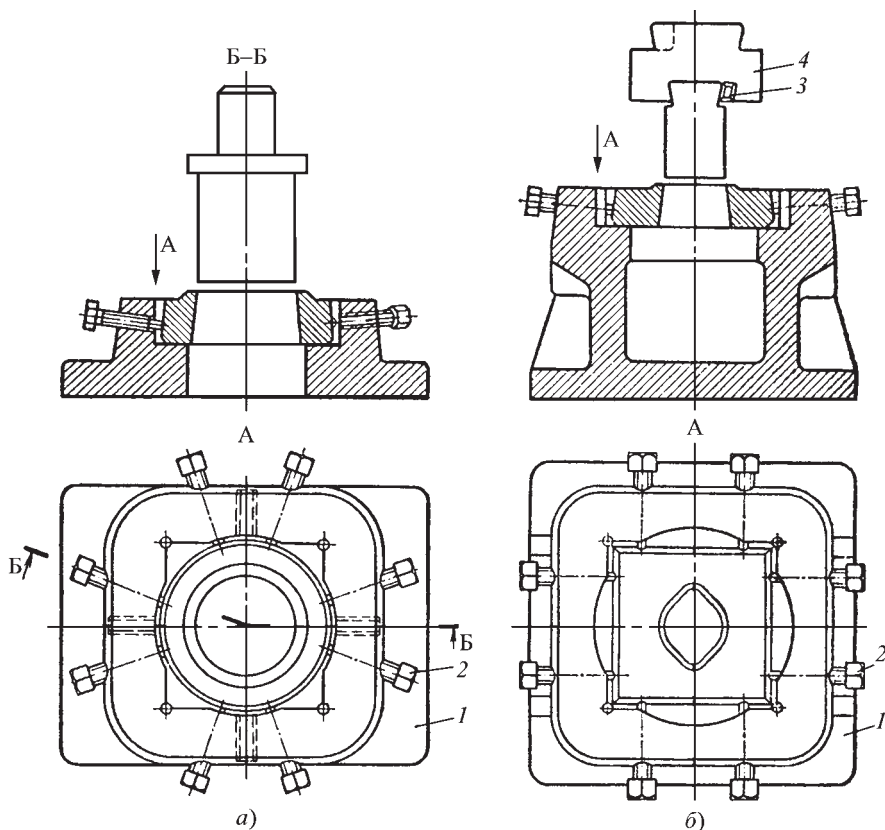
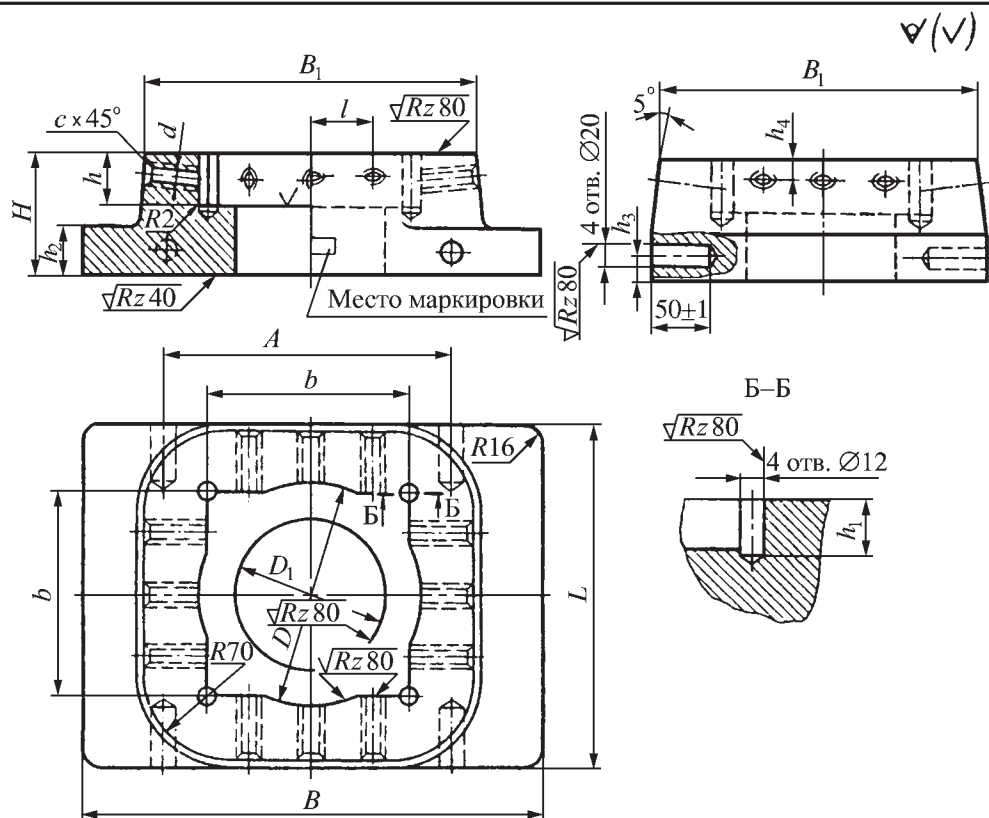


Рис. 20. Штампы для круглых или квадратных матриц с креплением винтами и удалением поковок: а — через окно в столе пресса; б — через окно в нижней плите; 1 — нижняя плита; 2 — винт; 3 — клин; 4 — пуансонодержатель

24. Плиты нижние для круглых и квадратных матриц (размеры, мм)



Гнездо для матрицы			D_1	L	B	h_4	d	A	l
D	b	h							
130	110	36	75	210	300	13	M16	180	—
170	150	40	110	250	340	16		200	45
210	170		140	320	400	17		270	55
260	210		180	380	480	20	M20	290	60
310	260	50	220	420	500	20		340	80

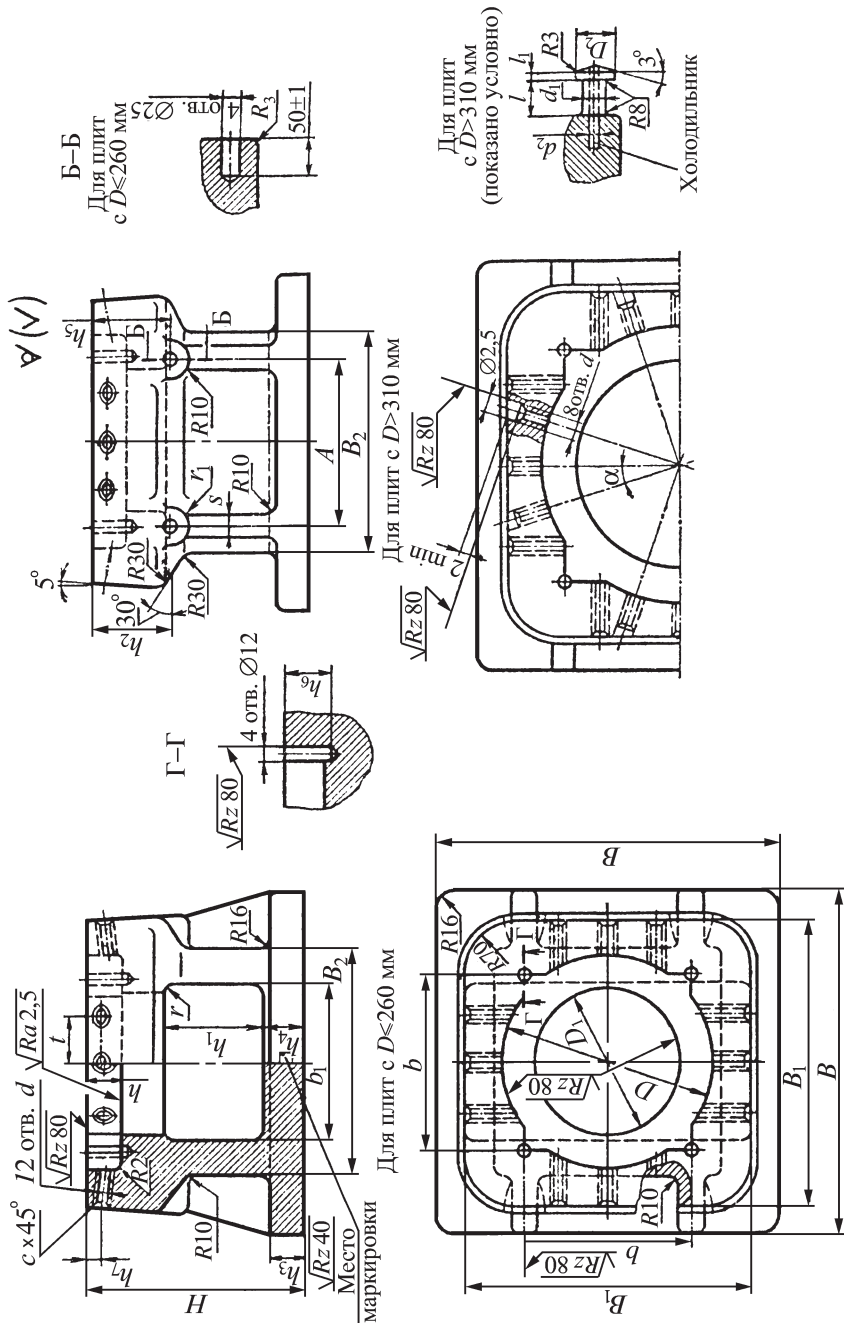
Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость HB ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм; остальные размеры: $H = 90$ (100); $B_1 = L - 10$ (20); $h_1 = h + 5$; $h_2 = 36$ (40); $h_3 = 17$ (20); размеры в скобках для плит с $D \geq 210$ мм. Число отверстий под винты $n = 12$, для первой группы $n = 4$.

и постоянство взаимного положения матрицы и пуансона, т.е. соблюдение равномерного зазора между пуансоном и фигурой в матрице. Применение штампов с направляющими колонками и втулками обязательно при зазоре ме-

жду пуансоном и матрицей $\delta \leq 0,5$ мм. В штампах с колонками применяют цельные и секционные матрицы. Секционные матрицы, кроме крепления со всех сторон установочными винтами, крепят еще сверху и болтами.

25. Плиты нижние коробчатые для круглых и квадратных матриц (размеры, мм)



Гнездо для матрицы			b_1	h_1	D_1	B	H	B_1	B_2	h_2	h_3	h_4	h_5	h_7	t	s	r	D_2	d	A	$\alpha, ^\circ$
D	b	h																			
170	150	40	120	85	110	300	200	240	180	80	36	36	75	16	45	20	16	—	M16	130	—
210	170		150	95	140	360	220	300	220		40	50			55	25				170	
260	210	40	190	110	180	420		360	270		40			17	60	30	16	—	M16	210	—
310	260		230	100	220	450	250	400	310	100	50	50	95		80					265	
370	310		280		270	560		470	370					20	100		30	60		300	15
410	370	50	320	155	310	600		530	420	110	50	65	105		110	35	40		M24	350	
460	410		360	145	350	670	320	560	470						130					370	18
510	460		410	150	400	750	360	630	540	120			120	19	140					400	
570	510		460		450	850		710	600			80			170		60	70		460	21
610	570	60	500	170	490	900	400	750	660	155	60		155	24	190	40			M24	500	
680	610		560		530	1000		800	730						200					540	20

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость HB ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм; остальные размеры: $h_6 = h + 5$; $r_1 = 25(30)$; $d_1 = 30(40)$; $d_2 = 10(16)$; $l = 40(53)$. Размеры в скобках для плит с $D \geq 510$.

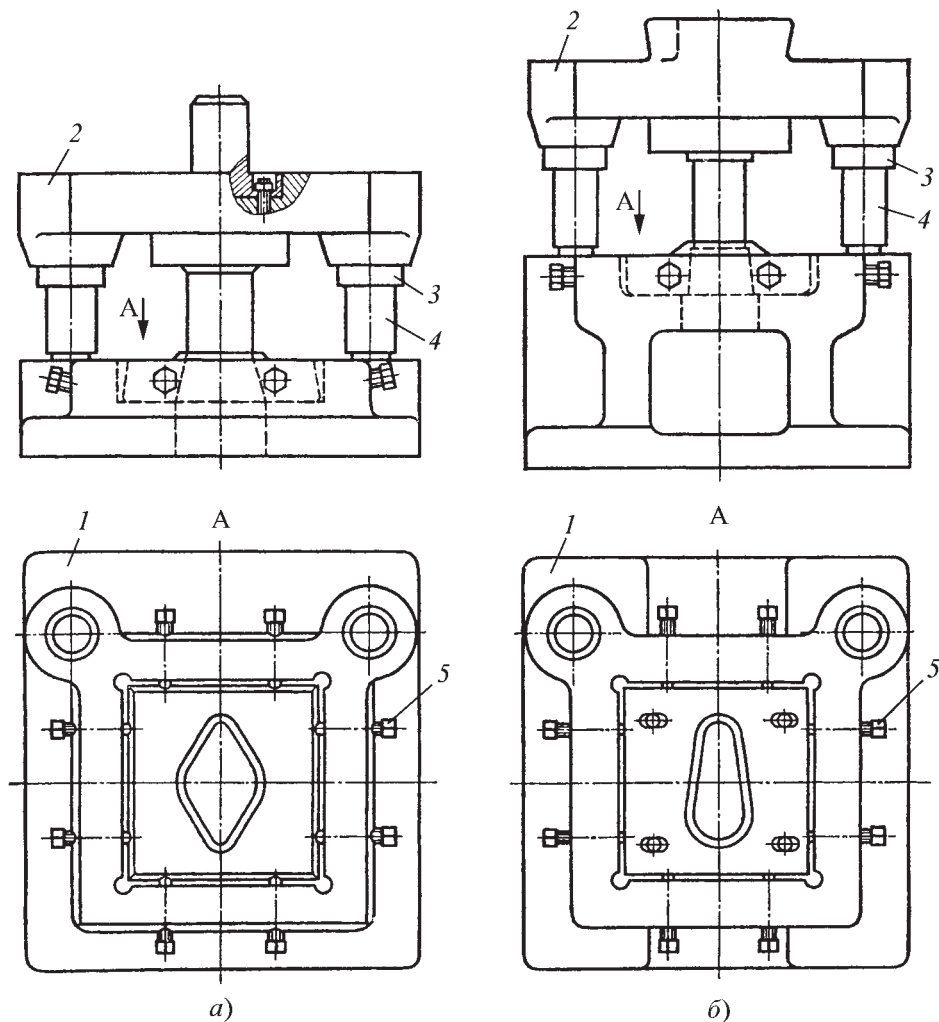


Рис. 21. Штампы с задним расположением колонок и удалением поковок:

a — через окно в столе пресса; *б* — через окно нижней плиты; 1, 2 — нижняя и верхняя плиты; 3 — втулка; 4 — колонка; 5 — винт

Наладку таких штампов выполняют одновременно в штамповой мастерской, а при установке на пресс закрепляют верхнюю плиту в ползуне, а нижнюю с помощью прихватов — на столе. В практике горячештамповочных цехов применяют следующие конструкции штампов с колонками.

Штампы с задним расположением направляющих колонок и удалением поковок через окно в плите пресса

(рис. 21, *a*) обеспечивают хороший доступ к штампу и свободную укладку поковок под обрезку. Наладка такого штампа проста и отнимает мало времени. Штампы устанавливают на эксцентриковых прессах с провальным окном или на столах с боковыми ползунами. Применяют данные штампы для холодной обрезки обля.

Штампы с задним расположением направляющих колонок и удалением

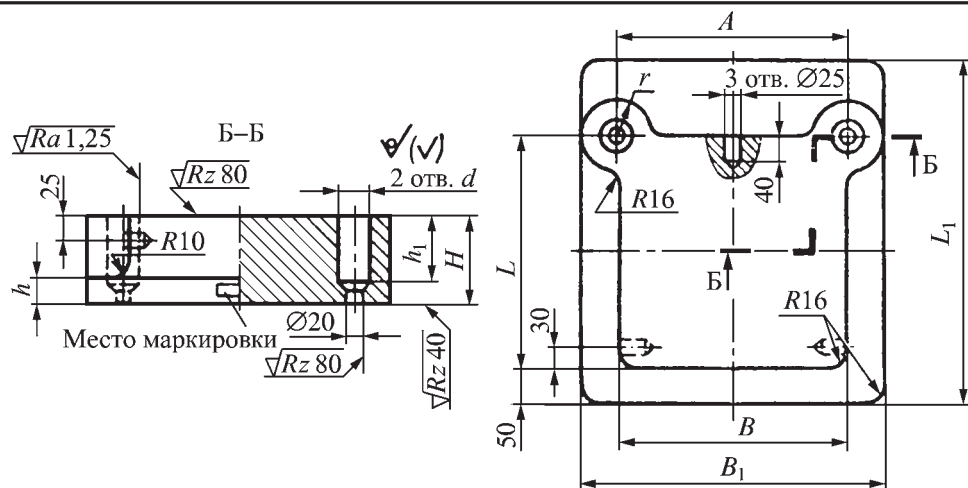
поковок через окно нижней плиты (рис. 21, б) применяют для горячей обрезки облоя у средних поковок в цехах с массовым производством. Устанавливают штампы такой конструкции на кривошипных обрезных прессах закрытого типа. Подобная конструкция очень удобна для обрезки облоя у поковок с криволинейной линией разреза или сложной конфигурацией, когда возникают силы, сдвигающие пуансон. Штампы данной конструкции хорошо зарекомендовали себя на производстве, они открыты с трех сторон, поэтому укладка и съем поковок и облоя могут быть легко механизированы. Направляющие колонки и втулки не могут испортить плохое регулирование направ-

ляющих ползуна пресса, так как в этом случае они будут быстро изнашиваться, особенно в момент захода колонки во втулку. Плохое регулирование направляющих ползуна пресса может привести к поломке колонок, что выведет штамп из строя.

Типоразмеры применяемых для конструирования указанных штампов верхних и нижних плит приведены в табл. 26–28.

Штампы с осевым расположением колонок и удалением поковок через окно в столе пресса и через окно в нижней плите применяют для тех же видов и условий обрезки, что и штампы с задним расположением колонок. От предыдущих они отличаются тем,

26. Плиты нижние с задним расположением направляющих колонок (размеры, мм)

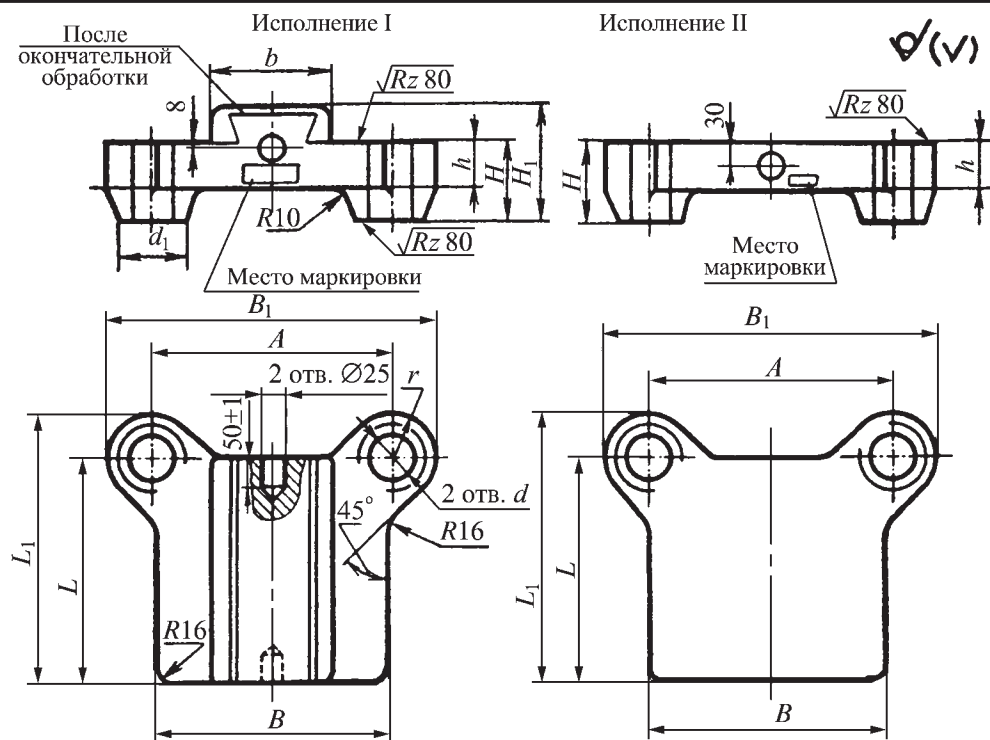


L	B	L ₁	B ₁	H	h	h ₁	d (доп. откл. по Н9)	A	r
240	240	380	340	90	36	60	40	240	50
320	280	480	380	100				40	
300	300	530	450		60				
360			500			380			
420	360	600	560			440			

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость HB ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм.

28. Плиты верхние с задним расположением направляющих колонок (размеры, мм)



L	B	L_1	B_1	b	H	H_1	h	d (доп. откл. по Н7)	d_1	r	A
240	240	290	340	120	110	160	60	55	90	50	240
320	280	370	380								280
300	300	360	450					65	110	60	330
360		420									
420	360	480	500	170	130	185	70				440
480	420	540	560								

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость HB ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм.

что укладку поковки для обрезки производят только с одной стороны. Конструкция плит для штампов с осевым расположением направляющих колонок приведена на рис. 22.

Конструкцию штампов с диагональным расположением колонок и удалением поволоков через окно нижней плиты (рис. 23) применяют в условиях крупносерийного и массового

производства для горячей обрезки облоя у поволоков, имеющих удлиненную форму и сложную конфигурацию. В зависимости от специфики производства колонки могут быть расположены по любой диагонали и их число в зависимости от требуемых условий может быть больше двух, для чего в нижней плите предусмотрены четыре прилива под колонки, а в верхней —

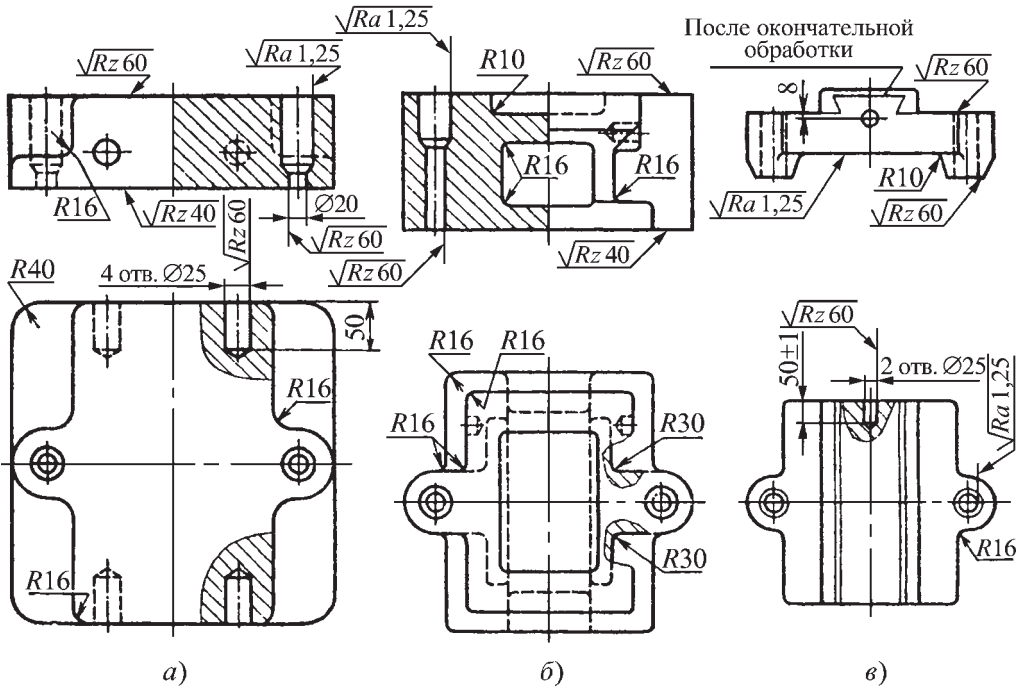


Рис. 22. Плиты:

а — нижние плоские; б — коробчатые; в — верхние с осевым расположением направляющих колонок

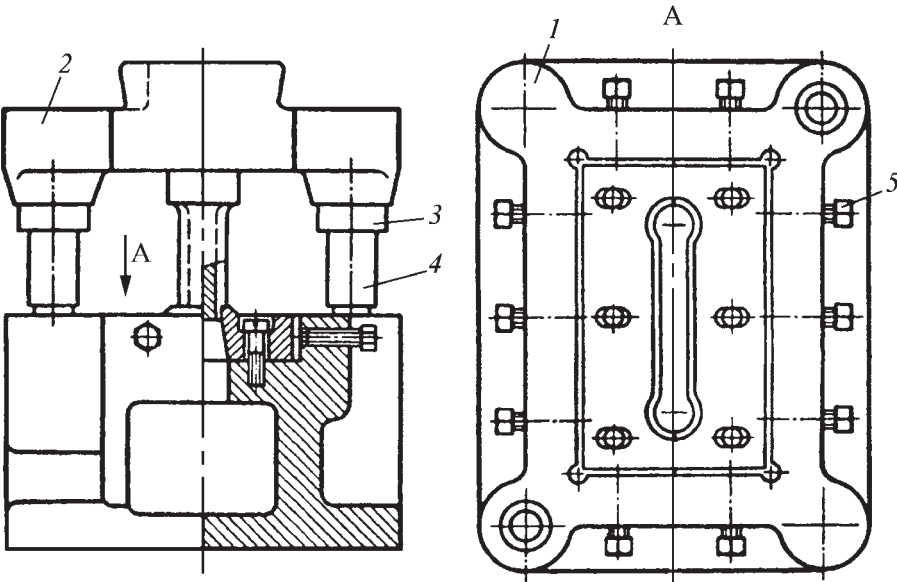


Рис. 23. Штампы с диагональным расположением колонок:

1, 2 — нижняя и верхняя плиты; 3 — втулка; 4 — колонка; 5 — винт

четыре прилива под втулки. Колонки необходимо располагать таким образом, чтобы обеспечить свободную укладку обрезаемой поковки в матрицу.

Длину колонок следует выбирать такой, чтобы в момент начала обрезки они входили во втулки на глубину, равную половине диаметра направляющей колонки, что обеспечивает правильное направление верхней плиты с пуансоном. При крайнем нижнем положении пуансона между верхним торцом колонки и ползуном пресса должно оставаться расстояние не менее 15 мм. Рекомендуемые типоразмеры нижней и верхних плит с диагональным расположением колонок, направляющих колонок и втулок приведены в табл. 29–32.

При конструировании штампов для удаления внутренних перемычек используют те же детали, что и для обрезных штампов. Пробивку перемычек выполняют в холодном и горячем состоянии поковок. Для пробивки перемычек в холодном состоянии поковок используют преимущественно эксцентриковые прессы, а в горячем — боковые ползуны однокривошипных обрезных прессов закрытого типа. Штампы без колонок с креплением матриц клином (рис. 24) применяют преимущественно для пробивки перемычек у мелких и средних поковок, которые не вы-

зывают при этом сдвигающих сил, а штампы с задним расположением колонок применяют для холодной и горячей пробивки перемычек в поковках сложной конфигурации, с криволинейной и ломаной линией разреза, когда могут возникать сдвигающие силы.

Крепят штампы на столе пресса с помощью прихватов, а пуансоны непосредственно в ползуне либо с помощью цилиндрического хвостовика, либо посредством пуансонодержателя с креплением клином. В указанных конструкциях съемники устанавливают на распорных трубках. В связи с тем, что наличие съемника требует некоторого увеличения расстояния от ползуна до стола пресса, при конструировании пробивных штампов на колонках необходимо применять более длинные колонки. Типоразмеры нормализованных деталей приведены в табл. 33–35.

Чертеж обрезного штампа. Общий вид штампа вычерчивают только для штампов специальных конструкций. Если для обрезки принят штамп одной из рассмотренных типовых конструкций, то на чертеже показывают (рис. 25) только пуансон, матрицу и другие ненормализованные детали штампа. Нормализованные детали (плиты, пуансонодержатели, колонки, втулки, детали съемника и др.) показывают только в

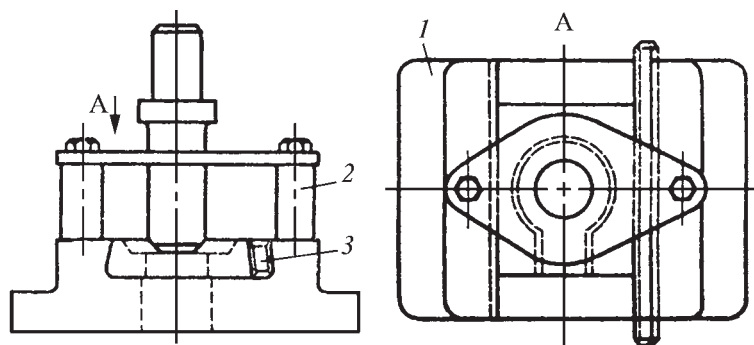
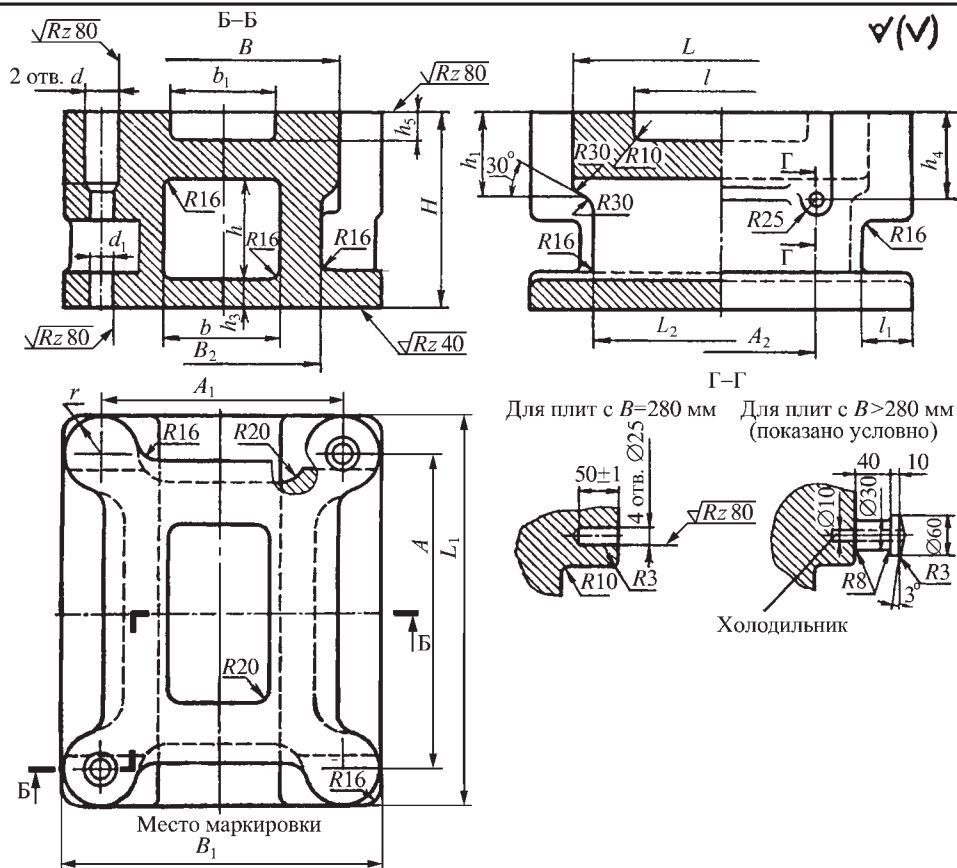


Рис. 24. Штамп для пробивки перемычек в поковках с креплением матриц клином:

1 — нижняя плита; 2 — распорная втулка; 3 — клин

29. Плиты нижние коробчатые с диагональным расположением направляющих колонок (размеры, мм)

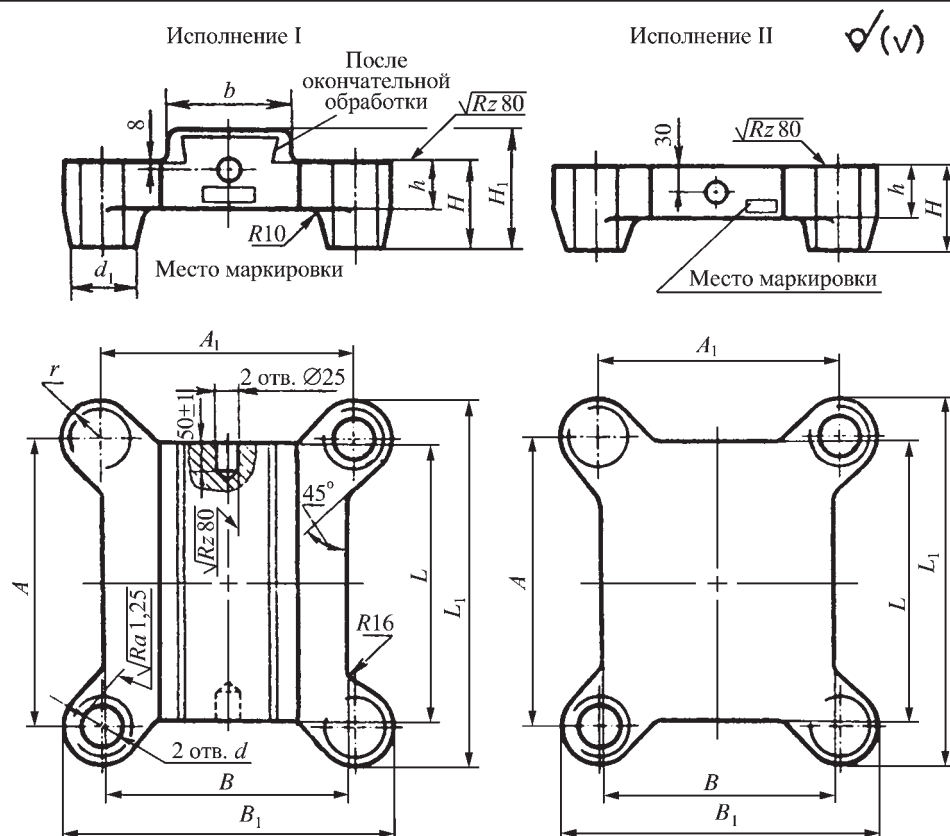


L	B	H	b	h	B ₂	b ₁	L ₂	l	h ₁	h ₃	h ₄	h ₅	A	A ₁	A ₂
360							260	150					380		200
480	280	200	120	90	180	110	380	240	80	30	75	30	500	280	300
560							460	340					570		400
400							310	190					410		220
500	300	220	140	105	210	120	410	290	80	36	75	30	510	330	280
600							510	390					630		380
800							710	540					780		500
480							390	240					480		240
560	360	250	190	110	270	160	470	340	100	40	95	40	590	380	340
670							580	440					680		540
850							760	590					830		690

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость HB ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм; остальные размеры: $l_1 = 65(80)$; $h_2 = 36(40)$; $h_6 = 60(70)$; $h_7 = 60(70)$; $d = 40(50)$ (доп. откл. по H9); $d_1 = 20(30)$; $r = 50(60)$. Размеры в скобках для плит с $B > 300$. $L_1 = L + (100...150)$; $B_1 = B + (100...150)$.

30. Плиты верхние с диагональным расположением направляющих колонок (размеры, мм)

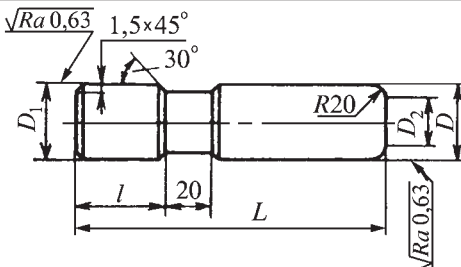


L	B	b	H	H_1	h	A	A_1
360	280	120	110	160	60	380	280
480						500	
560						570	
400	300	120	110	160	60	410	330
500			120	170	70	510	
600			140	175	80	630	
800			140	195	80	780	
480	360	170	130	185	70	480	380
560			130	185	70	590	
670			140	195	80	680	
850			140	200	80	830	
530	420	170	130	185	70	550	440
630			140	195	80	630	

Примечания: 1. Материал: сталь 30Л (ГОСТ 977–88); твердость НВ ≤ 255.

2. Неуказанные радиусы отливок 5 мм; остальные размеры: $d = 55(65)$ (доп. откл. по Н7); $d_1=90(110)$; $r = 50(60)$. Размеры в скобках для плит с $B \geq 300$.

31. Колонки направляющие (размеры, мм)

	$D = D_1$	D_2	L	l
	40	30	150...200	50
	40	30	210...300	60
	50	40	160...220	55
	50	40	230...400	70
	65	55	200...340	100
	65	55	360...450	100

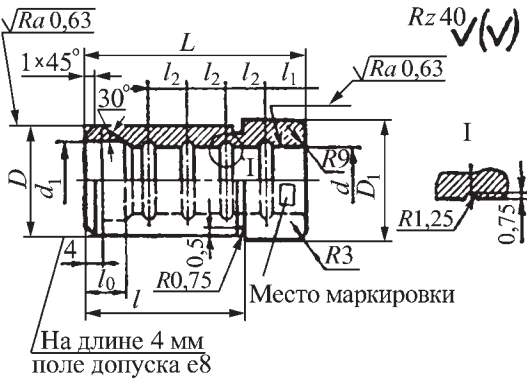
Примечания: 1. Ряд размеров L : 150...240 с интервалом 10 мм; 240...420 с интервалом 20 мм.

2. Материал: сталь 20 (ГОСТ 1050–88); цементация на глубину 0,5...1 мм; твердость 58...62 HRC; сталь 45 и 50 (ГОСТ 1050–88); закаливании токами высокой частоты; твердость 45...50 HRC.

При использовании колонок для штампов с шариковыми направляющими допускается применение стали ШХ15 (ГОСТ 801–78); твердость 58...62 HRC.

3. Отклонения свободных размеров по 14-му квалитету. Биение диаметров D и D_1 не выше половины допуска на размер D .

32. Втулки направляющие (размеры, мм)

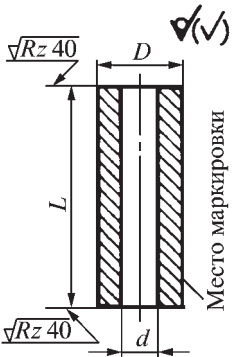


d (доп. откл. по f9)	d_1	D (доп. откл. по H8)	D_1	l	L	l_0	l_1	l_2	Число канавок
40	41	55	58	65	100	20	15	25	3
50	51	65	68	67		25			
65	66	90	93	100	150		20	20	4

Примечания: 1. Материал: сталь 20 (ГОСТ 1050–88); цементация на глубину 0,5...1 мм, твердость 58...62 HRC; сталь 45 и 50 (ГОСТ 1050–88), закаливании токами высокой частоты; твердость 45...50 HRC.

2. Отклонения свободных размеров: диаметров — по H12 и h12; остальных размеров — по 14-му квалитету. Биение диаметров D и d не выше половины допуска на диаметр d .

33. Втулки распорные для съемников (размеры, мм)



L (доп. откл. $-0,5$)	D	d
40...100	25	15
50...100	28	18
50...100	32	22
60...120	38	28

Примечания: 1. Ряд L : 40...60 с интервалом 5; 70...120 с интервалом 10.

2. Материал: сталь марки Ст3 (ГОСТ 380–2005).

3. Втулки распорные изготавливают из труб (ГОСТ 8732–78).

том случае, если необходима специальная обработка с указанием лишь тех узлов, для которых нужны специальная

разметка и обработка, размеры же, взятые из нормалей, при этом не проставляют.

Секционную матрицу показывают на чертеже в сборе с указанием габаритов секций и прочих размеров, за исключением размеров контура обрезки в плане.

При вычерчивании пуансона проставляют все размеры, кроме размеров контура обрезки и фигуры поковки. Вместо них наносят главные осевые линии фигуры поковки и размеры от них до кромок пуансона и его верхнего торца. В фигуре проставляют только те размеры, по которым между поковкой и пуансоном предусмотрен зазор.

В примечании к чертежу должно быть указано, что фигуры в пуансоне и матрице следует выполнять по чертежу поковки, предназначенному для изготовления штампа, и пригонять по поковке при холодной обрезке или по специальной отливке при горячей обрезке. Здесь же указывают размеры за-

34. Прихваты для матриц (размеры, мм)

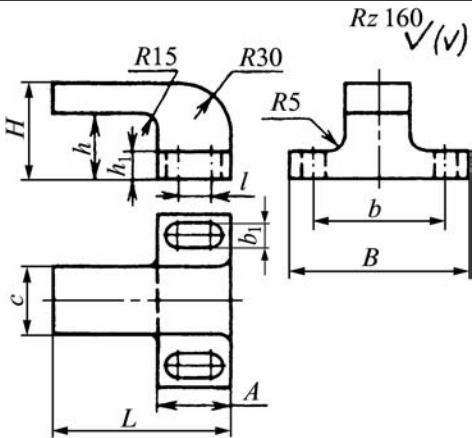


L	B	H	l	l_1	l_2	h	d	r
65	36	34	20	11	16	20	17	31
80	45	38	25	14	20	30	22	39
95	55	45	25	14	24	30	26	44

Примечания: 1. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050–88); твердость 285...321 НВ.

2. Отклонения размеров по 14-му качеству.

35. Лапы съемников (размеры, мм)



c	B	b	A	l	h_1	b_1	L	h	H
20	70	45	30	17	15	6,5	60	35	50
							70	40	60
30	92	62	35	18	15	8,5	85	50	70
							95	65	85
45	113	78	40	19	18	9,5	110	65	86
							125	80	102
50	130	90	45	24	20	10,5	140	80	102
							155	100	125

Примечание. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050–88); твердость 229...285 НВ.

зора между пуансоном и матрицей и закрытой высотой штампа.

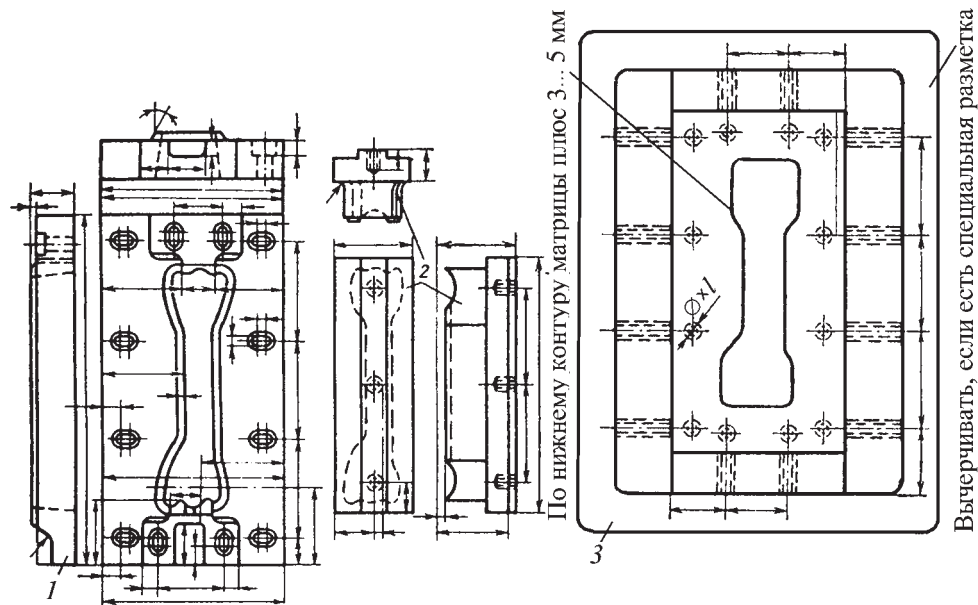
Размеры контура провального окна в нижней плите и размеры для разметки отверстий под винты крепления матриц и пуансонов в плитах на чертеже не проставляют, поскольку их разметка производится по месту при наложении матрицы на нижнюю, а пуансона на верхнюю плиту. Обычно нижнюю плиту показывают на чертеже только для указания разметки и обработки отверстий под натяжные и стопорные винты матриц и винты для крепления съемников при наличии таковых.

Допуски на размеры, знаки обработки и места клеймения оговаривают в общих технических условиях на из-

готовление обрезных штампов, и поэтому их в чертеже не указывают. При этом в самом чертеже или в примечании следует подробно указать все отклонения от технических условий, если последние в чем-либо не отвечают требованиям, предъявляемым к штампу данной конструкции. При назначении марок стали и норм твердости деталей штампа руководствуются рекомендациями, приведенными в гл. 12.

Установка обрезного штампа на пресс. При педальном управлении прессом установку обрезных штампов выполняют в следующей последовательности:

1) устанавливают ползун прессы в его верхнем положении, выключают электродвигатель и останавливают маховик;



Примечания:

1. Фигуру в пуансоне и матрице изготовить по чертежу поковки и пригнать по свинцовой отливке (... по холодной поковке)
2. Зазор между пуансоном и матрицей ... мм за счет пуансона
3. Закрытая высота штампа ... мм

3	Нижняя плита	1							
2	Пуансон	1	5XHC						
1	Матрица	1	2x3						
№	Наименование детали	К-во	Материал	Твердость	ГОСТ	Примечания			
Обрезной штамп									
Оборудование					Обрезной пресс... т				
Л.	Было	Стало	Подп.	Дата	Согласовано		Изделие		
Изменения					ШМЦ		Деталь		
Конструкторское бюро по штампам					Констр.		Листов	1	Лист
					Проверил		Шифр		
					Н-к бюро				

Рис. 25. Типовое оформление чертежа обрезного штампа

2) штамп в сборе поднимают (легкий — вручную, тяжелый — краном на стропях) и устанавливают центрально на подштамповой плите так, чтобы хвостовик пуансона или пуансонодержатель находились под соответствующим пазом в ползуне;

3) нажимают на педаль и, проворачивая маховик вручную, опускают ползун в его нижнее положение, после чего выключают муфту с тем, чтобы при последующем включении электропри-

вода ползун прессы остался в нижнем положении;

4) с помощью ломиков поджимают верхнюю часть штампа к ползуну и надежно закрепляют ее в нем;

5) с помощью регулировочного устройства прессы устанавливают указанную в чертеже штампа закрытую высоту штампового пространства;

6) если штамп не имеет направляющих колонок, то смещением вручную нижней части штампа на подштампо-

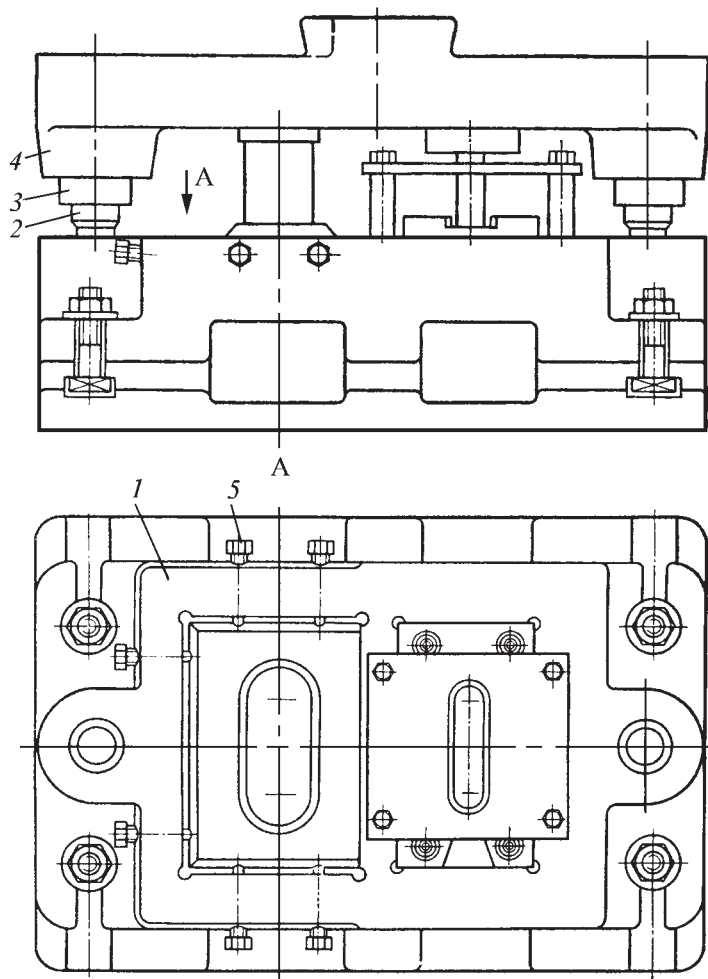


Рис. 26. Штамп последовательного действия для обрезки облоя и пробивки перемычек:

1, 4 — нижняя и верхняя плиты; 2 — колонка; 3 — втулка; 5 — винт

вой плите устанавливают по контуру среза равномерный зазор между пуансоном и матрицей, после чего надежно закрепляют нижнюю часть штампа на подштамповой плите;

7) включают электродвигатель, и когда маховик наберет полную частоту вращения, нажатием на педаль включают муфту и поднимают ползун в его верхнее исходное положение. На легких прессах подъем ползуна производят не электродвигателем, а проворачиванием маховика

вручную. В этих случаях муфту (см. п. 3) не выключают;

8) проверяют правильность установки штампа сначала на холостых ходах, затем по качеству обрезки.

Последовательные штампы. Последовательные штампы применяют для последовательного выполнения двух операций: обрезки-пробивки, обрезки-правки, обрезки-гибки. Для таких штампов необходимо конструировать и изготавливать специальные литые или сварные плиты. Штампы надежно ра-

ботають с направляющими колонками, в них предусмотрена возможность регулирования положения каждого из инструментов нижней пары, верхние же инструменты закрепляют жестко.

Штампы последовательного действия для обрезки облоя и пробивки перемычек (рис. 26) применяют для поковок малых и средних размеров сложной конфигурации, а штампы с пружинным буфером из тарельчатых пружин (рис. 27) — для обрезки облоя и правки поковок с вытянутой осью. Такая конструкция исключает заклинивание штампа и возможность его по-

ломки или деталей пресса. Чтобы предотвратить штамп от перекоса, операции обрезки облоя и правки или гибки производятся одновременно.

Тарельчатые пружины (рис. 28, а) в зависимости от требуемой силы и хода комплектуют различными способами. Пружины в комплекте устанавливают последовательно по одной пружине основаниями друг к другу (рис. 28, б), попарно (рис. 28, в), вложенными одна в другую или последовательно и попарно (рис. 28, г).

Составленные таким образом комплекты пружин устанавливают в ниж-

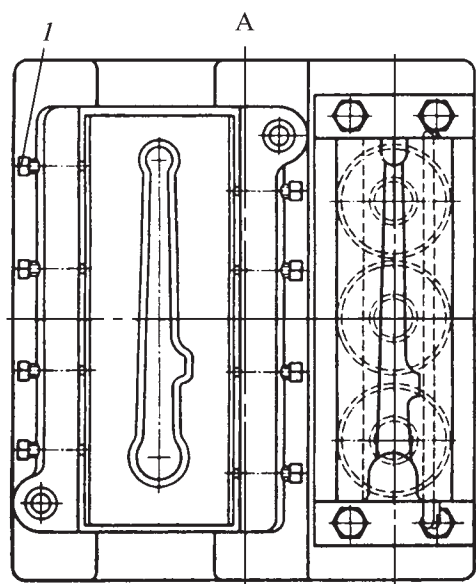
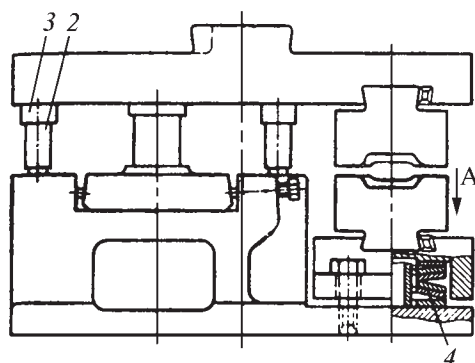


Рис. 27. Штамп последовательного действия для обрезки облоя и правки:

1 — винт; 2 — колонка; 3 — втулка; 4 — тарельчатые пружины

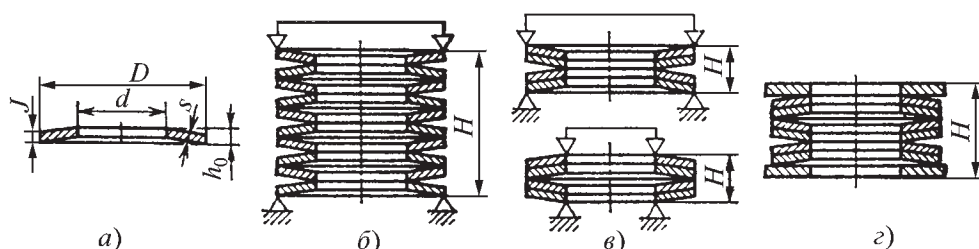


Рис. 28. Тарельчатая пружина (а) комплекты пружин (б-г)

них плитах последовательных и комбинированных обрезных штампов, где и производится правка поковок после обрезки облоя. Для центрирования комплекта пружин их надевают на стержни или втулки, диаметры которых делают несколько меньше номинального внутреннего диаметра пружины. Стержни устанавливают во впадинах верхней или нижней плит буфера и крепят винтами, а втулки приваривают к плитам буфера. Характеристика комплектов тарельчатых пружин, устанавливаемых в обрезных штампах, приведена в табл. 36.

Расчет буфера с тарельчатыми пружинами. Общее сжатие всего комплекта при последовательном расположении по одной пружине в комплекте основанием друг к другу равно сумме прогибов отдельных пружин:

$$f = n\lambda,$$

где n — число тарельчатых пружин в комплекте; λ — допустимая осадка одной пружины.

Общая сила комплекта при таком расположении пружин равна силе одной пружины.

Высоту H всего комплекта пружин в свободном состоянии определяют по формуле

$$H = nh_0,$$

где h_0 — высота одной тарельчатой пружины.

При расположении пружин в комплекте пачками, состоящими из вложенных одна в другую по две или три пружины, общее сжатие всего комплекта равно сумме прогибов, собранных в комплекте пачек, и его определяют по формуле

$$f = n\lambda / z,$$

где z — число тарельчатых пружин в пачке, вложенных одна в другую.

Общая сила комплекта при таком расположении пружин равно сумме сил отдельных пружин, входящих в пачку.

Высоту всего комплекта при таком расположении пружин определяют по формуле

$$H = \frac{n}{2}[h_0 + s(z - 1)],$$

где s — толщина листа тарельчатой пружины. Отсюда число тарельчатых пружин в комплекте определяют по формуле

$$n = \frac{Hz}{h_0 + s(z - 1)} = \frac{fz}{\lambda}.$$

Выбрав размеры тарельчатых пружин и необходимое их расположение в

36. Технические характеристики комплектов пружин, применяемых для обрезных штампов

Сила обрез- ного пресса, МН	Число			Сила при прогибе, МН			Ход комплекта пружин при прогибе, мм		
	комплек- тов в штампе	пружин в ком- плекте	пружин в штам- пе	$f = f_m$ (пол- ном)	$f = 0,8 f_m$	$f = 0,65 f_m$	$f = f_m$ (пол- ном)	$f = 0,8 f_m$	$f = 0,65 f_m$
1,6	3	4	12	0,75	0,59	0,49	6	4,8	4
2,5	4	4	16	1,0	0,79	0,65	6	4,8	4
4,0	14	6	84	3,5	2,77	2,29	9	7,2	5,8
8,0	24	6	144	6,0	4,75	3,93	9	7,2	5,8

Примечание. f_m — полный прогиб одной пружины.

комплекте, а также рассчитав силу, развиваемую каждой пружиной и комплектом в целом, по силе правки определяют требуемое число комплектов пружин в буфере. Необходимую силу правки $P_{пр}$ определяют по формуле

$$P_{пр} = (0,1 \dots 0,15) P_{обр},$$

где $P_{обр}$ — сила обрезки облоя.

При расчете закрытой высоты штампа учитывают ограниченность или невозможность одновременного регулирования по высоте обеих пар инструмента. Поэтому расчет штампов по высоте производят для каждой операции отдельно, как и для простых штампов. В первую очередь рассчитывают высоту деталей для той операции, на которой закрытая высота штампа должна быть наибольшей, например, при пробивке перемычек всегда устанавливают съемник, а значит закрытая высота для этой операции должна быть больше, чем для других операций без съемника. Размеры деталей по высоте для остальных операций рассчитывают по этой закрытой высоте штампа.

Совмещенные штампы. Совмещенные (комбинированные) штампы применяют для одновременного выполнения нескольких операций за один ход ползуна пресса, что обеспечивает высокую производительность обрезки и позволяет выдерживать на обрезных прессах ритм работы, совпадающий со штамповочным оборудованием.

Обрезные правочные и пробивные правочные совмещенные штампы применяют при крупносерийном и массовом производстве. В этих штампах поковку укладывают на фиксатор (выталкиватель), опирающийся на буферное устройство, установленное в самом штампе или под столом пресса. Устройства, монтируемые под столом, бывают либо с набором спиральных пружин, либо пневматические по типу маркетных, либо с рычажно-пружин-

ным механизмом. В самих штампах для этого используют тарельчатые пружины. При обрезке-правке круглых в плане или близких к ним поковок (рис. 29) фиксатор опирают на пружины. Смен-

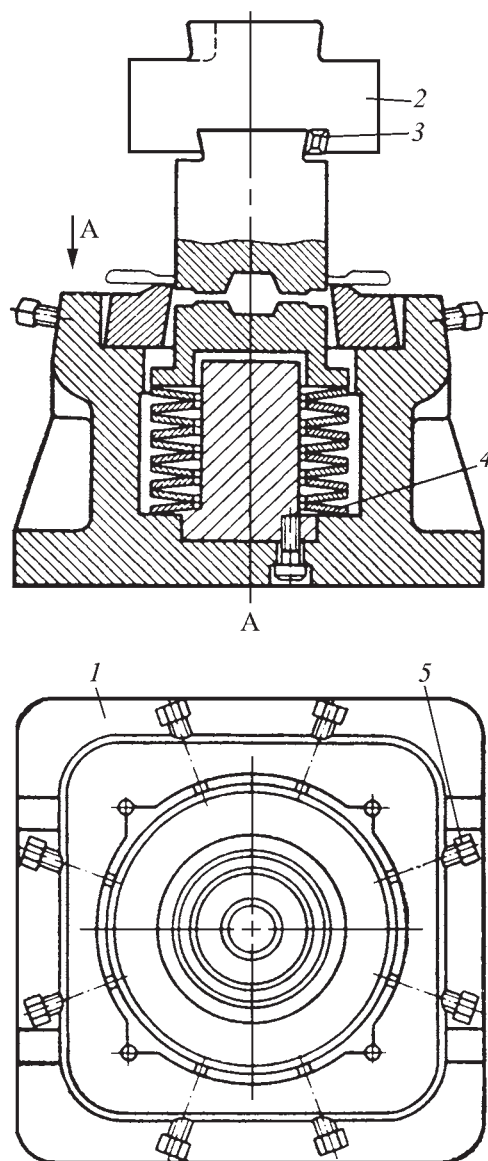


Рис. 29. Совмещенный штамп для обрезки и правки:

1 — нижняя плита; 2 — пуансонодержатель; 3 — клин; 4 — тарельчатые пружины; 5 — винт

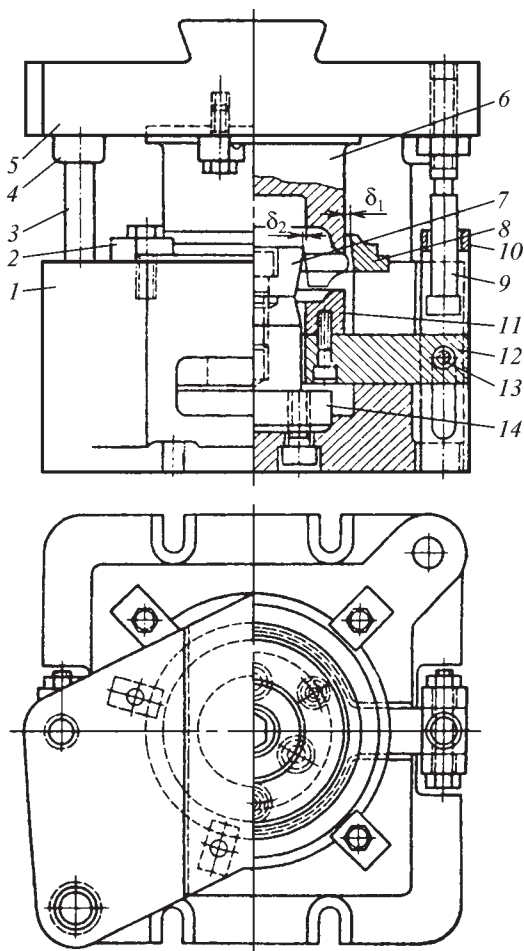


Рис. 30. Совмещенный штамп для обрезки облоя и пробивки перемычек:

1, 5 — нижняя и верхняя плиты; 2 — прихваты; 3 — колонки; 4 — втулки; 6 — обрезной пуансон; 7 — пробивной пуансон; 8 — матрица; 9 — тяги; 10 — скобы; 11 — выталкиватель; 12 — коромысло; 13 — винт; 14 — стойка пробивного пуансона

Рис. 31. Совмещенный штамп для обрезки и пробивки перемычек с креплением обрезной матрицы к верхней плите штампа:

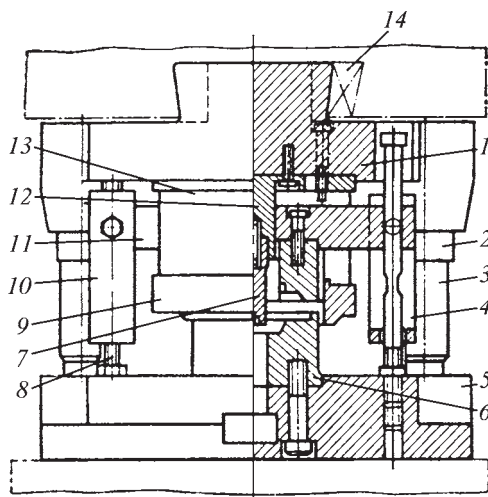
1, 5 — верхняя и нижняя плиты; 2 — втулки; 3 — колонки; 4 — скоба; 6 — пуансон (фиксатор) обрезной; 7 — пробивной пуансон; 8 — тяги; 9 — матрица обрезная; 10 — выталкиватель; 11 — траверса; 12 — стойка; 13 — кольцо; 14 — клин

ными деталями штампа при одних и тех же размерах обрезаемых поковок, но различных конфигурациях являются пуансон и фиксатор.

Наиболее распространенной конструкцией совмещенных штампов для обрезки облоя и пробивки перемычек у круглых или близких к ним в плане поковок являются штампы с выталкивателем на тягах с коромыслом и расположением матрицы и пробивного пуансона в нижней плите штампа (рис. 30). Такие штампы применяют для пробивки перемычек у поковок, имеющих отверстия большого диаметра.

Если диаметр пробиваемого отверстия менее 60 мм, то в целях повышения стойкости пробивного пуансона последний вместе с матрицей крепят к верхней плите штампа, а обрезной пуансон устанавливают в нижней плите (рис. 31). Такое решение обеспечивает также более точное центрирование поковки при укладке ее на неподвижный пуансон и облегчает удаление поковки и облоя из зоны обрезки.

В приведенных совмещенных штампах система выталкивания проста по конструкции и изготовлению



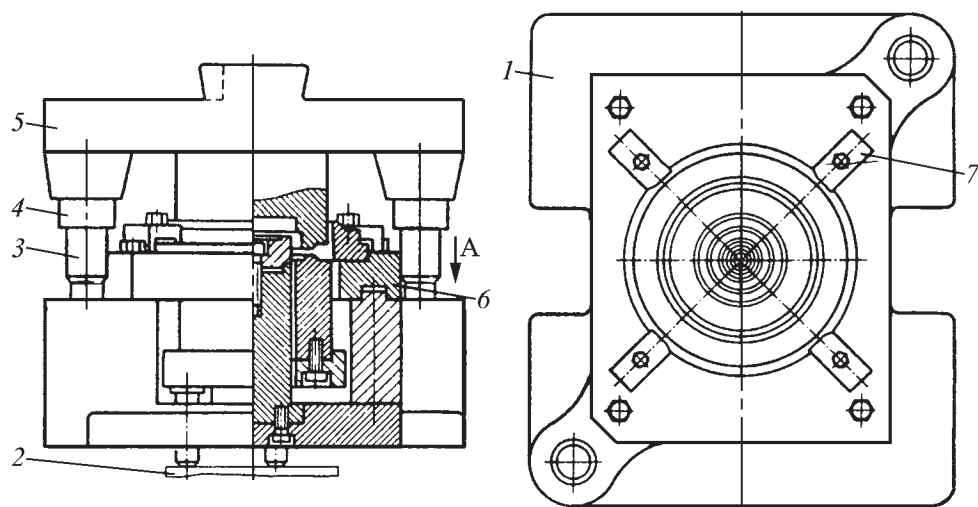


Рис. 32. Совмещенный штамп с пневматическим буфером для одновременной обрезки, пробивки и правки:
1, 5 — нижняя и верхняя плиты; 2 — буфер; 3 — колонка; 4 — втулка; 6 — плита для матриц;
7 — прихваты

и достаточно универсальна, однако она несколько сложна в наладке, так как регулирование тяг при этом должно быть очень тщательным и точным. В противном случае возникает перекося траверсы и возможен ее обрыв.

Указанных недостатков лишены совмещенные штампы для одновременной обрезки, пробивки и правки поковок с пневматическим (рис. 32) или пружинным (рис. 33) буфером, которые получают все более широкое распространение при крупносерийном и массовом производстве поковок. Выталкивание поковки после обработки в этом случае не зависит от величины хода ползуна.

Совмещенный штамп с пружинным буфером (см. рис. 33) имеет сварную плиту коробчатой формы, к которой крепят детали штампа. Сборку пружинного буфера производят вне прессы. При сборке буфера пружинам дают

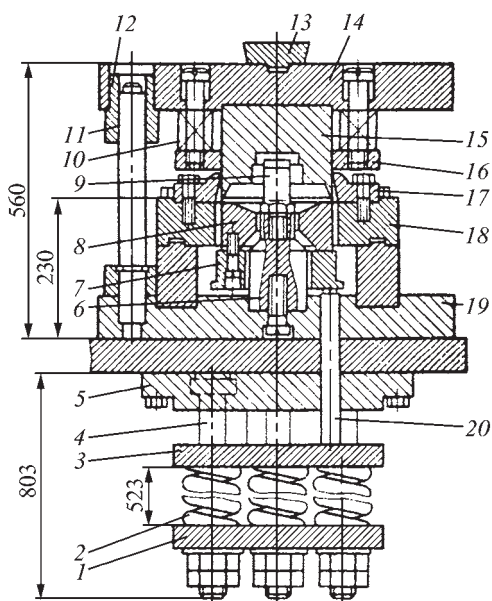


Рис. 33. Совмещенный штамп с пружинным буфером для одновременной обрезки, пробивки и правки:
1, 3, 5 — плиты буфера; 2 — пружины буфера; 4 — шпильки; 6 — стойка; 7 — выталкиватель; 8 — фиксатор; 9 — пробивной пуансон; 10 — пружины съемника; 11 — колонки; 12 — втулки; 13 — хвостовик; 14, 18 — верхняя и нижняя плиты; 15 — обрезной пуансон; 16 — съемник; 17 — матрица; 19 — сварная плита; 20 — толкатели

предварительный натяг. В собранном виде буфер крепят болтами снизу к столу прессы.

Характеристика пружинных буферов, устанавливаемых на обрезных прессах, приведена в табл. 37.

Для пружинных буферов, приведенных в табл. 37, используют цилиндрические пружины, изготавливаемые из стали 60С2 (ГОСТ 14959–79 в ред. 1994 г.), имеющие следующую техническую характеристику: диаметр проволоки 26 мм; наружный диаметр пружины 105 мм; число рабочих витков 13,5; полное число витков 15,5; ход пружины 120 мм; длина пружины в свободном состоянии 500 мм.

37. Технические характеристики пружинных буферов

Сила об- резного пресса, МН	Число пружин в бу- фере	Сила буфера, МН	Ход пружинного буфера, мм
1,6	4	0,2	40...50
2,5	6	0,3	50...60
5,0	10	0,5	60...70
10	18	0,9	70...80

Примечание. Предварительная затяжка пружин 25 мм.

Расчет буфера с цилиндрическими пружинами. В тех случаях, когда при проектировании пружинного буфера нельзя подобрать нормализованных пружин, расчет пружинного буфера и основных параметров цилиндрических пружин производят следующим образом.

Максимальную допустимую нагрузку на пружину при ее сжатии (максимальная сила, развиваемая пружиной) определяют по формуле

$$P_{\max} = \frac{\pi d^3}{8KD_{\text{ср}}}[\tau],$$

где d — диаметр проволоки пружины; K — коэффициент, учитывающий фор-

му сечения и кривизну витка; $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр пружины ($D_{\text{ср}} = D_{\text{н}} - d$, где $D_{\text{н}}$ — наружный диаметр пружины); $[\tau]$ — допускаемое касательное напряжение, которое выбирается в зависимости от марки стали пружины (в среднем $[\tau] \approx 400...750$ МПа).

Для пружин из круглой проволоки коэффициент K приблизительно можно определить из формулы

$$K = \frac{4c+2}{4c-3},$$

где $c = D_{\text{ср}}/d$.

Число пружин буфера $n = P_{\text{пр}} / P_{\max}$, где $P_{\text{пр}}$ — сила правки.

Число рабочих витков пружин рассчитывают по формуле

$$i = \frac{\lambda_{\max} Gd}{8P_{\max} c^3} = \frac{\lambda_{\max} Gd^4}{8P_{\max} D_{\text{ср}}^3},$$

где G — модуль упругости при кручении, для пружинной стали принимается 80 000 Па; λ_{\max} — максимальное осевое перемещение пружины к концу сжатия;

$$\lambda_{\max} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6,$$

где λ_1 — осевое перемещение пружины при предварительном натяге ($\lambda_1 = 15...25$ мм); λ_2 — расстояние от облоя до режущих кромок матрицы в момент, когда поковка уложена на фиксатор и обрезной пуансон соприкоснулся с ней ($\lambda_2 = 10...30$ мм); λ_3 — величина сдвига поковки при обрезке облоя, определяется условием чистой обрезки ($\lambda_3 = (3...5)h_0$, где h_0 — толщина облоя); λ_4 — расстояние между внутренней перемычкой и режущей кромкой пробивного пуансона ($\lambda_4 = 5...10$ мм), получается после того, как произведен сдвиг поковки пуансоном на величину λ_3 ; λ_5 — величина сдвига поковки при пробивке внутренней перемычки ($\lambda_5 = (2...3)h_{\text{пр}}$, где $h_{\text{пр}}$ — тол-

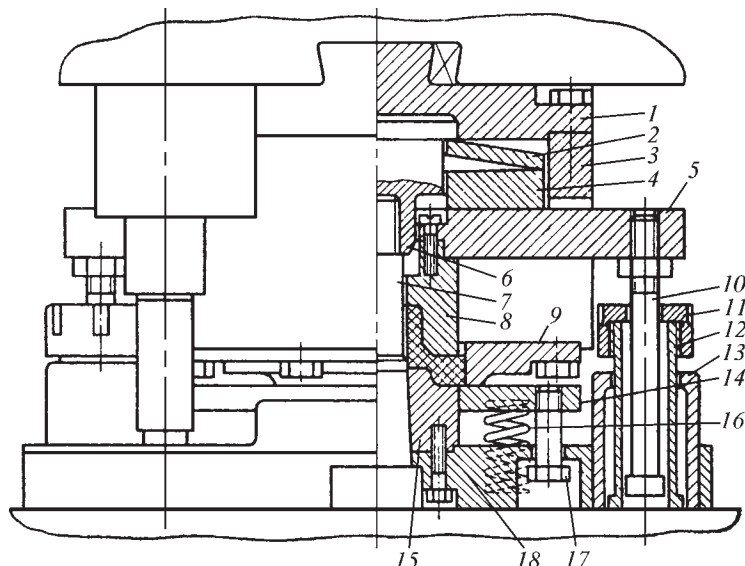


Рис. 34. Совмещенный штамп для одновременной обрезки, пробивки, снятия уклонов и правки:

1, 18 — верхняя и нижняя плиты; 2 — тарельчатая пружина; 3 — кольцо; 4 — опорная плита; 5 — коромысло; 6 — державка; 7 — пробивной пуансон; 8 — кольцевой выталкиватель; 9 — обрезная матрица; 10 — тяги; 11 — нижняя гайка; 12 — внутренняя втулка; 13 — наружная втулка; 14 — съемник; 15 — фиксатор; 16 — пружина; 17 — направляющий болт

щина внутренней перемычки); λ_6 — расстояние, на которое пуансон должен сдвинуть поковку после пробивки перемычки для гарантированного отделения перемычки от поковки ($\lambda_6 = 10 \dots 20$ мм).

Полное число витков пружины определяют по формуле

$$i_0 = i + (1,5 \dots 2).$$

Длина (высота) пружины, сжатой до соприкосновения витков:

$$H = (i_0 - 0,5)d.$$

Длина (высота) пружины в свободном состоянии

$$H_0 = H + i(h - d),$$

где h — шаг пружины.

Длина (высота) пружины после предварительного натяга

$$H_{\text{пред}} = H_0 - \lambda_1.$$

Поковки шестерен с наметками под отверстие в ступицах обычно имеют большие напуски вследствие наружных и внутренних уклонов. На обрезных прессах в совмещенных штампах (рис. 34) наряду с одновременным выполнением операций обрезки облоя, пробивки перемычек и правки экономически целесообразно производить и снятие штамповочных уклонов.

Отштампованную поковку укладывают на фиксатор-пуансон, обеспечивающий точное центрирование контура поковки по отношению к режущим кромкам матрицы. Пробивной пуансон входит в наметку поковки и одновременно пробивает перемычку и срезаает внутренние уклоны. При дальнейшем опускании ползуна матрица обрезает облой и наружные штамповочные уклоны. После обрезки облоя в конце рабочего хода пресса выталкиватель своей опорной поверхностью плотно прижимает поковку к пуансону и про-

изводит ее правку. Вмонтированная в верхнюю плиту тарельчатая пружина предотвращает при этом заклинивание пресса. Когда ползун движется вверх, застрявшая в матрице поковка поднимается вместе с ней, с пробивным пуансоном и выталкивателем до тех пор, пока не выберутся зазоры между головками тяг и накидными гайками, а также между телескопическими втулками. При выборе этих зазоров начинается выталкивание поковки из матрицы и снятие ее с пуансона. С завершением съема поковки коромысло свободно опускается на матрицу, при этом между упорными буртами внутренней и наружной втулок образуется зазор, равный оставшемуся ходу ползуна до его крайнего верхнего положения. Данная конструкция совмещенного штампа является универсальной.

При малоотходной штамповке круглых в плане поковок без напусков на уклоны рекомендуется применять высокопроизводительные совмещенные штампы для обрезки облоя, пробивки перемычки, правки и осесимметричного обжима (рис. 35). Штамп состоит

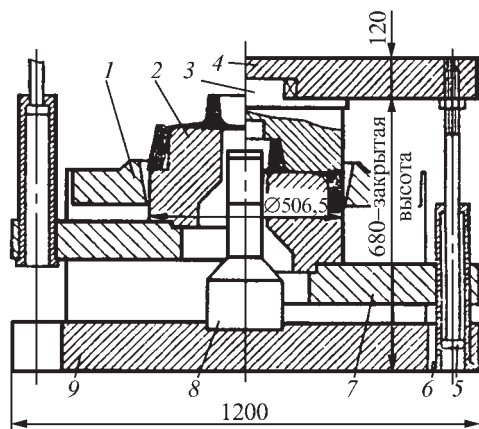


Рис. 35. Совмещенный штамп для одновременной обрезки, пробивки, правки и обжима:

1 — матрица; 2 — выталкиватель; 3 — пуансон; 4, 9 — верхняя и нижняя плиты; 5 — тяги; 6 — труба; 7 — траверса; 8 — просечной пуансон

из верхней плиты 4 с укрепленным на ней пуансоном 3 и нижней коробчатой формы плиты 9 с установленной на ней матрицей 1. Под матрицей в специальных пазах перемещается траверса 7 с выталкивателем 2. Поковку укладывают на матрицу и проталкивают обрезным пуансоном в глубь матрицы. При этом происходит обрезка облоя по наружному диаметру поковки и пробивка перемычки просечным пуансоном 8. По мере продвижения поковки в матрице происходит правка и обжим конической части поковки калибрующим пояском матрицы 1, и поковка приобретает цилиндрическую форму. При обратном ходе ползуна пресса траверса 7 с помощью тяг 5 и трубы 6 выталкивает поковку вверх.

В конструкциях совмещенных штампов следует использовать нормализованные плиты и другие детали. При пробивке в поковках двух и более отверстий выталкиватели в совмещенных штампах крепят к отдельным коромыслам, каждое из которых подвешивается на двух независимых тягах. Если зазор между пуансоном и матрицей менее 1 мм, на пуансоне предусматривают съемную канавку или съемник облоя по типу съемников для обрезных штампов, или съемник специальной конструкции на тягах с коромыслом. При зазорах между матрицей и пуансоном более 0,6 мм направляющие колонки и втулки в совмещенных штампах облегчают их наладку, но не являются обязательными.

При мелкосерийном производстве поковок, а также в случаях, когда закрытая высота штампа для обрезки-пробивки не вписывается в закрытую высоту штампового пространства пресса, применяют совмещенные штампы упрощенных конструкций, например с накладными пробивными пуансонами.

Расчет элементов штампа для обрезки-пробивки по высоте (рис. 36). Закрытая высота штампового пространства

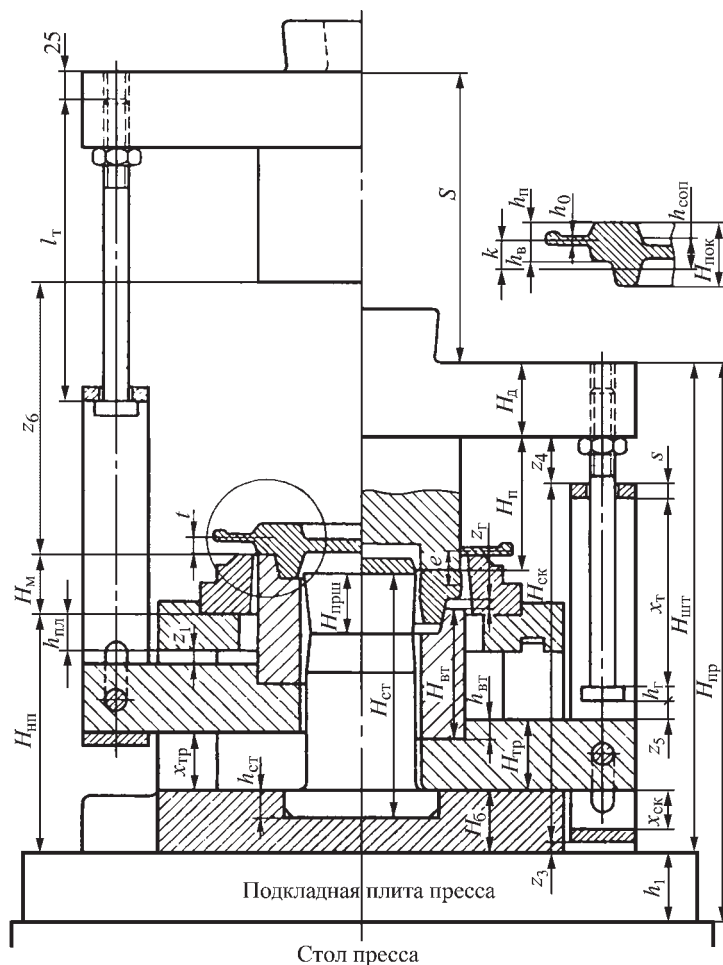


Рис. 36. Схема к расчету элементов совмещенного штампа

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{наиб}} - H_{\text{рег}} + (15...30) \text{ мм},$$

где $H_{\text{наиб}}$ — наибольшее расстояние между столом прессы и ползуном в его нижнем положении; $H_{\text{рег}}$ — величина регулирования расстояния между столом и ползуном. Закрытая высота штампа

$$H_{\text{III}} = H_{\text{III}} - h_1,$$

где h_1 — толщина подкладной плиты пресса.

Величина сдвига поковки

$$e = 2h_{\text{cp},0} + h_{\text{cp},\Pi},$$

где $h_{\text{ср.о}}$ — толщина срезаемого облоя;

$$h_{\text{ср.п}}$$
 — толщина удаляемой перемычки.

Высота пуансона

$$H_{\Pi} = H_{\text{INT}} - (H_{\text{II}} + H_{\text{HM}} + H_{\text{M}} + h_{\Pi}) + e,$$

где h_n — размер поковки от поверхности прилегания ее к пуансону до линии разъема.

Высота стойки с прошивником

$$H_{\text{CT}} = (H_{\text{HII}} + H_{\text{M}}) - [H_{\text{G}} + k - h_{\text{CT}} + (5...15) \text{ MM}],$$

где k — расстояние от линии разъема до линии начала среза удаляемой пе-

ремычки; $h_{\text{ст}}$ — глубина выточки в нижней плите под стойку.

Высота прошивника

$$H_{\text{прш}} \geq e + (10...25) \text{ мм.}$$

Ход траверсы

$$x_{\text{тр}} = H_{\text{нп}} - (H_{\text{б}} + H_{\text{тр}} + h_{\text{пл}} + z_1),$$

где $h_{\text{пл}}$ — толщина плиты для матрицы; $z_1 \geq 10...20$ мм — зазор между траверсой и нижней плоскостью плиты матрицы.

Высота выталкивателя

$$H_{\text{вт}} = (H_{\text{нп}} + H_{\text{м}} + t) - (H_{\text{б}} + x_{\text{тр}} + H_{\text{тр}} + h_{\text{в}} - h_{\text{вт}}),$$

где $h_{\text{в}}$ — размер поковки от поверхности прилегания ее к выталкивателю до линии разъема; t — высота подъема поковки при выталкивании над плоскостью режущей кромки матрицы; $t = h_{\text{вт}}$ — для поковки с центрирующим уступом и $t = (0,5...0,7)h_{\text{вт}}$ — для гладких поковок со стороны выталкивателя, где $h_{\text{вт}}$ — глубина выточки в траверсе под выталкиватель.

Длина скобы

$$H_{\text{ск}} = H_{\text{шт}} - (H_{\text{д}} + z_3 + z_4),$$

где $z_3 \geq 10$ мм — зазор между нижней поверхностью тяги и траверсой; $z_4 \geq 50...80$ мм — зазор между верхней плитой и верхней плоскостью скобы.

Длина свободного хода скобы

$$x_{\text{ск}} = H_{\text{б}} - (s + z_3),$$

где s — толщина скобы.

Длина свободного хода тяги

$$x_{\text{т}} = S - (x_{\text{тр}} - x_{\text{ск}}),$$

где S — ход ползуна пресса.

Длина тяги

$$l_{\text{т}} = (x_{\text{т}} + s + z_4) + (H_{\text{д}} - 25 \text{ мм}).$$

Минимальный зазор между головкой тяги и траверсой

$$z_5 = H_{\text{шт}} - (h_{\text{г}} + l_{\text{т}} + 25 \text{ мм} + H_{\text{б}} + H_{\text{тр}}),$$

где $h_{\text{г}}$ — высота головки тяги.

Минимальное расстояние между пуансоном и матрицей

$$z_6 = (H_{\text{шт}} + S) - (H_{\text{нп}} + H_{\text{м}} + H_{\text{п}} + H_{\text{д}}).$$

Зазор между поковкой и выталкивателем $z_2 \geq 10$ мм.

2. ПРАВКА ПОКОВОК

Поковки в процессе штамповки подвергаются искривлению (короблению), а в некоторых случаях происходит смятие выступающих ребер и бобышек.

Искривление поковок происходит главным образом при обрезке облоя и пробивке перемычек в результате неплотного прилегания опорной поверхности пуансона к поверхности поковки (рис. 37, а). У поковок круглых в плане (рис. 37, б) искривление (стрела прогиба S_0) увеличивается с ростом отношения наружного диаметра поковки к ее средней высоте ($D/h_{\text{ср}}$), а также с ростом отношения диаметра отверстия к толщине перемычки ($d_0/h_{\text{п}}$). У поковок с вытянутой осью стрела прогиба увеличивается с ростом отношения длины поковки к ее средней высоте ($L/h_{\text{ср}}$).

Большое влияние на величину искривления (стрелу прогиба) оказывает состояние режущих кромок обрезных матриц и пуансонов, а также зазор δ между матрицей и пуансоном (рис. 37, в). С увеличением зазора увеличивается плечо a между деформирующей P и срезающей P_1 силами, что вызывает увеличение изгибающего момента и искривление поковки. Величину зазора определяет в значительной степени штамповочный уклон α ; плечо зависит еще от радиуса скругления R поковки, поэтому

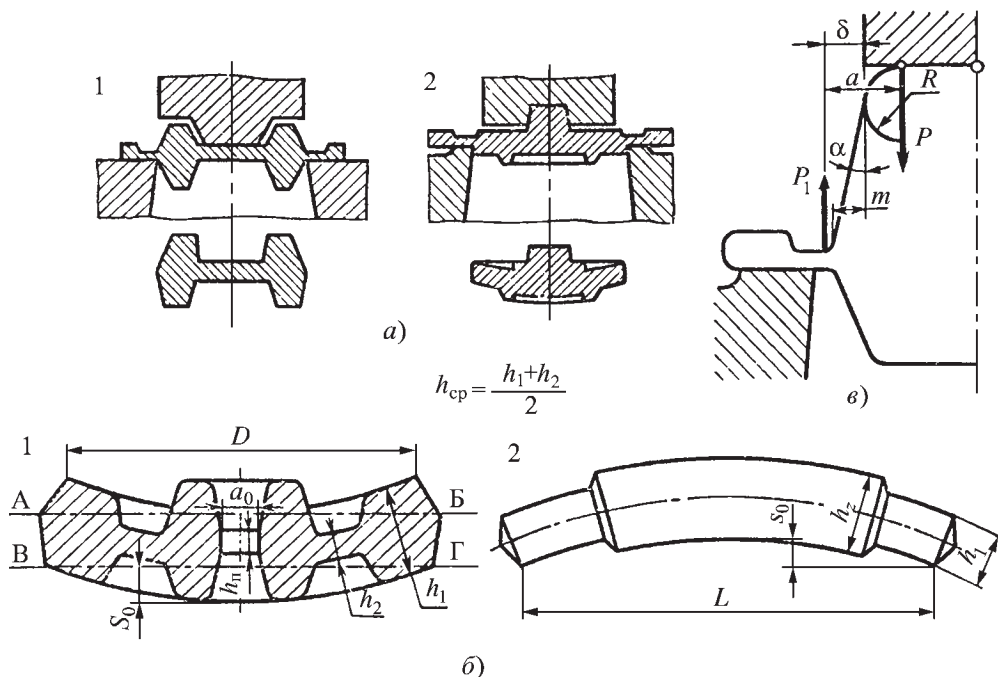


Рис. 37. Искривление поковок при обрезке и пробивке

с уменьшением штамповочных уклонов и радиусов скруглений искривление поковок уменьшается.

Искривление поковок происходит также при их застревании и последующем принудительном удалении из чистового ручья штампа и в результате механических воздействий на них при межоперационной передаче, транспортировании и галтовке в барабанах. Коробление поковок возникает также при неправильном режиме охлаждения поковок после штамповки и термической обработки.

Правку необходимо назначать в тех случаях, когда величина искривления превышает допуск на размеры поковки. Размеры допустимой кривизны поковок регламентируются ГОСТ 7505–89.

Поковки правят в горячем и холодном состоянии. Горячую правку выполняют на обрезном прессе в совмещенном или последовательном штампе при обрезке облоя и пробивке пере-

мычек или же на оборудовании, предназначенном только для правки (молоте или прессе) и включенном в линию штамповочного агрегата. Горячую правку можно производить и в окончательном ручье штампа после обрезки облоя, но при этом значительно снижается производительность штамповочного агрегата и уменьшается стойкость чистового ручья штампа. Горячую правку применяют для крупных поковок относительно несложной формы из высокоуглеродистых и высоколегированных сталей. Применение горячей правки не всегда исключает необходимость применения повторной холодной правки после термической обработки.

Холодную правку применяют в основном для мелких и средних по массе поковок простых и сложных форм. Ее обычно осуществляют после термической обработки и очистки поковок от окалины на штамповочных фрикци-

онных молотах, фрикционных винтовых прессах, устанавливаемых в термическом отделении цеха. Для правки крупных поковок удлиненной формы применяют гидравлические правильные прессы и правку производят не в штампах, а на призмах.

Ручей правочного штампа изготавливают по чертежу горячей или холодной поковки (в зависимости от требуемого вида правки). В случае горячей правки размеры правочного ручья берут с учетом усадки. Ручей правочного штампа в сравнении со штамповочным делают упрощенным и без облойных канавок. При изготовления ручья правочного штампа (правочного ручья) необходимо выполнение следующих требований (рис. 38, а):

— горизонтальные размеры должны быть больше вертикальных на величину Δ , равную половине верхнего отклонения на размеры A , D , B ;

— наружные радиусы закруглений R следует выполнять на 2 мм больше, чем соответствующие радиусы закруглений r на поковке, т.е. $R = r + 2$ мм;

— радиусы перехода стенки к плоскости разъема должны быть

$R_1 \approx 0,05 h + 2$ мм, для круглых сечений $R_1 \approx 0,5D$;

— у правочного штампа, устанавливаемого на молоте или фрикционном прессе, необходимо предусмотреть возможность соударения его верхней и нижней частей, для чего глубину его ручьев следует принимать по номинальным размерам поковки. У штампа, устанавливаемого на кривошипном прессе, между верхней и нижней частями штампа должен быть зазор (не менее 0,5...1,0 мм), исключающий возможность их соударения; суммарная глубина ручьев при этом получается меньше соответствующих вертикальных размеров поковки на величину этого зазора.

В целях упрощения правочного ручья и облегчения правки рекомендуется:

1) упрощать контур ручья при сложных в плоскости разъема контурах поковки;

2) небольшие выступы на поковке не обжимать, предусмотрев вокруг них зазор 0,3...0,5 мм;

3) для удобства укладки и удаления поковок правочный ручей делают открытым с торцов поковки (рис. 38, б).

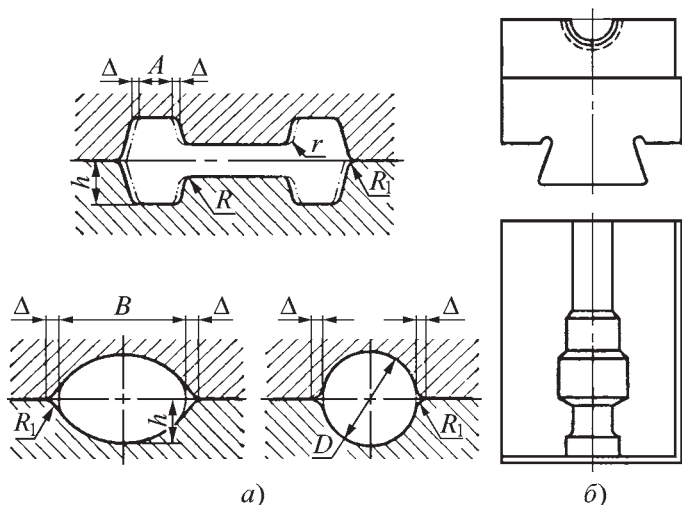


Рис. 38. Сечения правочных ручьев (а) и молотовый штамп для правки валика (б)

Правочные штампы, как правило, изготовляют одноруччевыми.

При конструировании штампов для правки на молотах или прессах следует руководствоваться правилами конструирования штампов для штамповки на соответствующем оборудовании.

3. КАЛИБРОВКА ПОКОВОК

Виды калибровки. Калибровку применяют для повышения точности формы и размеров поковки, снижения шероховатости поверхности, исключения обработки поковок резанием. Различают калибровку плоскостную и объемную, по температурным условиям — холодную и горячую.

Плоскостную калибровку (рис. 39, *а*) применяют для получения точных вертикальных размеров поковки на одном или нескольких ее участках, лежащих в различных по высоте параллельных плоскостях. При плоскостной калибровке деформируют металл только отдельных частей поковки. Течение металла в горизонтальных направлениях не ограничивается и размеры поковки в этих направлениях увеличиваются. Приращение горизонтальных размеров обжимаемой поковки сопровождается образованием выпуклости на ее боко-

вой поверхности. Чтобы ограничить увеличение размеров поковки по ширине, необходимо при штамповке уменьшать эти размеры. Холодную плоскостную калибровку поковок выполняют на чеканочных кривошипно-коленных и винтовых прессах.

При объемной калибровке (рис. 39, *б*) деформации подвергается весь металл поковки. Свободное течение металла в горизонтальном направлении ограничено боковыми стенками ручья штампа. Избыток металла, полученный в результате недоштамповки, при калибровке вытесняется в облой, который затем обрезают в обрезном штампе. Образование облоя вызывает значительно большее напряжение в металле, чем при плоскостной калибровке, что в свою очередь увеличивает необходимую силу калибровки. В результате упругая деформация прессы увеличивается, что приводит к уменьшению точности объемной калибровки.

Объемную калибровку обычно производят в горячем состоянии. Ее можно вести на штамповочных молотах, винтовых фрикционных прессах и кривошипных горячештамповочных прессах (после горячей обрезки облоя необходим дополнительный нагрев под штамповку). Облой, получаемый после калибровки, обрезают в холодном состоянии. Оборудование для калибровки устанавливают сразу после штамповочного оборудования.

Кроме плоскостной и объемной калибровки применяют еще комбинированную калибровку, сочетающую в себе операции плоскостной и объемной калибровки. Вначале поковку подвергают объемной калибровке, при которой происходит небольшое формоизменение, и поковка приобретает гладкую поверхность. Затем для получения точных размеров между отдельными плоскостями поковки ее подвергают плоскостной калибровке.

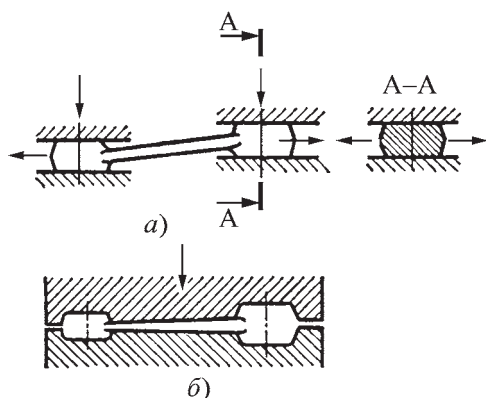


Рис. 39. Основные виды калибровки:
а — плоскостная; б — объемная

К нагреву перед калибровкой на чеканочных прессах (для полугорячей калибровки) прибегают лишь в крайних случаях — при недостаточной силе имеющегося пресса или при калибровке поковок из низколегированной стали. Нагревают поковки в электропечах сопротивления или газовых печах с нейтральной атмосферой до температуры не ниже 600°C , но не выше температуры структурных превращений, т.е. для низкоуглеродистой стали примерно $700\ldots 780^{\circ}\text{C}$, для высокоуглеродистой — до $700\ldots 750^{\circ}\text{C}$, для жаропрочной и коррозионно-стойкой — до 850°C .

Точность и шероховатость поковок после калибровки. По точности получаемых размеров поковок различают калибровку обычной точности, при которой можно получить допуски от $\pm 0,1$ до $\pm 0,25$ мм, и калибровку повышенной точности с допусками от $\pm 0,05$ до $\pm 0,15$ мм. При многократной калибровке можно получить особо точные размеры с допуском $\pm 0,025$ мм. На точность размеров поковки после калибровки влияют следующие параметры: точность поковок перед калибровкой, т.е. величина припуска под калибровку и фактический допуск на размеры поковки; форма и размеры поковки; сопротивление деформированию металла поковки; контактное трение между обрабатываемым металлом и штампом; жесткость конструкции штампа; степень деформации; сила пресса и его конструкция.

Точность калибровки можно повысить путем снижения допусков на штамповку. Существенное влияние на точность плоскостной калибровки оказывает образование выпуклости на обжимаемых поверхностях, основной причиной которой является неравномерное распределение напряжений на торцовых поверхностях поковки. Величину выпуклости можно значительно снизить тщательным полировани-

ем рабочих поверхностей калибруемых плиток штампа и смазыванием их во время работы, применением для плиток материала с большим модулем упругости, уменьшением площади калибровки за счет наметок (если они требуются) у поковок, многократной (двойной или тройной) калибровкой. Для получения большой точности калибровки поковки предварительно сортируют на группы, отличающиеся между собой по высоте на $0,2\ldots 0,3$ мм, и настраивают пресс для калибровки каждой группы поковок отдельно.

Для устранения выпуклости на обжимаемых поверхностях можно при штамповке в окончательном ручье основного штампа выполнять их вогнутыми. При этом форма и глубина вогнутости должны соответствовать форме и глубине выпуклости, какая получается при калибровке поковок с плоскими торцами и определяется экспериментально при обжатии образцов из этого же материала и тех же размеров. Можно также применять калибровку в штампах с выпуклыми рабочими поверхностями.

Смазочные материалы для рабочих поверхностей калибровочных плиток при холодной калибровке применяют в зависимости от марки стали и отношения поперечного размера деформируемой части поковки d к ее высоте h (табл. 38).

Шероховатость калиброванной поверхности поковки зависит в основном от шероховатости поверхности обрабатываемой поковки, степени деформации, шероховатости поверхности рабочих частей штампа и применяемого смазочного материала. С увеличением обжатия шероховатость поверхности снижается, но при этом уменьшается точность поковки; применение смазочного материала приводит к некоторому увеличению шероховатости обрабатываемой поверхности. Степень деформации при плоскостной калибровке должна

38. Смазочные материалы для холодной калибровки

Сталь	Отношение d/h			
	1	2	4	8
45	Вазелин технический — 60 %, мыло хозяйственное — 30 %, стеарин — 10 %	Парафин — 60 %, машинное масло — остальное	Парафин — 70 %, машинное масло — остальное	Парафин — 80 %, машинное масло — остальное
30			Парафин — 60 %, машинное масло — остальное	Парафин — 70 %, машинное масло — остальное
20		Вазелин технический — 60 %, мыло хозяйственное — 30 %, стеарин — 10 %	Парафин — 50 %, машинное масло — остальное	Парафин — 60 %, машинное масло — остальное

быть 1...5 %, но не более 10 %. Шероховатость поверхности при калибровке колеблется от Ra 1,25 до Ra 0,63 (ГОСТ 2789–73), т.е. по шероховатости поверхности калибровка в большинстве случаев может заменять шлифование.

Перед калибровкой поковки необходимо тщательно очистить от окалины и грязи, проверить на наружные дефекты. Раковины и вмятины от окалины при калибровке обычной точности допускаются глубиной до 0,2 мм; при точной калибровке — до 0,1 мм.

Поковки из легированных и углеродистых сталей с содержанием углерода более 0,2 % подвергают предварительной термической обработке (нормализации, отжигу). Поковки из низколегированных сталей с содержанием углерода менее 0,2 %, а также из алюминиевых сплавов типа Д1 и АК6 калибруют без предварительной термической обработки.

Составление чертежа поковки. Припуски на калибровку (на сторону) и допуски (на размер) зависят от площади обжимаемых поверхностей и способа калибровки, их определяют по ГОСТ 7505–89. Чтобы вертикальные размеры между калибровочными плитками соответствовали номинальным размерам калиброванной поковки, следует в случаях одновременного обжата нескольких ступенек припуски

на калибровку определять отдельно для каждого вертикального размера поковки, учитывая, что упругие деформации на различных ее участках будут неодинаковы.

Отклонение от параллельности калиброванных плоскостей возникает в результате различного сопротивления течения металла на обжимаемом участке поковки. Например, у стержня с двумя головками при одновременной калибровке торцов обеих головок течение металла в сторону стержня затруднено, и высота головок со стороны стержня может получиться больше, чем с противоположной стороны. Этого дефекта не будет, если у штампующих поволоков будет предусмотрено отклонение от параллельности указанных плоскостей, но в противоположную сторону. У поволоков типа стержня с двумя головками высоту последних со стороны стержня делают меньшей, чем с противоположной стороны, причем отклонение от параллельности, образуемое разностью указанных высот, устанавливают экспериментально.

Если при плоскостной калибровке увеличение горизонтальных размеров поволоков против заданных нежелательно, следует до калибровки уменьшить их на величину ожидаемых приращений. Приращение размеров в обе стороны при обжати круглых или квад-

ратных в плане участков приближенно определяется выражением

$$x \approx 0,5d \frac{\Delta h}{h},$$

где d — начальный диаметр или начальная сторона квадрата обжимаемого участка; Δh — припуск на калибровку; h — высота обжимаемого участка.

При обжатии участков удлиненной формы в плане и незначительных приращений в длину поперечные приращения

$$x \approx b \frac{\Delta h}{h},$$

где b — ширина рассматриваемого участка до калибровки.

При составлении чертежа поковки, подлежащей объемной калибровке, необходимо предусмотреть удобство ее укладки в ручей калибровочного штампа. Для этого размеры поковки в плоскости разреза назначают на 0,5...0,8 мм меньше соответствующих размеров калиброванной поковки, а размеры в перпендикулярном направлении увеличивают, но так, чтобы объем поковки не изменялся.

На чертеже поковки на участках, подвергаемых калибровке, проставляют две размерные линии. На одной из них делают надпись «штамповка» с указанием размера и допуска на штамповку, а на другой — «калибровка» с указанием размера и допуска на калибровку.

Сила чеканочного пресса. Необходимую для плоскостной калибровки силу определяют исходя из предположения, что калибровка представляет собой осадку с небольшой степенью деформации и невысоким коэффициентом трения.

Сила пресса P для контактной плоскости, круглой в плане:

$$P = \sigma_s \left(1 + \frac{1}{3} \mu \frac{d}{h} \right) \frac{\pi d^2}{4};$$

для контактной плоскости в виде прямоугольника в плане:

$$P = \sigma_s \left(1 + \frac{3b-a}{6b} \mu \frac{a}{h} \right) ab,$$

где σ_s — напряжение текучести; d — диаметр контактной поверхности; h — высота поковки в зоне калибровки; b — большая сторона прямоугольника; a — меньшая сторона прямоугольника; μ — коэффициент контактного трения.

Коэффициент трения без смазочного материала для стали составляет 0,12...0,18, для алюминиевых сплавов — 0,25...0,30, а со смазочным материалом для стали — 0,06...0,10, для алюминиевых сплавов — 0,1...0,15. Смазывание контактных поверхностей снижает силу калибровки на 8...10 %, а иногда и более. Давление объемной калибровки примерно в 1,5–2 раза больше, чем плоскостной.

Калибровочные штампы. Штамп для плоскостной калибровки рычажка (рис. 40) состоит из верхней и нижней плит 1, промежуточных плит 2, на которых крепят винтами рабочие плитки 3. Верхнюю плиту к ползуну крепят с помощью «ласточкина хвоста» и клина, а нижнюю — к столу пресса болтами и прихватами. Вместо крепления промежуточных плит болтами при плоской калибровке может быть использовано более универсальное клиновое крепление. Число калибровочных плиток определяется числом обжимаемых плоскостей и формой поковки.

На фигурных ступенчатых плитках можно обжимать более одной пары плоскостей. В них по мере надобности следует выполнять выемки под ребра и другие выступающие части поковки, мешающие укладке ее в штамп, или выемки, уступы и буртики для фиксации поковки при укладке. При этом между плитками и необжимаемыми частями поковки предусматривают за-

Рис. 40. Штмп для плоскостной калибровки (а) и поковка рычажка (б):

1 — верхняя и нижняя плиты; 2 — промежуточные плиты; 3 — рабочие плиты

зоры. В случаях же, когда вследствие значительного встречного горизонтального течения металла между двумя обжимаемыми элементами возможен коробление некалибруемой средней части поковки (например, стержня рычага, спиц, полотна шестерни), эту часть поковки следует обжать во время калибровки на 0,2...0,3 мм теми же или специальными фигурными плитками.

Холодную объемную калибровку (рис. 41) выполняют в ручьях калибровочного штампа. Вытеснение излишка металла происходит в зазор ($\approx 0,8$ мм) между рабочими плитками штампа. Крепление основных частей штампа такое же, как и для калибровки рычажка (см. рис. 40).

Штампы с ручьями для горячей калибровки устроены так же, как и штампы, устанавливаемые на штамповочных молотах, фрикционных винтовых

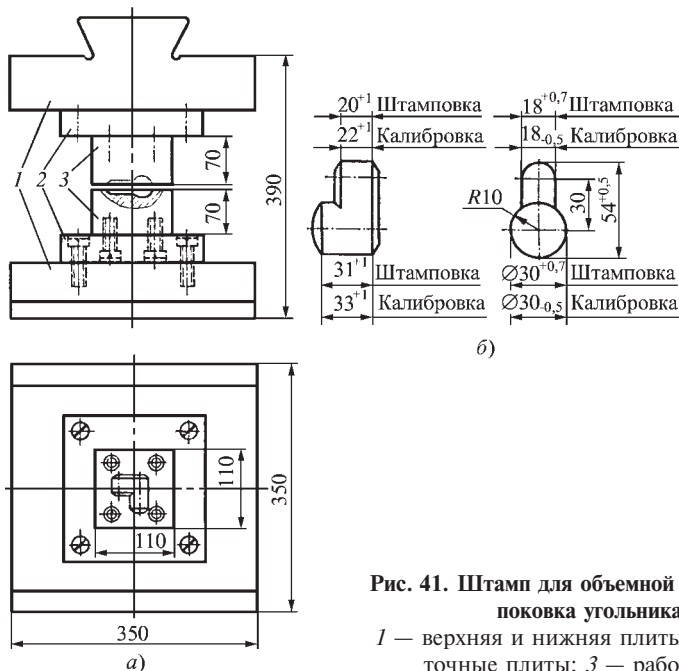
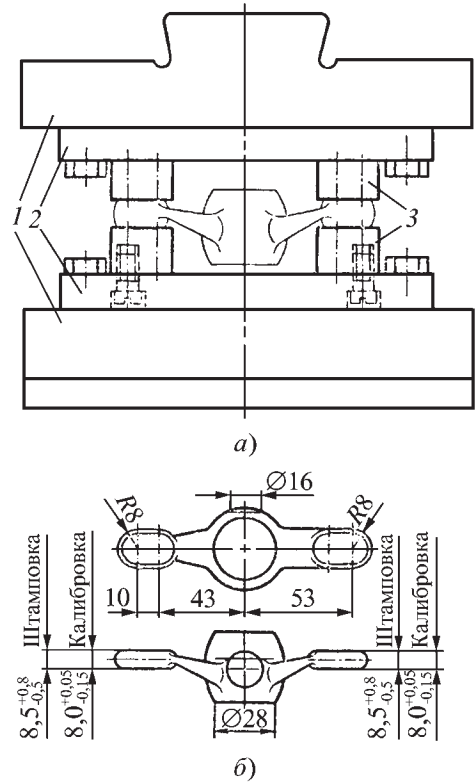


Рис. 41. Штмп для объемной калибровки (а) и поковка угольника (б):

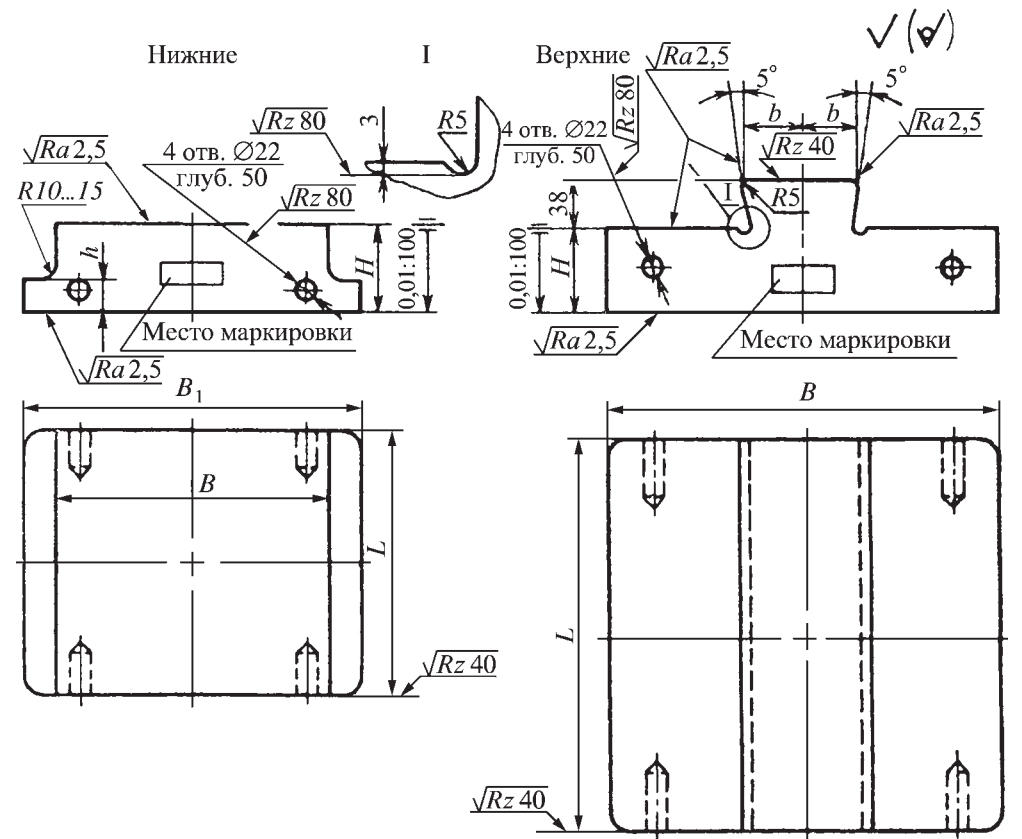
1 — верхняя и нижняя плиты; 2 — промежуточные плиты; 3 — рабочие плитки

и кривошипных горячештамповочных прессах.

При изготовлении калибровочных штампов следует применять нормали-

зованные плиты (табл. 39—43), а также плиты с направляющими колонками. Материал деталей калибровочных штампов указан в гл. 12.

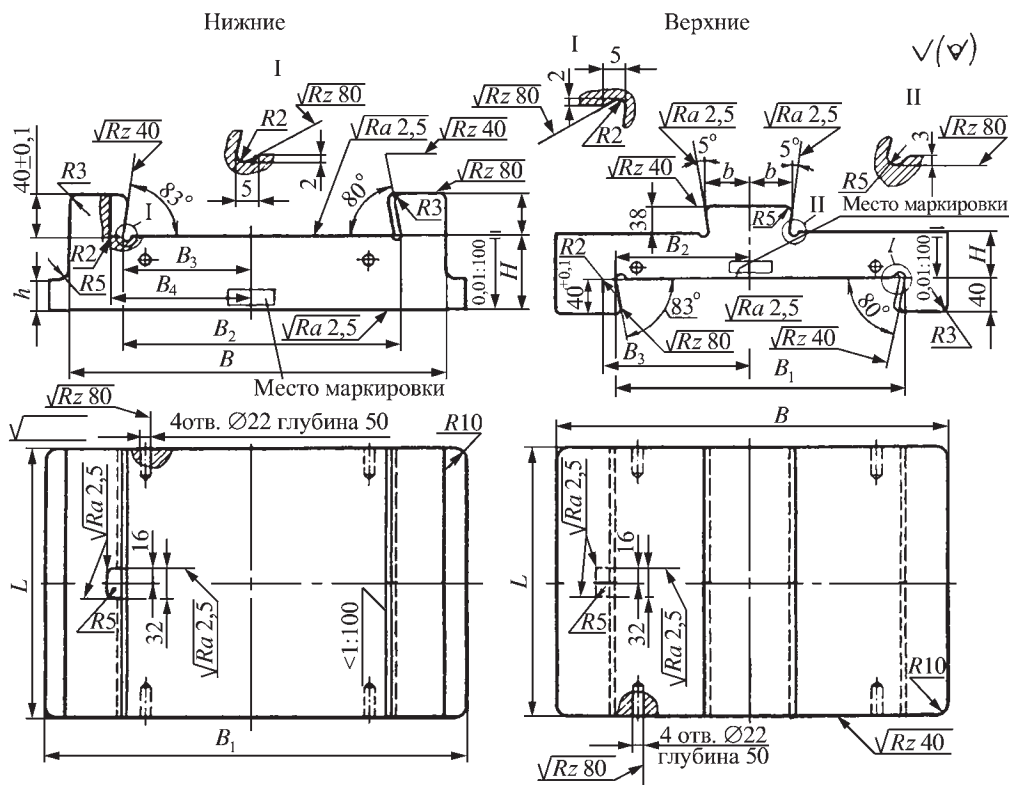
39. Плиты для болтового крепления пакетов (размеры, мм)



L	H	B_1	B	h	L	H	B_1	B	h
200	60	60	50	32	400	70	80 и 90	60	40
	80	—				80			
320	60	60			500	100	80 и 90		
	70	70				80			
	80	70							
	100	—				100			

Примечание. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050—88) или сталь 45Л (ГОСТ 977—88); твердость 300...360 НВ.

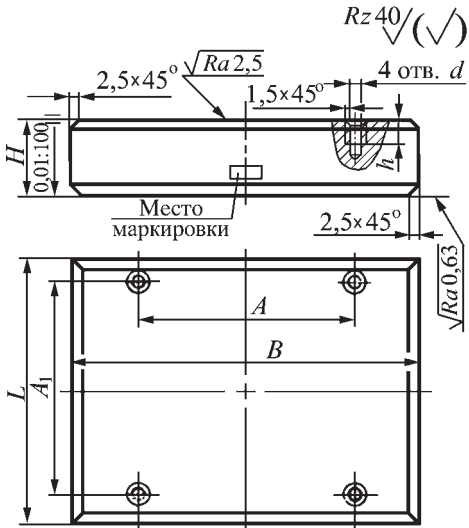
40. Плиты для клинового крепления пакетов (размеры, мм)



B	L	H	H_1	B_1	B_2	B_3	B_4 (доп. откл. $\pm 0,1$)	h	b (доп. откл. $\pm 0,1$)
360	250	60	60 80	450	195	85	105	32	50
450		70	60 70	560	285	130	150		
		60 70	80 100						
500	400	80	70 80	630	355	165	185	40	60
600		90	100						
		80 90	80 100	710	435	205	225		

Примечание. См. примечание к табл. 39.

41. Плиты калибровочные (размеры, мм)

	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>A</i>	<i>A</i> ₁
100	140	32	40	M12	22	70	110
		50					
140	250	50	60	M14	24	110	220
180	180	50	60			150	
250		60					
320	250 и 400	50	60			220 и 250	
Примечания: 1. Материал — см. гл. 12. 2. Резьба по ГОСТ 9150–2002. 3. Шероховатость и допуск на параллельность рабочих поверхностей указаны для окончательно обработанной плиты. По особо обоснованному требованию заказчика допускается снижение шероховатости рабочих поверхностей до <i>Ra</i> 0,32.							

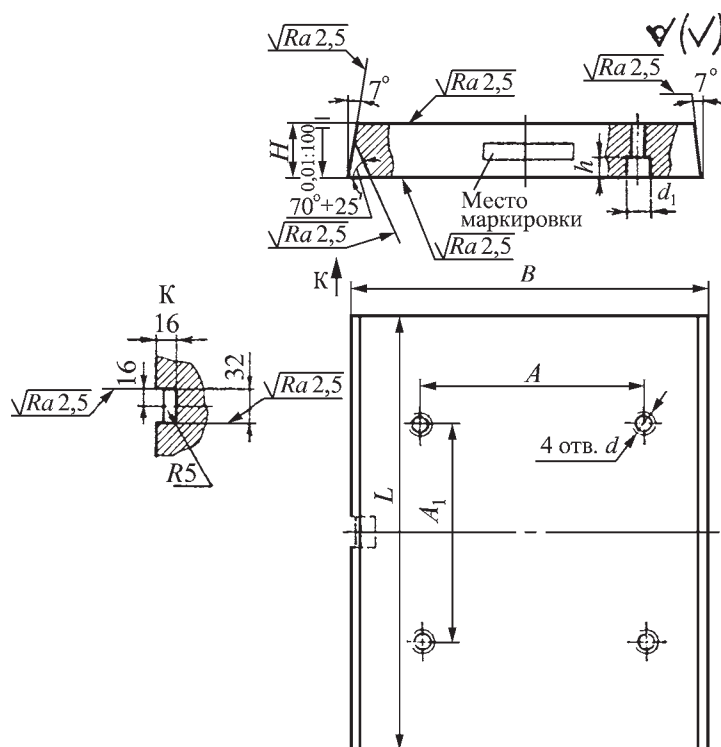
42. Плиты промежуточные для пакетов с болтовым креплением (размеры, мм)

<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	<i>A</i> ₁	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>d</i>	<i>h</i>
			доп. откл.					(доп. откл. ±0,1)
			±0,2	±0,15	±0,2	±0,15		
160	200	36	120	70	166	110	14,5	14
		40						18
		50						28
200	320	36	160	110	280	220	16,5	14
		40						18
		45						23
		50						28
250 и 320	250	36	210 и 280	150	210	150	16,5	15
		40						19
		45						16
		50						21
400	320 и 500	40	360 и 350	220 и 250	280 и 450	220 и 250	16,5	19
		45						16
		50						21
		60						31

Примечание. Материал: сталь 45 (ГОСТ 1050–88); твердость 300...360 НВ.

Размеры в скобках для плит с *B* ≥ 250

43. Плиты промежуточные для пакетов с клиновым креплением (размеры, мм)



B (доп. откл. $\pm 0,1$)	L	H (доп. откл. $\pm 0,1$)	A	A_1	h
			доп. откл. $\pm 0,15$		
170	160	40	70	110	18
		50			28
170	250	40	110	220	18
		50			28
40		150		19	
45				16	
50				21	
330 и 410	400	40	220 и 250		19
		45			16
		50			21
		60			31

Примечания: 1. См. примечание к табл. 42.

2. Остальные размеры: $d = 12,5(14,5)$; $d_1 = 20(23)$. Размеры в скобках для плит с $B \geq 260$.

4. ОЧИСТКА ПОКОВОК И ЗАГОТОВОК

Для получения поковок с высоким качеством поверхности, требующих минимальной обработки резанием, необходимо очищать заготовки перед нагревом и поковки послековки и штамповки от поверхностных дефектов, окалины, ржавчины и других загрязнений (мазута, масла, песка). В зависимости от размеров

поковок, а также от технических условий на изготовление последних в кузнечно-штамповочных цехах для очистки поковок и заготовок применяют различные способы и оборудование (табл. 44).

Механическая очистка. Для удаления дефектов с поверхности крупных поковок, изготавливаемых ковкой на прессах и молотах в условиях мелкосерийного производства, применяют механическую очистку. Этим способом

44. Способы очистки поковок, оборудование и область применения

Способ очистки	Оборудование или инструмент	Назначение	Область применения
Механический	Обдирочно-шлифовальные станки, ручные шлифовальные машинки, рубильные молотки	Удаление мелких и крупных поверхностных дефектов	Для всех видов поковок
	Щетки, скребки, ролики	Удаление окалины	Для мелких и средних заготовок, нагретых перед ковкой или штамповкой
Гидравлический	Очистные гидроаппараты	То же	То же
Пневматический струйно-абразивный	Пескоструйные установки	»	Применение ограничено
Гидроабразивный	Ручные мониторы, барабаны, конвейерные установки	Удаление окалины, заусенцев и мелких поверхностных дефектов	Для средних и крупных заготовок
Виброабразивный	Вибрационные установки	То же	Для поковок с глубокими полостями, тонкими ребрами и полотнами
В галтовочных барабанах	Галтовочные барабаны периодического и непрерывного действия	»	Для поковок без тонких ребер и полотен
Дробью	Дробеструйные аппараты периодического и непрерывного действия	»	Для поковок любой конфигурации, кроме деталей с глубокими отверстиями малого диаметра
Травлением	Травильные ванны, механизированные автооператорные линии	Удаление окалины и мелких поверхностных дефектов	Для поковок любой конфигурации
Огневой	Ручные резак, плазменные установки	Удаление глубоких поверхностных дефектов	Для средних и крупных поковок

можно обрабатывать поковки практически из любых материалов и самых разнообразных конфигураций.

Поковки массой до 30 кг и прутки диаметром 40...50 мм очищают на стационарных станках, поковки и заготовки любых габаритов — на подъемных (маятниковых) станках, переносных (ручных) станках с гибким валом и электрическим или пневматическим приводом с гибким шлангом (табл. 45).

Для абразивной очистки поковок инструментом служат абразивные круги, которые выбирают в зависимости от материала обрабатываемой поковки и скорости обработки. Круги для обработки должны быть крупнозернистыми средней и выше средней твердости. Форма абразивных кругов ПП (плоские прямого профиля). Нормальная окружная скорость 25 м/с.

Вырубку дефектов пневматическими рубильными молотками на мелких и средних поковках производят после их очистки от окалины, на крупных, как правило, очистка не обязательна. Глубокие трещины вырубает за два прохода или более. Глубина вырубki за один проход достигает 2...2,5 мм. Допускаемую глубину вырубki поверхностных дефектов поковок и проката оговаривают в технических условиях. В результате вырубki остается след — канавка. Канавки должны иметь положение очертания и достаточный коэффициент разделки $K_p = b/h \geq 5$, где b и h — соответственно ширина и глубина канавки, мм. Скорость вырубki молотком в среднем составляет 0,005 м/с. По сравнению с низкоуглеродистой, легированная сталь при прочих равных условиях требует в 3—4 раза больше времени на обработку.

Зубила применяют круглого сечения в стержне как более простые в изготовлении и удобные для вырубki. Зубила с прямым лезвием служат для

вырубki сплошных слоев металла, например, при зачистке поверхности, пораженной мелкими волосовинами, зубила с закругленным лезвием — для вырубki местных дефектов. Угол заточки зубила для мягкой стали 55...60°, для твердой стали 70...75°. Хвостовики зубил изготавливают коническими. Размеры конуса должны быть подобраны таким образом, чтобы коническая часть зубила несколько выступала из втулки молотка. Существует ряд виброзащищенных рубильных молотков с энергией удара от 10 до 50 кДж, например модели 165-0002, 165-0003, 165-0004, 165-0005. Ниже приведена характеристика рубильного молотка модели 165—0002:

Энергия удара, кДж	16
Число ударов в минуту	1800
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5
Удельный расход воздуха, м ³ /мин	1,1
Габаритные размеры	
молотка, мм	430×80×187
Масса, кг	5,3

Для получения высококачественных и точных поковок перед деформацией заготовки необходимо с ее поверхности удалить окалину. Для механической очистки окалины с поверхности нагретых заготовок применяют различной конструкции скребки, щетки, ролики.

Эффективным является *гидравлический способ очистки*. Установки для гидроочистки просты по конструкции и надежны в эксплуатации. Они включают насосы высокого давления, струйные насадки, систему гидроприводов, средства механизации подачи и перемещения заготовки, предохранительные кожухи. Число насадок принимают от 4 до 20 при диаметрах заготовки соответственно от 50 до 200 мм; диаметр отверстий струйных насадок составляет 0,5...1,0 мм; давление жидкости 10...15 МПа; расход воды на одну насадку 3,6...4,2 л/мин.

45. Технические характеристики обдирочно-шлифовального оборудования

Модель	Размеры шлифовального круга, мм	Диаметр внутреннего отверстия в шлифовальном круге, мм	Зернистость шлифовального круга	Окружная скорость шлифовального круга, м/с	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения электродвигателя, мин ⁻¹	Расстояние между шлифовальными кругами, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Стационарные станки									
3М634	Ø 400×40	127	160/125	45	2,8	1420	—	900×600×1200	—
3М636	Ø 600×75	203	160/125	45	7	955/1420	—	1300×800×1400	—
3437П	Ø 750×25...100	305	80/125	50	10	1450	—	1670×1244×1595	2000
E2X400/1*	Ø 400×50	127	160/125	45	4	1500	720	1070×690×1125	420
E2X630/1*	Ø 630×50...80	203; 305	200/160	45	10	1500	1415	1773×1022×1150	1115
E2X801*	Ø 800×63...100	203; 305	200/125	45	13	1500	1425	1840×1480×1250	2290
Подвесные станки									
3374К	Ø 400 ×40	127	160/125	40	4,5	1910	—	2500×600×700	270
EP500*	Ø 500×80	203	160/125	45	7,5	1500	—	2983×865×770	544
EP500*	Ø 500×80	203	125/100	60	10	3000	—	2935×895×770	565
Пневматические шлифовальные станки									
ШРШ-06	Ø 60	—	—	—	0,2	6000	—	l = 430	—
ШРШ-2	Ø 150	—	—	—	1,3	3000	—	l = 580	—
Передвижной станок с гибким валом									
3382	Ø 200×25	—	—	—	2,8	2200	—	800×600×800	—

* Производство Германии.

Струйно-абразивная очистка. Этот способ применяют для очистки кованых и штампованных поковок от окалины и ржавчины. В зависимости от состояния используемого рабочего тела (сухой абразив или абразивная жидкость) струйную очистку делят на пневмо- и гидроабразивную. Энергоносителем в обоих случаях является сжатый воздух давлением 0,2...0,5 МПа, который абразивную жидкость или сухой абразив направляет струей на обрабатываемую поковку со скоростью 30...60 м/с. *Пневмоабразивный* способ очистки применяют ограниченно в связи с повышенной концентрацией пыли на рабочем месте.

При *гидроабразивной очистке* в качестве абразивной среды используют приготовленную в специальных установках смесь абразива с водой. Состав гидроабразивной смеси, %: 76,5 воды; 20 абразива; 3,5 кальцинированной соды. Для гидроабразивной очистки применяют следующие абразивные материалы: кварцевый песок, корунд и карбид бора. Кварцевый песок как менее дефицитный и недорогой используют с размерами зерен от 0,3 до 2 мм.

Гидроабразивную очистку применяют для обработки изделий из цветных сплавов, а также для стальных поковок, у которых недопустимо упрочнение поверхности. При диаметре сопла от 4 до 10 мм расход воздуха давлением 0,5 МПа составляет от 1 до 6 м³/мин. На рис. 42 представлена конструкция гидроабразивного барабана периодического действия. В колокол 4 через приемное окно камеры 2 загружают поковки 3, где производят их очистку струйным аппаратом 1. Выгрузку очищенных поковок в бункер 6 выполняют путем наклона барабана с помощью привода 5.

Виброабразивная очистка. Очистку поковок осуществляют частицами абразивной рабочей среды при колеба-

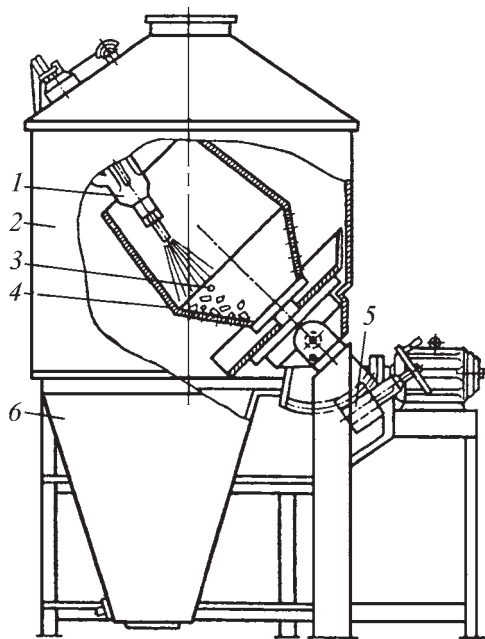


Рис. 42. Гидроабразивный барабан периодического действия

нии этих частиц в контейнере, подключенном к виброприводу. С увеличением амплитуды колебаний увеличивается ускорение и сила микроударов абразивных частиц. Удаление окалины и зачистка заусенцев происходит при амплитуде 5...7 мм и частоте до 25 Гц, а скругление острых кромок поковок — при амплитуде 3...4 мм и частоте 25...35 Гц.

В зависимости от сложности формы и размеров очищаемых поковок в качестве рабочей среды применяют бой абразивных кругов, фарфоровую крошку, звездочки из отбеленного чугуна и электрокорунда. Наибольший эффект достигается при использовании металлического наполнителя. Поэтому при очистке крупных и средних поковок используют в качестве наполнителя (рабочей среды) мелкие штампованные поковки.

При мокром способе очистки — *виброгидроабразивной очистке* — помимо

46. Технические характеристики вибрационных установок

Параметр	ВУ-25	ВУ-125	ВУ-250	ВУ-500
Число контейнеров	6	1	2	2
Суммарная вместимость контейнеров, л	20	80	130	220
Полезная нагрузка контейнеров, кг	25	125	250	500
Частота колебаний, мин ⁻¹	3000	До 3000		
Амплитуда колебаний, мм	1,5	До 3,0		
Максимальные габаритные размеры обрабатываемых деталей, мм	30×30×15	150×80×50	150×80×50	250×100×100
Габаритные размеры установок в плане, мм	750×550	1200×1200	1300×1200	1700×1200
Способ очистки	Сухой			
Параметр	УВ1*	ВКС-200	ВМ-100	ВГМ-6
Число контейнеров	2	2	1	1
Суммарная вместимость контейнеров, л	120	200	100	300
Полезная нагрузка контейнеров, кг	280	500	200	800
Частота колебаний, мин ⁻¹	1140...1800	1440	1440...2500	960...1440
Амплитуда колебаний, мм	2...6	3...6	2...6,5	2,5...6,5
Максимальные габаритные размеры обрабатываемых деталей, мм	150×80×60	200×80×80	200×60×60	800×600×400
Габаритные размеры установок в плане, мм	1320×1100	1400×1200	1590×950	2500×1360
Способ очистки	Сухой, мокрый	Сухой	Мокрый	

* Конструкция НИИЛитмаша.

абразивного наполнителя в контейнер вводятся активные щелочные растворы с ингибиторами (пассивирующие добавки). Рекомендуемый состав наполнителя для виброгидроочистки поковок из углеродистых и легированных сталей, %: 62 воды; 34 абразива; 1,5 кальцинированной соды; 0,5 нитрита натрия. Характеристика вибрационных установок приведена в табл. 46.

Галтовка в барабанах. Существуют два основных способа галтовки: сухая, когда поковки загружают в барабан без добавления абразивных материалов, и мокрая, когда вместе с поковками в барабан загружают различные абразивные материалы (кварцевый пе-

сок, гранит, фарфор, чугунные звездочки, стальные шарики) с добавлением мыльной или содовой воды. Галтовочные барабаны применяют для очистки штампованных поковок массой до 40 кг без тонких ребер, полотен и мелких отверстий.

Сухую галтовку применяют для удаления с поверхности поковок окалин, ржавчины, мазута, заусенцев после обрезки облоя. Для поглощения масла, измельченной ржавчины и окалин, а также для ускорения процесса очистки вместе с поковками в барабан загружают сухие древесные опилки и звездочки. Шероховатость поверхности после сухой галтовки достигает R_z 32...40.

47. Технические характеристики галтовочных барабанов

Параметр	Периодического действия			Непрерывного действия
	ОБ-900	3А-11	3А-12	314
Объем загрузки, м ³	0,8	0,8	1,6	—
Производительность, т/ч	3,5	1,0	3...6	3...5
Размеры рабочей части барабана (диаметр × длина), мм	900×1250	900×1400	1120×1800	1200×6400
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	30	27	29	77
Угол наклона барабана, °	—	50	50	0...4
Установленная мощность электродвигателей, кВт	9,8	7,0	21,0	21,7
Размеры загрузочного люка, мм	1200×570	600	900	800
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	3500×1700× ×1500	3130×2200× ×1880	6000×3100× ×5000	6540×2400× ×2700
Масса, кг	5200	4800	13 000	18 800

Мокрую галтовку применяют не только для очистки поверхности поковок, но также и для удаления микронеровностей на поверхности основного металла поковки. Этот процесс в некоторых случаях может заменить шлифование.

После мокрой галтовки шероховатость поверхности получают от R_z 20 до R_a 0,63. Характеристика серийно выпускаемых галтовочных барабанов приведена в табл. 47.

Для сухой очистки используют галтовочные барабаны периодического действия модели ОБ-900 с загрузкой поковок через боковую стенку с помощью подъемника. В конструкции предусмотрена возможность отсоса пыли в процессе работы барабана через отверстия в цапфах. Управление дистанционное.

При серийном и массовом производстве применяют автоматизированные галтовочные барабаны периодического действия моделей 3А-11 и 3А-12. Средняя часть этих барабанов цилиндрическая; в торцовых частях — конических — размещены загрузоч-

ные и разгрузочные люки. При разгрузке и загрузке поковок барабан устанавливают в наклонное положение, что обеспечивает возможность создания механизированных линий по очистке поковок.

Большие возможности для механизации загрузочных работ обеспечивают очистные галтовочные барабаны непрерывного действия модели 314 завода «Амурлитмаш».

Очистка дробью. Широко распространены дробеструйный и дробеметные способы очистки поковок. При *дробеструйной очистке* поковок дробь разгоняется сжатым воздухом давлением 0,5...0,6 МПа до скорости 20...30 м/с. Оптимальное расстояние от сопла до поверхности очищаемой поковки 200...300 мм, при меньших расстояниях производительность очистки падает, так как уменьшается площадь воздействия струи дроби. Дробеструйные аппараты позволяют производить очистку сложных поковок с глубокими полостями типа стаканов и втулок с фланцами.

В зависимости от способа перемещения поковок дробеструйные уста-

новки делят на дробеструйные барабаны с горизонтальной и наклонной осью вращения, вращающиеся и проходные столы и камеры периодического и непрерывного действия. Барабаны применяют преимущественно для очистки тонкостенных поковок, вращающиеся столы — для крупных поковок массой до 100 кг, проходные столы — для длинных поковок, камеры периодического действия — для крупногабаритных поковок в мелкосерийном производстве, а камеры непрерывного действия — в массовом производстве. Характеристика дробеструйных аппаратов приведена в табл. 48.

Широко применяют двухкамерные дробеструйные аппаратуры нагнетательной системы модели 334М. Конструкция аппарата обеспечивает возможность одновременной работы двумя соплами. Сопла дробеструйных аппаратов изготавливают из отбеленного нелегированного и легированного (27...30 % Cr) чугуна или из твердых сплавов. Для очистки мелких и средних поковок применяют чугунную или стальную дробь диаметром 0,5...2,5 мм. При

этом для очистки поковок, прошедших отжиг или нормализацию, используют, как правило, дробь диаметром 1,0...2,5 мм, а для очистки поковок после термической обработки (более мелкую) — до 1,5 мм; для поковок из цветных сплавов размер дроби 0,8...1,2 мм. Средний расход чугунной дроби в зависимости от рода поковок и качества дроби 2,5...3,5 кг на одну тонну поковок. Шероховатость поверхности после дробеструйной очистки R_z 320...40.

При *дробеметной очистке* поток дроби с помощью быстро вращающихся лопаток крыльчатки дробеметной головки направляется со скоростью 70...80 м/с на очищаемую поверхность поковки. По способу перемещения поковок внутри дробеметных установок последние делятся на ленточные барабаны, вращающиеся столы и камеры непрерывного и периодического действия. Этим способом, как и дробеструйным, очищают поковки массой до 50 кг в барабанах, до 100 кг — на столах, поковки любой массы — в камерах.

Завод «Амурлитмаш» выпускает дробеметные конвейерные камеры непре-

48. Технические характеристики дробеструйных аппаратов

Параметр	334	334М
Объем рабочей камеры, л	140	
Рабочее давление, МПа	0,6	
Расход воздуха при непрерывной работе, м ³ /мин	3,6	4,2
Расход дроби на 1 т поковок, кг	2,4...3,5	2,4...5,0
Радиус действия аппарата, мм	3000	3000
Число сопел	2	
Диаметр подводящего воздуховода, мм	50,8	
Диаметр сопла, мм	—	8
Мощность электродвигателя компрессора, кВт	—	25
Масса, кг	810	780
Производительность аппарата (с одним соплом диаметром 8 мм), кг/ч	1500	
Количество дроби, загружаемой в аппарат (в начале работы), кг	—	375
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	1500×1400×2040	1650×840×2120

49. Технические характеристики дробебетных камер непрерывного действия

Параметр	42723	42724	42725
Грузоподъемность подвески, кг	315	630	1250
Максимальные размеры очищаемых деталей (диаметр × высота), мм	800×1400	1000×1700	1200×2000
Производительность, подвесок/ч	72	40...50	22...27
Число дробебетных аппаратов	8		
Производительность дробебетных аппаратов, кг/мин	250		
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), м	14×12×7,3		

50. Технические характеристики дробебетно-дробеструйных камер периодического действия

Параметр	42612	42634
Производительность, т/ч	5...7	8...14
Внутренние размеры камеры, м	4,5×4,5×3,0	6,0×6,0×3,0
Грузоподъемность тележки, т	10	30
Диаметр поворотного стола, мм	3200	
Число аппаратов, шт:		
дробебетных	2	3
дробеструйных	1	
Производительность одного аппарата, кг/мин:		
дробебетного	250	250
дробеструйного	25	25
Габаритные размеры камеры (длина × ширина × высота), м	9,5×10×6,0	12,5×12×6,5

рывного действия (табл. 49) для очистки поковок массой 100...1000 кг при крупносерийном и массовом производстве. Режим движения подвесок конвейера обеспечивает поступательное движение в зоне действия дробебетных аппаратов.

Очистку поковок массой 100...1000 кг в условиях единичного и мелкосерийного производства выполняют в дробебетно-дробеструйных камерах периодического действия (табл. 50). После дробебетной обработки твердость закаленных и отпущенных поковок повышается на 40 % на глубине 0,3...0,5 мм, в результате чего увеличивается сопротивление металла поковки истиранию и усталости во время экс-

плуатации (при условии, что детали, обработанные дробью, не подвергаются в дальнейшем термической обработке и обработке резанием). Шероховатость поверхности поковок после дробебетной обработки такая же, как и после дробеструйной.

Травление. Этот способ очистки применяют для поковок, прошедших предварительную и окончательную термическую обработку перед обработкой резанием или перед консервацией. Травлением можно очищать поковки массой до 1000 кг любой конфигурации. При этом выявляются все поверхностные дефекты (трещины, волосовины, зажимы и т. д.). Процесс травления стальных поковок включает следующие этапы.

51. Составы травильных ванн и режимы работы

Наименование компонента и режим работы	Массовая доля компонентов в растворе, г/л		
	1	2	3
Кислота:			
серная	—	100...200	40...60
соляная	—	—	130...160
фосфорная	50	—	—
Йодистый калий	—	0,8...1,0	—
Хромовый ангидрид	200	—	—
Ингибиторы	—	8...10	3...5
Температура, °C	80...90	60...80	15...35
Продолжительность, мин	До полного удаления	5...30	10...60

1. Заправка ванны: заполнение травильной ванны приблизительно на 70 % ее объема, осторожное прибавление кислот до требуемой концентрации (табл. 51), перемешивание, подогрев ванны до наименьшей рекомендуемой температуры, добавление ингибитора (присадки), перемешивание.

2. Загрузка ванны: загрузка поковок в корзины из дерева, кислотоупорной проволоки или в корзины, отлитые из кислотоупорной стали; погружение корзин с поковками в ванну таким образом, чтобы они не соприкасались с трубами и стенками ванны.

3. Травление: начало — при температуре, наименьшей из рекомендуемых; по мере ослабления концентрации раствора температуру повышают и к концу цикла доводят до наибольшей. Продолжительность процесса травления 15...18 мин в зависимости от концентрации раствора, температуры ванны и толщины слоя окалины на поковке.

4. Промывка от остатков кислоты и железного купороса в ванне с проточной горячей водой повторными погружениями их в воду в течение 3...5 мин при температуре 60...70 °C или в течение 2...3 мин при 85...90 °C.

5. Нейтрализация в щелочной ванне (50...70 г/л NaOH и KOH) при 20 °C.

6. Промывка в горячей воде (60...70 °C) в течение 3...5 мин и последующая сушка.

7. Контроль качества травления на полное снятие окалины.

Хорошо протравленные поковки имеют поверхность одинакового серовато-стального цвета, без пятен и остатков окалины; поверхность протравленного металла черная и глубоко изъеденная.

Травление сталей аустенитного класса типа 12X18H10T и 12X21H5T происходит при температуре 15...35 °C в растворе, г/л: 220...240 HNO₃; 20...25 NaF; 20...35 NaCl. Продолжительность травления 30...60 мин, глубина съема основного металла до 2 мкм.

Для травления жаропрочных сплавов используют раствор, г/л: 280...350 HNO₃; 130...180 HCl; 30...40 NaF. Продолжительность процесса 2...2,5 ч при 40...45 °C, глубина съема основного металла 10...15 мкм.

Травление поковок из алюминиевых сплавов для удаления оксидной пленки происходит в растворе, %: 75 HNO₃; 25 HF. Продолжительность травления 1...3 мин при 15...35 °C.

52. Технические характеристики автооператорных подвесочных линий травления

Параметр	МЛХ-3М	МЛХ-37
Производительность, м ² /ч	18	30
Габаритные размеры подвески (длина × ширина × высота), мм	1300×300×800	2000×300×100
Параметры деталей, загружаемых на подвеску:		
площадь, м ²	6	10
масса, кг	60	100
Грузоподъемность автооператора, кг	450	
Способ нагрева ванны	Паровой	
Габаритные размеры линии (длина × ширина × высота), мм	13170×3265×4365	8340×3800×5150
Масса линии, кг	8462	7640

Для очистки медных сплавов применяют раствор азотной кислоты HNO_3 .

Для полного удаления окалины, оксидов и газонасыщенного слоя у поковок из титановых сплавов травление осуществляют в одном из следующих ра створов, г/л: 25...35 HNO_3 ; 200...250 HF или 200...300 HCl ; 45...50 NaF .

Травильные ванны покрыты кислотоупорной футеровкой, снабжены паровыми змеевиками для подогрева жидкости и вентиляционными отсосами. Материал футеровки выбирают в зависимости от химической активности раствора. При солянокислых растворах используют винипласт, при сернокислых — асфальт и битум. Хорошо зарекомендовал себя кислотоупорный бетон и литой базальт, футерованный кислотоупорными керамическими плитками. Ванны для травления, промывки, нейтрализации и окончательной промывки komponуются в технологические линии. Для травления стальных поковок рекомендуется автооператорная линия модели МЛХ-3М, для алюминиевых поковок — МЛХ-37 (табл. 52).

Огневая зачистка. Огневая зачистка производится пламенем газовой горелки со специальным мундштуком. Температура пламени доходит до 2500...3100 °С. Высокоуглеродистая и легированная сталь перед огневой зачисткой

требует нагрева во избежание трещин. Температура нагрева зависит от содержания в стали углерода и хрома. Зачистку начинают немедленно после нагрева до 200...400 °С и ведут без задержек.

Температура нагрева поковок перед огневой зачисткой летом доходит до 427 °С; зачистка при температуре ниже 120...130 °С не допускается. В зимнее время температуру нагрева стали под огневую зачистку повышают на 50...60 °С. Огневую зачистку поковок и слитков в кузнечно-прессовых цехах можно осуществлять также непосредственно послековки при температуре 800 °С и выше. Для этого применяют специальные резак, отличающиеся большой длиной, оснащенные подвесным устройством и водяным охлаждением.

Сталь, содержащая более 4,5 % хрома и кремния, не поддается огневой зачистке без специальных шлакообразующих добавок.

Источником питания резака с использованием ацетилена служит ацетиленовый генератор с максимальной производительностью 1,25...1,5 м³/ч и давлением не ниже 4 кПа.

Для удаления всех поверхностных дефектов и получения поковок с высоким качеством поверхности, с минимальным и равномерно распределен-

ным облоем или без него исходные и промежуточные заготовки перед нагревом под штамповку подвергают обтачиванию на токарных станках. Для предохранения очищенных поковок от коррозии их следует после очистки немедленно промыть при 20 °С в растворе следующего состава, %: 10 NaNO₃; 0,5...0,6 Na₂CO₃; вода — остальное. При длительном хранении необходимо применять либо смазочные материалы (веретенное масло и др.), либо фосфатирование, либо горячую обработку нитритом натрия повышенной концентрации.

Техника безопасности. При очистке поковок на дробеструйных и дробеметных установках необходимо обеспечить полную герметизацию рабочей камеры для исключения вылета дроби, пыли и окалины в помещение цеха. По этой причине, а также для изоляции от шума помещения для галтовочных барабанов, дробеструйных и дробеметных установок должны быть изолированы от соседних помещений. Очистные установки должны быть снабжены вытяжной вентиляцией и пылеуловительными устройствами.

Работающие с открытой струей дроби или мокрого песка должны надевать скафандры и защитные лицевые маски, в которые подается чистый воздух с удельным расходом 0,5 м³/мин. Для дробеметных машин с сепарацией дроби, кроме отсоса воздуха из рабочих камер, должны быть предусмотрены отсосы производительностью 10...20 м³/мин для головок ковшового элеватора и 40...50 м³/мин для сепаратора.

Участки очистки поковок должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией через боковые пылеприемники, а также через решетку в полу или в верстаке (столе). При установке абразивные круги должны быть осмотрены и подвергнуты испытаниям на прочность вращением с частотой, превышающей максимальную рабочую частоту.

Для отсоса пыли предусмотрено присоединение всех очистных машин (дробеструйных и дробеметных) к цеховой вентиляции.

Травильные отделения следует размещать в просторных, светлых, изолированных помещениях и обеспечивать естественным светом (0,25...0,50 м² оконной поверхности на одного человека), приточно-вытяжной вентиляцией с 5...7-кратным обменом и расположением вентиляторов вне травильного отделения. Металлические части в отделении должны быть покрашены краской, двери — обиты войлоком. Ванны для травления и горячей промывки необходимо снабжать бортовыми вентиляционными отсосами. Верхние края ванн с травильными растворами должны находиться на расстоянии 0,75...1,0 м от уровня пола. Полы должны быть выложены метлахскими плитками или кислотоупорным бетоном и иметь наклон к стоку; возможно чаще промываться водой. Щелочи, кислоты следует хранить в отдельном помещении, оснащенном вентиляцией и оборудованием, соответствующим требованиям СНиПа. Сифоны для заполнения ванн травильными растворами должны иметь плотные краны.

Приготовляя растворы для травления черных металлов, необходимо к холодной воде добавлять серную и другие кислоты. При этом сначала вливать серную, затем азотную и уже потом серную кислоту. Добавление кислоты к нагретой воде не разрешается. Недопустим спуск разлитой и отработанной кислоты и отработанных травильных растворов в канализацию без предварительной нейтрализации. Травильные отделения и цехи должны быть оборудованы эффективными системами очистки и нейтрализации. Операции с кислотами и щелочами необходимо производить в спецодежде, состоящей из резиновых сапог, перчаток и фартука.

Глава 12

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ШТАМПОВ

Материал и заготовки. Штампы и рабочие вставки для горячего деформирования изготавливают из кованых стальных мерных прямоугольных и полосовых заготовок. Кроме кованых заготовок применяют также стальные и чугунные отливки, а для рабочих вставок — прокат.

Химический состав штамповых сталей, их твердость после отжига или закалки должны соответствовать ГОСТ 5950—2000 (см. также т. 1, гл. 1).

Штамповая сталь обладает высокими механическими свойствами (прочностью, пластичностью, ударной вязкостью и твердостью) при температурах 300...600 °С, высокой разгаростойкостью (термомеханической усталостью), препятствующей образованию трещин на гравюре, высокой теплопроводностью; хорошей обрабатываемостью и незначительным короблением при термической и химико-термической обработке. Марку стали подбирают в зависимости от конкретных условий работы штампа и его конструкции.

Приемка заготовок для штампов ведется по следующим основным параметрам: химическому составу, качеству поверхности, толщине обезуглероженного слоя, величине зерна аустенита в закаленном состоянии, макроструктуре, твердости, микроструктуре (зернистого перлита, карбидной сетки и карбидной неоднородности).

Припуски и предельные отклонения размеров на заготовки, полученные ковкой на молотах, назначают по ГОСТ 7829—70 (в ред. 1988 г.), а на полученные ковкой на прессах — по ГОСТ 7062—90. Глубина неровностей

на необрабатываемых поверхностях заготовок, отклонения формы сечения должны находиться в поле допуска.

На обрабатываемых поверхностях глубина дефектов не должна превышать 75 % номинального одностороннего припуска на обработку резанием.

Заготовки изготавливают двух категорий: высшей — В и первой — П.

Ковку заготовок высшей категории качества проводят с осадкой до 50 % исходной высоты по трем осям заготовки.

Ковку заготовок первой категории качества выполняют с осадкой слитка или промежуточной заготовки на 50 % исходной высоты.

Уковка должна быть не менее 3. Правку торцов проводят у всех заготовок с размером $L < 1200$ мм и $L/H < 3$ (L и H — соответственно длина и высота заготовки).

Заготовки не должны иметь флокенов, усадочной рыхлости, скворечников, заковов, раскованных загрязнений, раскованных пузырей, трещин, видимых невооруженным глазом.

Заготовки в соответствии с ГОСТ 7566—94 принимают партиями. Партией считают заготовки одной марки стали, одного размера и одной категории качества, прошедшие термическую обработку по одному режиму и оформленные одним документом о качестве. От партии отбирают 10 % заготовок для определения твердости; для определения химического состава из плавки берут одну пробу от плавки (ковша) по ГОСТ 7565—81. Качество поверхности, размеры и геометрическую форму проверяют у каждой заготовки.

Упаковку и оформление документации выполняют по ГОСТ 7566–94.

Размеры и линейная плотность заготовок должны соответствовать приведенным в табл. 1 (см. также рис. 49, гл. 3). Длина заготовок указывается предприятием-потребителем.

Размеры и масса мерных заготовок, торцы которых правят (штамповые кубики), мм: $H \times B = (140 \times 300) \dots (600 \times 1250)$, $L = 200 \dots 2800$; масса 66... 16 486 кг. По согласованию с потребителем могут выпускаться заготовки с размерами более $600 \times 1250 \times 2800$ мм.

Штамповые стали для молотовых цельных штампов (без вставок) и их твердость в зависимости от массы падающих частей штамповочного молота приведены в табл. 2.

Материалы для деталей универсально-переналаживаемых молотовых штампов (блоков, вставок, клиньев и др.) приведены в гл. 3.

Подкладные штампы изготавливают из сталей 40Х, 65Г, У7 и У8. Для тяжело нагруженных пуансонов подкладных штампов применяют стали 5ХНМ, 5ХНВ и 5ХГМ; для штампов высокоскоростных молотов — стали 4ХЗВМФ,

1. Линейная плотность, кг/м, заготовок прямоугольного сечения в зависимости от размеров сечения

Высота заготовки H , мм	Ширина заготовки B , мм															
	50	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
40	16	25	31	38	44	50	57	63	—	—	—	—	—	—	—	—
50	20	31	39	47	55	63	71	79	86	94	—	—	—	—	—	—
80	—	50	63	75	88	101	113	126	138	151	163	176	188	201	214	226
100	—	—	79	94	110	126	141	157	173	188	204	220	236	251	267	283
120	—	—	—	113	132	151	170	188	207	226	245	264	283	301	320	339
140	—	—	—	—	154	176	198	220	242	264	286	308	330	352	374	396
160	—	—	—	—	—	201	226	251	276	301	327	352	377	402	427	452
180	—	—	—	—	—	—	254	283	311	339	367	396	424	452	480	509
200	—	—	—	—	—	—	—	314	345	377	408	440	471	502	534	565
220	—	—	—	—	—	—	—	—	380	414	449	484	518	553	587	622
240	—	—	—	—	—	—	—	—	414	452	490	528	565	603	641	678
260	—	—	—	—	—	—	—	—	449	490	531	571	612	653	694	735
280	—	—	—	—	—	—	—	—	484	526	571	615	659	703	748	791
300	—	—	—	—	—	—	—	—	518	565	612	659	707	754	801	848
320	—	—	—	—	—	—	—	—	553	603	653	703	754	804	854	904
340	—	—	—	—	—	—	—	—	587	641	694	747	801	854	907	961
360	—	—	—	—	—	—	—	—	622	678	735	791	848	904	961	1017

Примечания: 1. Линейная плотность заготовки вычислена по номинальным размерам при плотности стали 7,85 кг/дм³.

2. Максимальная длина заготовки 3000 мм.

Пример условного обозначения заготовки полосового типа с размерами $H = 150$ мм и $B = 260$ мм из стали 5ХНМ: 150×260 — 5ХНМ.

2. Стали для цельных молотовых штампов

Штампы	Масса падающих частей молота, т	Марки стали	Твердость НВ	
			рабочей части	опорной части
Ковочные открытые и закрытые	0,63	5ХНМ; 5ХГМ; 5ХНВ; 5ХНСВ	388...461	До 302
	1,0		375...444	
	1,6		352...429	До 285
	3,15		341...415	
	4,0		321...388	До 255
	6,3		311...341	
Калибровочные; правочные цельные (без вставок)	10,0	5ХНМ; 5ХНВ; 5ХНСВ	277...311	
	16,0		429...477	255...302
	0,63...1,0		401...444	
	1,6...3,15		388...429	
	4,0...6,3		341...388	
	Св. 6,3			

4Х5МФС, 4Х5МФ1С, 4Х5В2ФС и 4Х4МВФС и др. Твердость пуансонов и матриц 48...51 HRC.

Материалы, их твердость и способы упрочнения поверхностей деталей штампов кривошипных горячештамповочных прессов, горизонтально-ковочных машин и винтовых прессов приведены в табл. 3.

Для штампов гидравлических прессов можно выбирать те же материалы, что и для кривошипных горячештамповочных прессов.

При штамповке труднодеформируемых сталей и сплавов для вставок и пуансонов можно применять стали 4Х5В2ФС и 3Х2В8Ф твердостью 388...477 НВ. Для изготовления высадочных штампов эффективны стали 4Х5МФС, 4Х3ВМФ, 4Х4МВФС и 3Х3М3Ф, которые обладают повышенной разгаростойкостью.

При штамповке труднодеформируемых сталей и сплавов для вставок и матриц используют стали 4Х5В2ФС и 3Х2В8Ф твердостью 415...477 НВ.

3. Стали для деталей штампов и цельных штампов

Детали штампов, цельные штампы	Марки стали	Твердость НВ		Способ поверхност- ного упрочнения
		рабочей части	опорной части	
Горячештамповочные прессы				
Плиты (блоки)	40ХЛ; 40Л	302...352		—
Вставки осадочные и пережимные	7Х3; 5ХГС	341...415		
Вставки ручьевые для штампов- ки углеродистых сталей	5ХНВ; 5ХНМ; 5ХГСВФ; 5ХГМ	341...401 (черновой ручей); 401...444 (чистовой ручей); 444...495 (калибровочный ручей)		

Продолжение табл. 3

Детали штампов, цельные штампы	Марки стали	Твердость НВ		Способ поверхност- ного упрочнения
		рабочей части	опорной части	
Колонки направляющие	20; 45	—		Цементация на глуби- ну 0,8...1,2 мм, 58... 64 HRC (для стали 20). Закалка ТВЧ на глуби- ну 1,0... 2,0 мм, 45... 60 HRC (для стали 45)
Втулки направляющие	Бронза БрО6Ц6С3			
Матрицедержатели	45Х			
Прижимы мелкие (шириной до 150 мм)	45Х; 45			
Прижимы крупные (шириной свыше 150 мм)	40ХЛ; 40Л			
Выталкиватели	7Х3; 3Х2В8Ф; 5ХГС			
Съемники	7Х3; 5ХГС	363...429		—
Бобышки (пуансоны) вставные диаметром до 50 мм	4Х5В2ФС; 3Х2В8Ф	388...460		
Бобышки (пуансоны) вставные диаметром свыше 50 мм	5ХНМ; 5ХНВ; 5ХНСВ	363...429		
Матрицы для штамповки угле- родистых и легир ованных ста- лей выдавливанием	5ХНВ; 4Х8В2; 4Х5В2ФС; 3Х2В8Ф	415...460		
Вставки для штамповки поковок сложной формы, нагреваемые до 620...650 °С	4Х2В5ФМ; 3Х2В8Ф	341...401 (черновой ручей); 415...444 (чистовой ручей); 444...477 (калибровочный ручей)		—
Матрицы для штамповки поко- вок выдавливанием из трудноде- формируемых сталей, нагревае- мые до 500 °С	4Х5В2ФС; 4Х8В2	444...477		Азотирование на глы- бину 0,22...0,3 мм (750...1000 НV) или электроискровое уп- рочнение
Матрицы для штамповки поко- вок выдавливанием из трудноде- формируемых сплавов, нагр- евающиеся до 650 °С	4Х3В2Ф2М2; 4Х2В5ФМ; 3Х2В8Ф			
Пуансоны для штамповки поко- вок выдавливанием	4Х5В2ФС; 4Х5В4ФСМ; 3Х2В8Ф; 5ХНМ	388...444	302...363	Азотирование на глы- бину 0,22...0,3 мм (750...1000 НV) или электроискровое уп- рочнение

Продолжение табл. 3

Детали штампов, цельные штампы	Марки стали	Твердость НВ		Способ поверхностного упрочнения
		рабочей части	опорной части	
Горизонтально-ковочные машины				
Блоки матриц (с ручьями без вставок)	7Х3; 5ХНВ	321...444		—
Блоки матриц (для вставок)	45; 45Х	285...321		
Блоки пуансонов (пуансонодержатели)	45ХЛ	311...388	207...229	
Вставки зажимные, пережимные, формовочные	7Х3; 8Х3; 5ХГС; 5ХНВ; 5ХНМ	363...415		
Вставки прошивные, обрезные, просечные	7Х3; 8Х3; 5ХНВ; 4Х8В2	388...444		Дробеструйный наклеп
Пуансоны наборные мелкие и средние	7Х3; 5ХГС	363...415	321...363	Азотирование на глубину 0,22...0,3 мм (750...1000 НВ) или электроискровое упрочнение поверхно стей
Пуансоны наборные крупные		352...388		
Пуансоны формовочные мелкие и средние	8Х3; 5ХНВ; 5ХНМ	363...415		Электроискровое упрочнение рабочих поверхно стей
Пуансоны формовочные крупные		341...388		
Пуансоны обрезные	8Х3; 4Х8В2	388...444		
Пуансоны прошивные	4Х5В2ФС; 4Х8В2; 3Х2В8Ф	363...415	302...341	Азотирование на глубину 0,22...0,3 мм (750...1000 НВ) или электроискровое упрочнение
Прошивники сборных пуансонов				
Винтовые прессы				
Штампы с замками или направляющими колонками (без вставок)	5ХНМ; 5ХНВ	375...460		Дробеструйный наклеп
Державки пуансонов и выталкивателей	35ХГСА; 45Х	375...429		—
Матрицедержатели				
Обоймы				
Плиты верхние и нижние установочные	45; 45Х	375...429		
Кольца разрезные				
Выталкиватели	4Х5В2ФС; 3Х2В8Ф	388...477		
Вставки для штамповки углеродистых и легированных сталей	5ХГС; 5ХНВ; 5ХНСВ; 5ХНМ	341...401 (черновой ручей); 415...444 (чистовой ручей)		
Вставки для штамповки поковок сложной формы из углеродистых сталей, нагревающиеся до 620...650 °С	4Х2В5ФМ; 5ХНМ; 4Х8В2			

Окончание табл. 3

Детали штампов, цельные штампы	Марки стали	Твердость НВ		Способ поверхностного упрочнения
		рабочей части	опорной части	
Матрицы для высадки болтов	7Х3; 8Х3; 5ХНВ; 5ХНМ	363...429		—
Пуансоны прошивные для штамповки углеродистых, леги- рованных и труднодеформируе- мых сталей и сплавов	4Х5В2ФС; 4Х8В2; 3Х2В8Ф	388...429		Азотирование на глуби- ну 0,22...0,3 мм (750... 1000 НВ) или электро- искровое упрочнение
Пуансоны для высадки болтов	7Х3; 8Х3; 5ХГС	363...415		—

Материалы для обрезающих, просечных и правочных штампов, а также штампов горячештампочных автоматов и твердость этих материалов приведены соответственно в табл. 4 и 5. При наплавке режущих кромок пуансоны и матрицы изготавливают из стали 45.

Для штампов (вставок) холодной плоскостной калибровки используют стали У10А и Х12М (51...58 HRC); для

объемной калибровки — Х12М и Х12Ф1 (56...60 HRC); для горячей калибровки — 4Х8В2, 3Х2В8Ф (52...58 HRC).

Для штампов ковочных вальцов (формовочных, штамповочных, отделочных) применяют стали 5ХНМ, 5ХНВ и 5ХГС твердостью 383...460 НВ с дополнительным упрочнением рабочих поверхностей дробью или электроискровым методом.

4. Стали для деталей обрезающих, просечных и правочных штампов

Детали штампов	Марка стали	Твердость НВ
Матрицы:		
горячей обрезки	8Х3	363...415
холодной обрезки	8ХФ; 9ХФ; Х12М	444...514
горячей прошивки	8Х3	321...368
холодной прошивки	8Х3	368...415
Пуансоны:		
горячей обрезки	7Х3; 8Х3	363...415
холодной обрезки	8ХФ; 9ХФ	444...514
горячей прошивки	4Х2В8	417...477
холодной прошивки	Х12М, Х12Ф1	56...60 HRC
Инструмент:		
для горячей правки	8Х3	363...415
для холодной правки	Х12М	56...60 HRC
Выталкиватели	Х12Ф1, 40Х	321...363

5. Стали для штампов горячештамповочных автоматов

Детали штампов	Марка стали	Твердость HRC
Пуансоны формовочные и прошивные, вставки для осадки, матрицы формовочные, выталкиватели матриц и пуансонов	3ХЗМЗФ	50...52 (толщина азотированного слоя 0,2...0,3 мм)
Пуансоны для прошивки, ножи для отрезки, сбрасыватели	3ХЗМЗФ	50...52*
Матрицы для прошивки	P18Ф	58...60
Неподвижные обоймы и бандажи матриц	4Х5МФС	40...46
Толкатели пуансонов, сбрасыватели	5ХВ2СФ	58...60
Кольцевые толкатели матриц, опорные втулки и плиты, обоймы прошивников, фиксаторы, переходники	5ХГНМ	56...60 (толщина цементуемого слоя 0,8...1,2 мм)
Пуансонодержатели, промежуточные втулки, стержневые толкатели и выбрасыватели	5ХГНМ	50...52
Захваты клещей, направляющие прижимы	19ХГН	56...58 (толщина цементуемого слоя 0,8...1,2 мм)

* Быстроизнашивающиеся кромки наплавляют сплавом типа сормайт или стеллит-6.

Вставки матриц, пуансоны и вставки пуансонов штампов горизонтально-гибочных машин делают из сталей 7ХЗ, 8ХЗ и 5ХГС твердостью 368...444 НВ.

Эксплуатация штампов. Нагрев штампов проводят с целью обеспечения оптимальных условий формоизменения поковок и повышения стойкости штампов.

Штампы паровоздушных штамповочных молотов и кривошипных горячештамповочных прессов нагревают до 200...400 °С, штампы гидравлических прессов до 300...400 °С, штампы горизонтально-ковочных машин и ковочных вальцов — до 150...200 °С. При этом, если штампы изготовлены из сталей 5ХНМ, 5ХНВ, 4ХВ2С, 7ХЗ и других относительно пластичных сталей, то их нагревают до 200...300 °С. Штампы из сталей 3Х2В8Ф, 4Х2В5ФМ, 4Х5В2ФС и других относительно менее пластичных сталей можно подогреть до 500 °С и более. Подогрев проводят с регламентированной скоростью. Вставки молотовых штампов и штампов КГШП нагревают в течение 1...1,5 ч; крупные молотовые штам-

пы и штампы гидравлических прессов (массой до 15 т) — 6...8 ч. Штампы, завезенные в цех с улицы в холодное время, выдерживают в цехе 4...5 ч на стеллажах и только после этого нагревают перед штамповкой.

Подогрев штампов проводят газовыми или электрическими (индукционными или электросопротивления) переносными или стационарными установками, а также в печах. Чаще всего используют переносные газовые горелки. Горелку устанавливают на штамп, закрепленный на штамповочной машине. Газ подводится к горелке по резиновому шлангу. Обогревательные трубы горелки располагают на расстоянии около 50 мм от поверхности разреза штампа, причем следят, чтобы пламя не попадало в чистовой ручей. Для выхода газов в обогревательных трубах сверлят отверстия диаметром 4 мм с шагом 18 мм. Оси отверстий должны быть перпендикулярны к обогреваемой поверхности.

Наилучшим подогревом является индукционный. Переносной индуктор устанавливают между частями нагреваемого штампа. Нагрев длится около 0,5 ч.

Подогревать штампы с помощью нагретых заготовок, уложенных между штампами, не рекомендуется ввиду получающегося неравномерного прогрева.

Неработающие штампы охлаждаются медленно. Например, штамповый кубик массой 180 кг охлаждается с 300 до 100 °С за 4,5 ч.

Если перерыв в работе штампов составляет более 1 ч, то рекомендуется их дополнительно подогревать. Контроль нагрева выполняют переносной термопарой.

Охлаждение штампов проводят для уменьшения разогрева поверхности гравюры штампов во время работы. Охлаждение бывает наружное и внутреннее. Наружное охлаждение обеспечивают подачей воды, водовоздушной смеси или струи сжатого воздуха на гравюру штампа. Интенсивное охлаждение осуществляют смазкой на водной основе. Внутреннее водяное охла-

ждение выполняют с помощью каналов и полостей штампов.

Более предпочтительным является внутреннее охлаждение, используемое в штампах, которые сильно нагреваются при штамповке (матрицы для выдавливания штампов КГШП). Стойкость таких штампов в 2 раза выше, чем для аналогичных штампов с наружным охлаждением.

Смазка штампов проводят для уменьшения трения и теплопередачи при деформировании и улучшения извлечения поковки из штампа после штамповки, что способствует повышению стойкости штампов. Кроме того, смазки используют для охлаждения штампа.

Смазки должны обладать низкими токсичностью и газообразованием, простотой приготовления и использования и невысокой стоимостью.

Для различных условий штамповки применяют различные смазки (табл. 6).

6. Смазки, используемые при горячей объемной штамповке

Смазка	Способ нанесения на штамп	Рекомендуемые области применения
Водный раствор водного графитового препарата АГ-1 (1 часть препарата на 10...15 частей воды) Водный коллоидно-графитовый препарат В-1 Водный раствор сульфитно-спиртовой барды КБЖ (10...25 %), графита (5...30 %), буры (2...3 %) и щелочи (0,5 %) Насыщенный водный раствор поваренной соли (с добавлением или селитры, или хлористого кальция, или хлористого бария)	Механическое распыление	При штамповке разнообразных поковок из углеродистых и низколегированных сталей
3...5 %-ная эмульсия КРПД* с добавлением поваренной соли (5...7 %) или серебристого графита (3...5 %)		При штамповке поковок сложной конфигурации из углеродистых и низколегированных сталей
Мазут (97 %) с графитом (3 %)	Вручную	При штамповке очень сложных поковок

* Состав эмульсии КРПД, %: веретенное масло 86, олеиновая кислота 10 и триэтаноламин 4.

Примечание. Содержание графита в препаратах: АГ-1 — 16...18 %, В-1 — 25 %. В препаратах содержатся также стабилизаторы, уменьшающие скорость оседания графита, ингибиторы коррозии и присадки, препятствующие загниванию при хранении.

Смазки, применяемые при штамповке высоколегированных сталей и сплавов и цветных сплавов, приведены в гл. 10.

Одновременно со смазкой из штампов выдувается окалина. Для удаления окалины используют обычно сжатый воздух, давлением не ниже 0,4 МПа, подаваемый из сопла обдувки окалины.

Изнашивание штампов происходит под воздействием разнородных процессов, протекающих на поверхности гравюры и внутри материала штампов.

Основными видами износа являются истирание, смятие и разгар. Они и определяют в основном стойкость штампов.

Истирание — отрыв частичек металла штампа. Наиболее сильное истирание происходит в полостях, заполняемых выдавливанием, особенно в местах входа в полости и в местах перепада сечений. Истиранию подвергается мостик облойной канавки, что часто является причиной выхода штампа из строя. Истирание ускоряется при появлении разгара. При достаточной твердости и шероховатости поверхности гравюры износ штампа незначителен.

Смятие — деформация отдельных участков штампа, где имеют место высокие давления и местный сильный разогрев металла штампа. При этом искажается форма гравюры, в полостях и на выступах образуются поднутрения. Деформация молотовых штампов может проходить в плоскости соударения при перегреве штампов. Поэтому необходимо тщательно регулировать тепловой режим штампа (ритм штамповки, смазывание и охлаждение штампов).

Разгар — образование сетки термических трещин на поверхности гравюры. Это наиболее частый вид износа. Для повышения разгаростойкости не-

обходимо тщательно регулировать режим работы штампа или применять более разгароустойчивые штамповые стали.

Кроме этих основных видов износа имеют место налипание и свариваемость деформируемого металла с металлом штампа и другие виды износа.

В нормальных условиях эксплуатации в штампах имеют место три стадии износа: приработка (быстрый износ ручья), установившийся (медленный) износ и прогрессирующий износ (штамп быстро выходит из строя).

Стойкость штампов измеряют числом изготовленных на них поковок. Различают стойкость штампов до возобновления и общую стойкость до полного износа, которая определяется возможным числом возобновлений. Как новые, так и возобновленные штампы подвергают термической или химико-термической обработке, поэтому их стойкость примерно одинакова.

Штампы в процессе работы подвергаются периодическому тепловому и силовому воздействию и их стойкость зависит от конструктивного оформления, используемых материалов, технологии изготовления, технологии штамповки, условий эксплуатации.

От стойкости штампов зависит их расход. Следовательно, затраты на изготовление и ремонт штампов в значительной степени отражаются на себестоимости поковок. Так, для поковок массой до 25 кг доля затрат на инструмент в себестоимости поковок составляет 6...25 %.

В мелкосерийном производстве критерием выбора материалов штампа является не его высокая стойкость, а обеспечение минимальных затрат на изготовление.

При крупносерийном и массовом производстве стремятся получить максимальную стойкость.

Статистические данные о причинах выхода молотовых штампов из строя:

	Выход из строя по износу, %
Износ истиранием	37
Усталостный износ, залипание поковок	30
Несоответствие материала, термообработки условиям работы штампа.	20
Хрупкое разрушение (изломы, выкрашивание)	10
Качество штамповой стали	3

Влияние марки штамповой стали на стойкость штампов при штамповке одной и той же поковки:

Материал штампа.	У7	5ХГМ	5ХНМ	4Х2В8	Х12М
Относительная стойкость, %	100	140	180	250	320

Основные типы поковок, штампуемых на молотах, можно разбить на три группы: I — поковки круглые в плане с отношением высоты к диаметру меньше единицы (поковки зубчатых колес, фланцев); II — поковки валов; III — поковки некруглого сечения с удлиненной осью (типа шатунов).

Стойкость молотовых штампов ориентировочно определяют по формуле

$$Z = \frac{A}{G^m},$$

где A и m — коэффициенты, значения которых равны: для поковок I группы

соответственно 9400 и 0,42; II группы — 8400 и 0,4; III группы — 4500 и 0,35; G — масса поковок, кг.

Расход штамповых заготовок (кг) на 1 т поковок:

$$N = \frac{1000Q}{(n + 1)GZ},$$

где Q — масса комплекта штамповых заготовок, кг; n — число возобновлений штампа до полного износа; G — масса поковки, кг; Z — стойкость штампа до возобновления, шт.

В табл. 7–10 приведены данные по стойкости инструмента при штампов-

7. Стойкость молотовых штампов при изготовлении поковок из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей

Характеристика группы поковок	Основные размеры поковки, мм					Стойкость, тыс. шт
	Диаметр	Высота	Длина	Ширина утолщения	Толщина полотна	
Круглые в плане (крышки, колеса, фланцы)	100	30	—	—	—	11
	100	60	—	—	—	10
	100	100	—	—	—	9
	200	100	—	—	—	6
	200	200	—	—	—	4
	400	100	—	—	—	3
	400	200	—	—	—	2,5
	400	300	—	—	—	2,3

Окончание табл. 7

Характеристика группы поковок	Основные размеры поковки, мм					Стойкость, тыс. шт
	Диаметр	Высота	Длина	Ширина утолщения	Толщина полотна	
С головками и двугранным сечением стержня (шатуны)	—	10	—	50	—	6,5
	—	50	—	50	—	4,5
	—	40	—	100	—	2,8
	—	100	—	100	—	1,5
С вытянутой осью и фасонной головкой (вилки)	—	10	40	40	—	11
	—	50	100	100	—	6
	—	80	220	160	—	3,5
С головками и стержнями различного профиля (рычаги, ключи)	50	20	—	—	10	9
	50	20	—	—	20	10
	100	20	—	—	20	8,5
	100	60	—	—	20	5,5
С вытянутой осью и выступами (рычаги)	—	—	40	—	10	16
	—	—	100	—	10	11
	—	—	100	—	40	9,5
	—	—	160	—	40	7
	—	—	180	—	60	6

8. Стойкость рабочих вставок КГШП при штамповке различных поковок

Поковка	Масса поковки, кг	Средняя стойкость вставок, тыс. шт
Ось передней подвески	0,91	28,3
Кронштейн крепления суппорта	1,04	13,0
Маятниковый рычаг	0,51	36,3
Рычаг поворотного кулака	0,9	13,5
Блок шестерен	4,1	13,5
Крестовина кардана	0,21	43,2
Вилка кронштейна	0,95	35
Вилка переключения передач	0,15	15,8
Шатун	1,01	28,7
Поворотный кулак	2,1	20,5
Вилка карданного вала	0,82	18,8
Ведомая шестерня	3,15	22,7

ке на молотах, КГШП, ГKM и горячештамповочных автоматах.

Стойкость штампов для горячей обрезки поковок составляет в среднем

32...80 тыс. шт, для холодной обрезки — 20...100 тыс. шт.

Основные способы повышения стойкости штампов:

9. Стойкость инструмента горизонтально-ковочных машин

Инструмент	Стойкость, тыс. шт	Инструмент	Стойкость, тыс. шт
Пуансоны:		Матрицы:	
наборные	10...12	формовочные сложные	3,5...5
формовочные простые	8...10	наборные	6...8
формовочные сложные	4...6	отрезные	3...5
прошивные и отрезные	3...4	зажимные	20...30
Знаки (работающие в тяжелых усл овиях)	2...3		

10. Стойкость штампов для горячештамповочных автоматов

Детали штампов	Стойкость, тыс. шт
Ножи для отрезки	25...100
Пуансоны первого перехода	14...40
Пальцы пуансонов	5...20
Пуансоны второго перехода	30...70
Матрицы второго перехода	25...50
Пуансоны третьего перехода	30...60
Матрицы третьего перехода	10...40
Пуансоны и матрицы четвертого перехода	25...50

— применение оптимальных для данных условий деформации тепло- и износостойких штамповых сталей;

— применение прогрессивных методов изготовления штампов и химико-термической обработки;

— применение оптимальной с точки зрения стойкости конструкции штампа, сменных вставок для наиболее изнашиваемых частей ручья;

— эксплуатация штампов на оптимальных режимах, обеспечивающих необходимую температуру штампа;

— установление тщательного учета стойкости штампов с обязательным выяснением причин поломок, малой и высокой стойкости штампов.

Ремонт и возобновление штампов. Текущий ремонт штампов выполняют либо на рабочих местах, либо в мастерской.

Мелкие дефекты устраняют без демонтажа штампов. Мелкие трещины за-

чеканивают пневматическим тупым зубилом или бородком. Наплывы, риски и наварившийся металл поковок устраняют зачисткой ручными шлифовальными пневматическими или электрическими машинками с гибким валом.

Изношенные или сломанные быстросменные детали штампов заменяют новыми. При этом штампы обычно демонтируют.

После текущего ремонта проверяют размеры ручьев по размерам очередной поковки. Если штамп открытый, то проверяют также соответствие поковки обрзному штампу.

Капитальный ремонт штампов необходим в том случае, когда штамп полно стью изношен или сломан и подлежит возобновлению. Со стороны зеркала молотового штампа снимают слой металла определенной толщины (иногда на всю глубину по-

лости ручья), за счет которого обеспечивается удаление с боковых поверхностей полости дефектного слоя металла и создается возможность разметки фигуры нового ручья. Затем фрезеруют ручей как в новом штампе. Существуют и другие способы восстановления штампов, например, с помощью электрошлаковой сварки или деформирования формовиком, имеющим форму ручья.

При ремонте вставок прессовых штампов дефектный слой металла снимают обработкой резанием. Крепление вставок позволяет компенсировать подкладками снятый слой металла.

Для ремонта вставок матриц ГKM применяют наплавку, а затем обработку резанием.

Вставки молотовых штампов ремонтируют аналогично вставкам штампов, используемых на прессах и ГKM.

Организация штампового хозяйства. Основная задача организации штампового хозяйства в кузнечно-прессовом производстве — свести до минимума простои прессов по причине переналадки и ремонта штампов. Это достигается подготовкой штампов, контролем за эксплуатацией, системой планово-предупредительного ремонта штампов.

Штампы хранят на складе в цехе; небольшие по размерам и массе сменные вставки — на стеллажах.

Число комплектов штампов (вставок) определяют серийностью производства и стойкостью инструмента. При мелкосерийном производстве целесообразно иметь 1–2 комплекта штампов. В условиях крупносерийного и массового производства необходимо иметь не менее 2–3 комплектов по каждому типоразмеру поковок для обеспечения быстрой замены выбывших из строя штампов и организации их планового ремонта. Детали штам-

пов с низкой стойкостью выполняют быстросменными, и на складе штампов должен быть создан их постоянно возобновляемый запас, размеры которого определяют по статистическим данным о стойкости и программе выпуска поковок.

Штампы заменяют обычно в третью смену, когда штамповка поковок не ведется. Инженерно-техническим работникам цеха (мастеру участка, технологу, мастеру ОТК) необходимо ежедневно в конце смены (рабочего дня) проводить осмотр рабочих частей штампов, контролировать качество последних отштампованных поковок и давать заключение о целесообразности дальнейшей эксплуатации штампов и необходимости их ремонта. В условиях крупносерийного и массового производства рекомендуется в конце рабочего дня снять все вставки, отработавшие плановый ресурс между ремонтами, установить их на стеллажах в раскрытом состоянии вместе с последними полученными на них поковками, и инженерно-техническим работникам цеха и представителю конструкторского бюро штампов определить состояние инструмента, целесообразность его дальнейшей эксплуатации.

Данные по расходу штампов, их стойкости, дефектам в штампах, выявленных при эксплуатации с указанием причин их возникновения, фиксируются в журнале после каждой смены. Это позволяет определить недостатки конструкции, качество изготовления и правильность эксплуатации штампов, а также определить меры по повышению уровня ведения штампового хозяйства.

Штамповые заготовки снабжают паспортом, в котором указывают марку стали, норму стойкости и фактическую стойкость, режим термообработки и твердость, состояние

штампа после работы, даты приема в ремонт и другие сведения о штампе и его работе.

При выдаче штампа на производственный участок заполняют сопроводительный талон, в котором указывают тип штампа, номер поковки, название штамповочного оборудования, да-

ты выдачи и возврата, число снятых поковок и заключение о состоянии штампа, необходимом ремонте и возобновлении штампа. Сопроводительный талон сдают в мастерскую вместе с изношенным штампом. По данным сопроводительного талона и заполняют паспорт штампа.

Глава 13

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ШТАМПОВАННЫХ ПОКОВОК

В кузнечных цехах применяют три вида технического контроля — контроль исходного металла, межоперационный контроль и окончательный контроль поковок. Контроль качества поковок является необходимой технологической операцией, выполняемой с целью исключения брака продукции.

1. ВИДЫ БРАКА ПОКОВОК

Брак, возникающий от исходного материала. Для исключения брака поковок в процессе их изготовления и последующей обработки исходный материал подвергают химическому анализу, механическим испытаниям и визуальному контролю качества поверхности.

Риски — мелкие, просматриваемые до дна царапины на поверхности поковок глубиной 0,2...0,5 мм, возникают при прокатке металла валками, имеющими задиры и заусенцы (рис. 1, а).

Волосовины — тонкие (волосные), не просматриваемые до дна трещины на поверхности поковок глубиной 0,5...1,5 мм, возникают вследствие раскаты в длину подкорковых газовых пузырей слитка при прокатке металла (рис. 1, б).

Закаты — заусенцы, закатанные в виде диаметрально противоположных складок глубиной более 0,5 мм, возникают от неправильной калибровки или вследствие изнашивания ручьев прокатных валков (рис. 1, в).

Плены — застывшие на стенках изложницы брызги жидкой стали, раскатываемые при прокатке в отслаивающиеся с поверхности пленки толщиной до 1,5 мм; после штамповки остаются на поверхности поковок (рис. 1, г).

Расслоения — вытянутая на значительную длину при прокатке слитка усадочная раковина или рыхлость, края которой при штамповке выжимаются в облой (заусенец) и после его обрезки обнаруживается дефект (рис. 1, д).

Инородные включения — попавшие в жидкую сталь шлаки, песок и другие посторонние включения; понижают прочность деталей и могут приводить

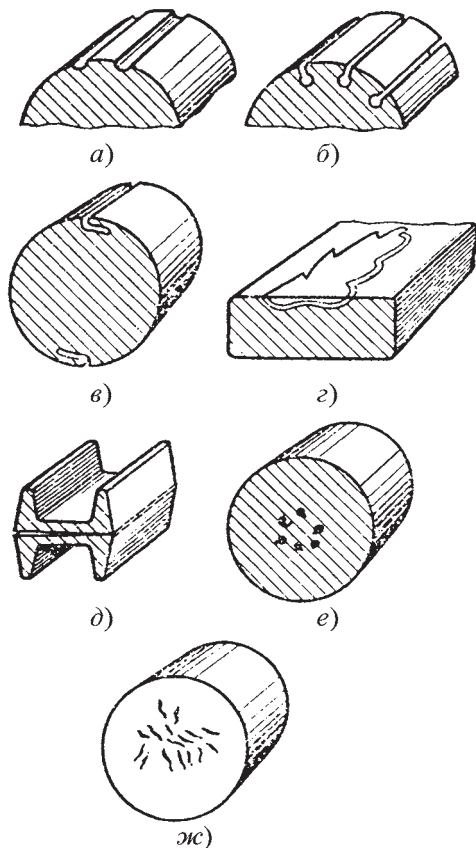


Рис. 1. Виды брака, возникающего от исходного материала

к полочкам инструмента при обработке резанием (рис. 1, е).

Флокены — скопления мельчайших извилистых трещин, образующихся вследствие объемных изменений в процессе охлаждения слитков и заготовок, при которых нерастворившийся водород создает в микрообъемах давление, превышающее прочность стали (рис. 1, ж).

Несоответствующие размеры профиля — приводят к недоштамповке, неполной фигуре или зажимам при штамповке.

Несоответствующая марка стали — невыдерживание химического состава при выплавке стали или перепутывание сталей разных марок при прокатке, хранении на складе или в цехе. Общие правила приемки и хранения всех видов заготовок установлены ГОСТ 7566–94 (в ред. 2001 г.).

Брак, возникающий при резке заготовок. Резка заготовок существенно влияет на расход металла и эффективность всего технологического процесса штамповки.

Несоответствие заготовки по длине — следствие неправильной установки или недостаточно жесткого крепления упоров, а также неполной подачи или отскока штанги от упора при резке.

Косой срез — получается при увеличенном зазоре между ножами, несоответствии вырезов в ножах разрезаемому профилю или неправильном угле между разрезаемой штангой и передней плоскостью ножей (рис. 2, а).

Заусенцы и искривление конца заготовки — следствие чрезмерного зазора между ножами (рис. 2, б).

Грубый срез или скол с вырывом металла — при малом зазоре между ножами (рис. 2, в).

Торцовые трещины — образуются сразу или через 2...6 ч после резки вследствие больших остаточных напряжений при смятии ножом, главным

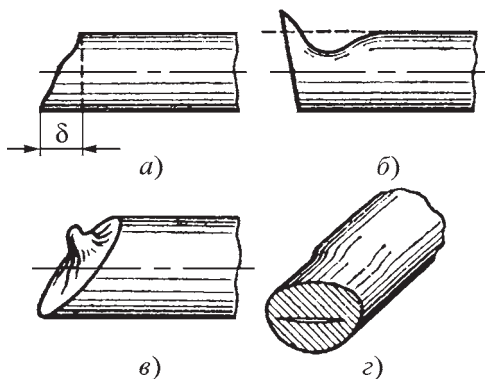


Рис. 2. Виды брака при резке заготовок

образом у крупных круглых профилей (рис. 2, г). Вероятность появления торцовых трещин возрастает при пониженных температурах (в зимнее время). Во избежание трещин легированную и высокоуглеродистую сталь перед резкой на ножницах подогревают до 300...500 °С.

Брак, возникающий при нагреве заготовок. **Недогрев** — недостаточная температура в объеме заготовки вследствие чрезмерной скорости нагрева, недостаточной выдержки или температуры в печи, приводит к пониженной пластичности металла, образованию трещин при штамповке.

Перегрев — нагрев заготовок или окончание их штамповки при температурах, значительно превышающих оптимальную; следствием является чрезмерный рост зерен в стали и понижение ее механических характеристик. Так как процесс штамповки начинается при температуре 1250...1100 °С и осуществляется за короткое время, большинство штампованных поковок имеют крупнозернистую структуру, которую затем улучшают нормализацией.

Пережог — окисление или оплавление границ зерен стали с полной потерей пластических свойств, возникает в результате длительного окислительного нагрева при высоких температурах

(1300...1350 °С). Поковки с пережогом исправлению не подлежат.

Окалина — слой окисленного металла на поверхности заготовок, достигающий 2...3 % массы нагреваемых заготовок. Неудаленная с заготовок окалина оставляет вмятины на поковках и ускоряет изнашивание штампов. Интенсивное окислообразование начинается при температурах 700...750 °С. Легированные стали менее склонны к окислению, так как у них образуется тонкий и прочный слой окалины, препятствующий ее дальнейшему образованию при нагреве. У низколегированных сталей окалина рыхлая, легко разрушается и образуется вновь. Окалина является отходом производства. Скорость образования окалины зависит от состава и температуры печных газов и металла, а также от времени нагрева и пребывания нагретых заготовок на открытом воздухе при их передаче на позиции штамповки.

Термические трещины — образуются из-за чрезмерно быстрого нагрева высоколегированных сталей или крупных заготовок, когда термические напряжения превосходят предел прочности стали.

Обезуглероженная поверхность — дефект, вызванный выгоранием углерода, в поверхностных слоях поковки, толщина которых превышает фактический припуск на обработку поверхностей. Выгорание углерода практически не происходит при скоростном и безокислительном нагреве.

Брак, возникающий при штамповке.

Вмятины — следы заштампованной и затем удаленной с поковки окалины глубиной до 3 мм. Штамповщик должен тщательнее счищать окалину с нагретых заготовок посредством их гидроочистки, предварительной операции осадки, обдувки заготовок сжатым воздухом или паром. Небольшие вмятины от окалины можно испра-

вить перештамповкой в неизношенном штампе.

Забойны — механические повреждения поковки при извлечении их из штампа в случае застревания, при переброске горячих поволоков или попадании посторонних предметов в обрезные штампы.

Лом-бой — неисправимое повреждение поковки, получившей удар при смещении ее с нижней фигуры штампа во время штамповки или обрезки облоя.

Незаполнение фигуры — отклонение от заданных геометрических размеров поковки вследствие незаполнения чистового ручья штампа у выступов, углов, закруглений и ребер. Причиной может быть недостаточные нагрев заготовки или число ударов при штамповке, изношенный или неправильно сконструированный штамп, а также недостаточная масса, длина или несоответствующий профиль заготовки.

Недоштамповка — увеличение всех размеров поковки сверх допуска в направлении, перпендикулярном к основной плоскости разьема (рис. 3). Происходит вследствие недостаточных нагрева заготовки, числа ударов в окончательном ручье или массы падающих частей молота, в штампе с недостаточной выемкой под облой, а также при чрезмерной массе или увеличенном профиле заготовки. Недоштампованные поковки в соответствующих случаях можно обрабатывать в механических цехах отдельными партиями с предварительной обдиркой.

Перекас — смещение сверх установленного допуска одной половины

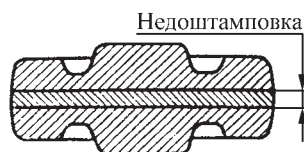


Рис. 3. Недоштамповка поковки

поковки относительно другой по плоскости разреза. Причиной перекоса могут быть неисправности оборудования (увеличенный зазор в направляющих, выработка плоскостей штамподержателя и т. п.) или штампов (сбитые замки, выработка крепежных плоскостей, неуравновешенный разъем штампов и т. п.), а также плохая установка и закрепление штампов. В отдельных случаях перекося можно исправить перештамповкой на исправном оборудовании, в штампах с замками, а незначительный перекося исправляют заточкой базовых поверхностей поковок.

Зажим — заштампованная складка в результате неправильного течения металла в чистом ручье или закатывании облоя, полученного при неправильном выполнении первых переходов штампковки. Зажимы происходят при эксцентричной укладке заготовок в ручей штампа (рис. 4, а), при чрезмерно резких ударах в протяжном (рис. 4, б) или подкатном (рис. 4, в) ручье, при несогласованных размерах чернового и чистового ручья (рис. 4, г), при неисправных штампах и оборудовании. Незначительные зажимы удаляют заточкой наждачным кругом или вырубают зубилом.

Заусенец — несрезанный остаток облоя при плохой установке и подгонке

штампов, либо при смещении поковки в обрезной матрице. Может быть удален заточкой наждачным кругом.

Кривизна — отклонение осей и плоскостей поковки от их правильного геометрического положения. Наиболее часто возникает при обрезке облоя (заусенца) у поковок со сложным контуром обрезки, с тонкими сечениями при большой длине, когда используют неисправные обрезные пуансоны или штампы неправильной конструкции, а также при извлечении поковок из штампов и их термической обработке. Кривизну устраняют холодной правкой в штампе или вручную с подгонкой по шаблону или контрольному приспособлению. Для предотвращения кривизны поковок коленчатых валов, полуосей и других поковок при остывании и термической обработке их подвешивают в вертикальном положении.

Ослабление размера — недостаток припуска на обработку резанием или уменьшение (ослабление) рабочего сечения детали в необрабатываемых местах вследствие штампковки поковок с толстым слоем окалины или в изношенных штампах, а также при штампровке на молоте с завышенной массой падающих частей или при неправильной наладке обрезных штампов (однобокий срез). Исправлению не поддается.

Отклонение по длине — следствие разной температурной усадки по объему поковок при штампровке или нестабильности длины заготовок, неправильной конструкции и установки упоров в штампах при высадке и гибке.

Характерные виды брака при штампровке на кривошипных горяче-штамповочных прессах. Незаполнение фигуры:

— в нижних полостях чистового ручья — при накоплении в них продуктов сгорания смазочного материала;

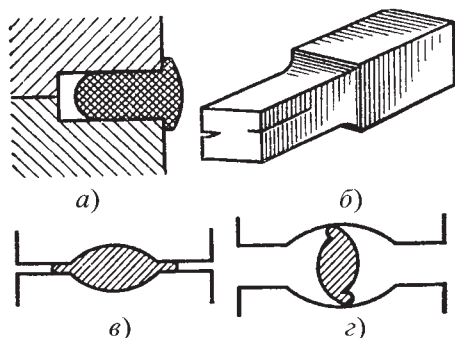


Рис. 4. Схемы образования зажима

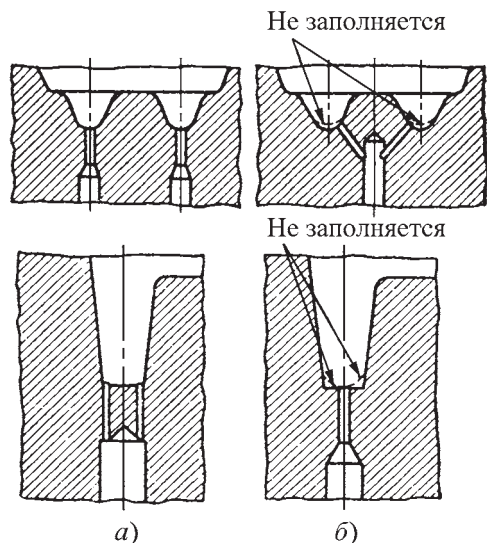


Рис. 5. Расположение газоотводящих каналов:
а — правильное; б — неправильное

— на высоких выступах и ребрах — при отсутствии или неправильном расположении газоотводящих каналов во вставках штампа (рис. 5);

— в уголках на тонких сечениях поковки, примыкающих к мостику для облой — при недостаточном сопротивлении вытеканию металла в облой (рис. 6).

Коробление поковок — происходит в результате застревания поковок (особенно с большой поверхностью и тонкими сечениями) при выталкивании их из ручья с наименьшими уклонами ($0,5...2,0^\circ$).

След от толкателя — глубокая вмятина или высокий выступ при удлиненном или укороченном толкателе соответственно.

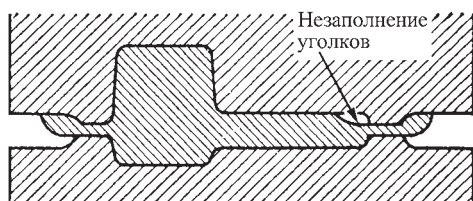


Рис. 6. Незаполнение угловых участков

Увеличенный размер на участке перехода от большего сечения к меньшему вследствие ускоренного изнашивания штампа в этом месте из-за интенсивного течения металла.

Остатки облой — следствие затрудненных условий его обрезки, так как при штамповке на прессах толщина облой под обрезку в 1,5 раза больше, чем на молотах, а кромка мостика изнашивается быстрее в результате более интенсивного течения металла в облой.

Зажимы — результат неправильной конструкции ручьев — возникает «прострел» от истечения металла из перемычки или пленки в тело поковки (рис. 7, а) или при попарной штамповке поковок (рис. 7, б). В местах возможных зажимов в штампах необходимо предусматривать специальные выемки или «карманы» для затекания избытка металла.

Брак при штамповке выдавливанием.
Пресс-утяжина — при изменении направления течения слоев металла под

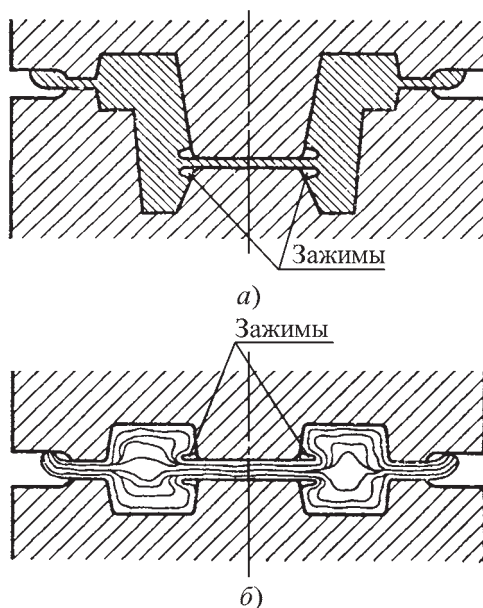


Рис. 7. Зажимы типа «прострел»

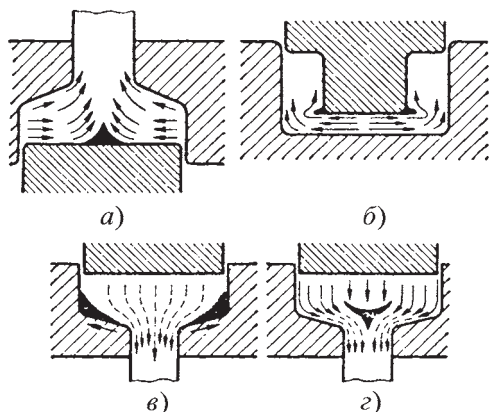


Рис. 8. Виды брака при штамповке выдавливанием

пуансоном с горизонтального на вертикальное (рис. 8, а). Предотвращается снижением скорости деформирования.

Прострел — вид зажима при интенсивном течении металла в тело поковки под пуансоном при недостаточном радиусе скругления его кромки (рис. 8, б).

Скол наружный — результат различных скоростей и перемещений металла на границах мертвых зон при больших заходных углах матриц (рис. 8, в). Предотвращают снижением скорости деформирования. При большом трении о стенки матрицы на поверхности поковки появляются надрывы типа «ерша», которые следует предотвращать полированием стенок матрицы, правильным подбором смазочного материала и скорости деформирования.

Скол внутренний — возникает при выдавливании очень пластичного металла, когда коэффициент трения мал, а угол матрицы велик, что приводит к значительному превышению скорости периферийных слоев над скоростью срединных слоев металла (рис. 8, г).

Брак вследствие неправильного конструирования штампов характеризуется

систематической повторяемостью одного и того же вида брака с высоким процентом отбраковки.

Недостаточный припуск на обработку — проявляется в виде «черноты» после обработки резанием или в виде местной пониженной твердости после закалки токами высокой частоты вследствие неполного удаления обезуглероженного слоя. При назначении припуска необходимо учитывать не только номинальную глубину обезуглероживания в прокате, но и потери на угар при нагревах в кузнечном цехе, а также погрешности от кривизны и перекосов.

Негодная макроструктура — неправильное направление волокна в основных рабочих сечениях поковки, что снижает прочность и приводит к ускоренному разрушению готовых деталей в работе. При конструировании штампов и выборе исходных заготовок необходимо предотвращать расположение волокон поперек направления максимальных напряжений, возникающих в детали при ее эксплуатации, а также пересечение напряженных сечений детали волокнами центральной загрязненной зоны исходного проката.

Систематический перекос штампов — происходит при неправильной линии разреза (не уравновешены боковые сдвигающие силы) и отсутствии в штампе замкового устройства.

Систематическое незаполнение фигуры штампа — следствие неправильного сочетания размеров предварительного и окончательного ручьев штампа и некачественной отделки чистового ручья.

Систематическое образование зажимов — при несоответствии радиуса в гибочном ручье контуру черного и чистового ручьев. Радиус гибочного ручья должен быть значи-

тельно больше радиуса чернового и чистового ручьев, чтобы выводить зажим в облой.

Невыдерживание размеров от заданной базы — следствие несогласования баз кузнечной и механической обработки. Приводит к окончательному браку при обработке резанием, даже если габаритные размеры поковки формально выдержаны. В чертеже поковки основные контрольные размеры должны быть «привязаны» к черным базовым поверхностям, по которым деталь базируется при обработке резанием. Эти размеры необходимо проверять соответствующими шаблонами и контрольными приспособлениями.

Брак при термической обработке. *Недостаточная или повышенная твердость* — результат неправильного выполнения операций и несоблюдения режима термической обработки, а также несоответствия химического состава стали. Исправляют повторной термической обработкой.

Пестрота твердости — неравномерная твердость в разных точках поковки вследствие нарушения режима термической обработки, местного обезуглероживания или близкого расположения ликвационной зоны к поверхности детали.

Закалочные трещины — возникают при чрезмерной скорости охлаждения при закалке, несоответствии химического состава стали, резкой ликвации и загрязнении металла, а также большим различии в содержании углерода в местах среза облоя и в соседних слоях металла.

Брак при очистке поковок от окалины. *Остатки окалины* — следствие недостаточной очистки или применения несоответствующих способов очистки.

Забоины и вмятины при очистке — результат совместной очистки в бара-

банах или дробеструйных установках крупных и мелких поковок.

Брак, выявляемый обработкой резанием. *Чернота* на обработанных поверхностях возникает при недостаточном припуске на обработку или кривизне поковки.

Вмятины — углубления от заштамповки окалины, глубина которых превышает фактический припуск на обработку.

Тонкая стенка образуется при сверлении отверстий или обработке плоскостей поковок, имеющих перекося по плоскости разреза, кривизну или отклонения по длине.

2. КОНТРОЛЬ ШТАМПОВАННЫХ ПОКОВОК

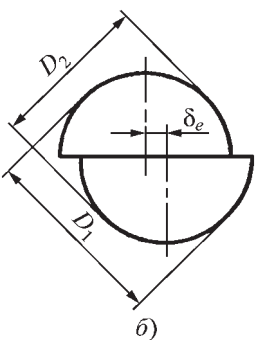
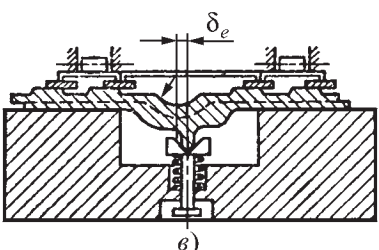
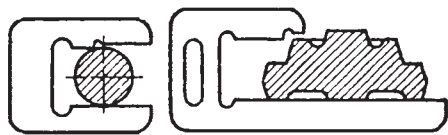
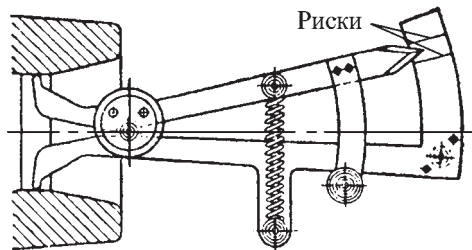
Контроль поковок является неотъемлемой частью технологического процесса штамповки и включает в себя проверку размеров и формы элементов и их механической прочности.

При измерениях размеров поковок необходимо соблюдать правило единства базы. Базой для измерения поковки являются те черные точки ее поверхности, которыми поковка фиксируется в приспособлениях для обработки резанием. Для проверки размеров поковок применяют универсальные (штангенциркули, кронциркули, индикаторы и т. п.) и специальные (скобы, шаблоны и т. п.) измерительные инструменты, а также контрольные приспособления. Последние являются лучшими средствами для быстрых измерений поковок, так как позволяют производить до 1500 измерений за час с точностью 0,1...0,2 мм. В табл. 1 приведены методы контроля геометрических параметров штампованных поковок и случаи их применения.

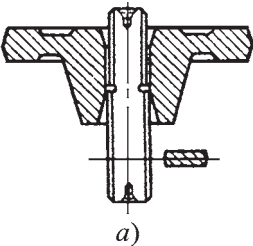
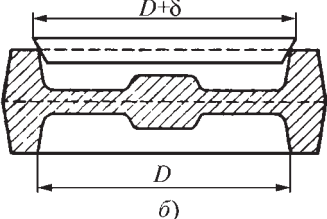
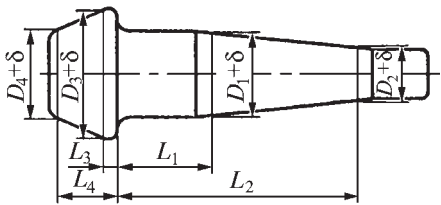
1. Методы контроля геометрических параметров штампованных поковок

Объект контроля	Методы контроля	Случаи применения
Новая конструкция штампа	<ol style="list-style-type: none"> Осмотр формы и измерение массы облоя на первых поковках. Проверка равномерности распределения металла в заготовительных ручьях и отсутствия разрывов облоя после обрезки Травление первых поковок для выявления зажимов Проверка макроструктуры по основным сечениям. Выявление расположения и направления волокон Подробная и всесторонняя разметка первых поковок универсально-измерительным инструментом с фиксацией действительных размеров в паспорте 	<ol style="list-style-type: none"> При освоении производства поковок для новых деталей То же, при конструктивном изменении штампов для изготовления деталей существующего производства
Геометрические размеры окончательного ручья штампа	<ol style="list-style-type: none"> Разметка универсальным инструментом контрольной отливки из свинца или смеси солей NaNO_3 и KNO_3, полученной в окончательном ручье штампа Разметка первой поковки универсальным инструментом Разметка последней поковки универсальным инструментом при снятии штампа 	<ol style="list-style-type: none"> При поступлении нового или возобновленного штампа в штамповую кладовую При установке штампа на оборудование При отправке штампа в кладовую после работы
Правильность установки штампового комплекта	<ol style="list-style-type: none"> Осмотр поковки до обрезки облоя. Выявление перекоса Осмотр поковки после обрезки облоя. Выявление одностороннего среза тела поковки, увеличенных остатков заусенца, вывертывания и прогибов в поковках с тонким сечением Травление первых 3...10 поковок в растворе 15... 20 %-ной серной кислоты для выявления зажимов 	<ol style="list-style-type: none"> При первой установке, после переналадки штампа и периодически — каждые 0,5 ч в процессе штамповки При первой установке и после каждой переналадки обрезающего штампа, а в процессе штамповки — не реже 2 раз в смену После установки штампов перед началом массовой штамповки
Перекос (смещение) поковки по линии разреза штампов	<ol style="list-style-type: none"> Осмотр поковки до обрезки заусенца Разметка верхней половины фигуры при установке по нижней половине Проверка боковым шаблоном (схема <i>a</i>) <div data-bbox="330 1407 629 1636" data-label="Image"> <p style="text-align: center;"><i>a</i>)</p> </div>	<ol style="list-style-type: none"> При наличии в поковке высоких наружных поверхностей, поднимающихся над линией разреза под углом 7...10° к вертикали, и нахождения линии разреза посередине толщины поковки Во всех случаях, когда невозможно выявить перекос осмотром При наличии вертикальных поверхностей, прилегающих к линии разреза с уклоном 7...30° к вертикали

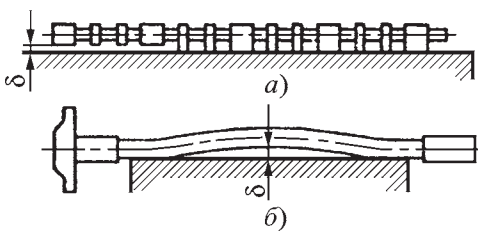
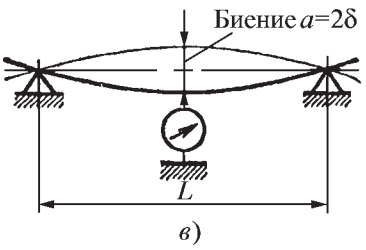
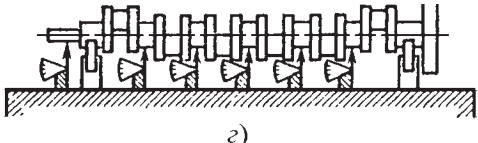
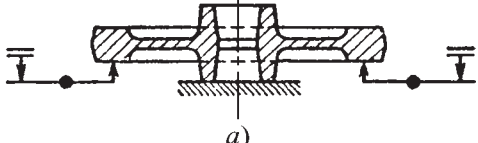
Продолжение табл. 1

Объект контроля	Методы контроля	Случаи применения
Перекас (смещение) поковки по линии разреза штампов	<p>4. Измерение штангенциркулем разности диаметров по разъему (схема б)</p> $\delta_e = \frac{D_1 - D_2}{2}$ 	4. При поперечном перекасе цилиндрических поковок (валики, стержни)
	<p>5. Измерение на контрольных приспособлениях (схема в)</p> 	5. В случаях необходимости частых или массовых проверок
Высота или диаметр поковки	<p>1. Измерение штангенциркулем 2. Измерение предельной скобой (см. схему)</p> 	<p>1. При выборочной проверке 2. При сплошной проверке (100 %) поковок</p>
Толщина стенки	<p>1. Измерение кронциркулем с секторной шкалой 2. Измерение индикаторным кронциркулем</p>  <p>3. Измерение предельным кронциркулем (см. схему)</p>	<p>1. При выборочной проверке и необходимой точности измерения $\pm 0,5$ мм 2. При выборочной проверке и необходимой точности измерения $\pm 0,1$ мм 3. При сплошной проверке (100 %) поковок и необходимой точности измерения $\pm 0,5$ мм</p>

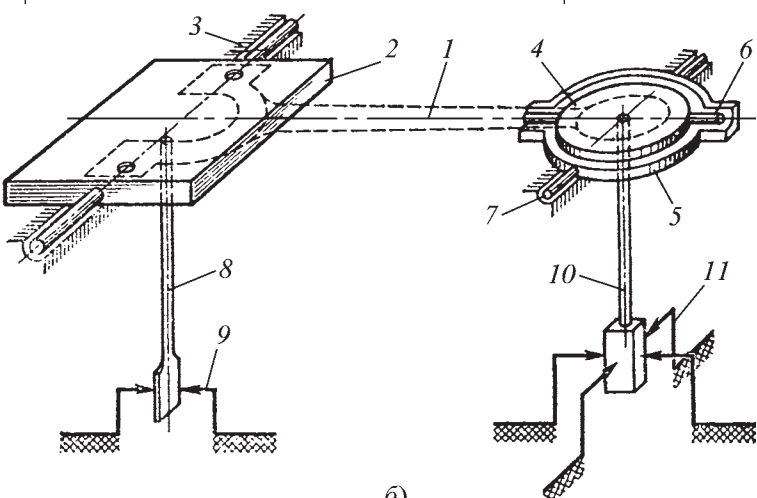
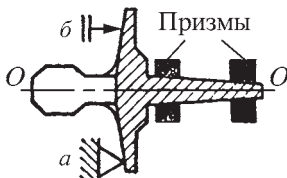
Продолжение табл. 1

Объект контроля	Методы контроля	Случаи применения
Проверка цилиндрических поверхностей и радиусов закруглений	<p>1. Измерение набором радиусных шаблонов для универсального измерения $R = 1...15$ мм через 0,5 мм</p> <p>2. Измерение предельным шаблоном наружных радиусов</p> <p>3. Измерение предельным шаблоном внутренних радиусов</p>	<p>1. При проверке малых закруглений</p> <p>2. При контроле радиусов цилиндрических базовых поверхностей</p> <p>3. То же</p>
Диаметры отверстий	<p>1. Измерение штангенциркулем</p> <p>2. Измерение предельной пластиной (схема а)</p>  <p>а)</p> <p>3. Измерение шаблоном (схема б). Диаметр D поковки склонен при подсадке штампа увеличиваться. Шаблон диаметром $D + \delta$ при измерении не должен проваливаться ниже торца обода</p>  <p>б)</p>	<p>1. При отсутствии в отверстии уклонов и наличии свободного подхода губок штангенциркуля к измеряемому отверстию</p> <p>2. При отсутствии в отверстии уклонов и наличии свободного подхода губок штангенциркуля к измеряемому отверстию</p> <p>3. При массовой проверке поковок и частых выборочных проверках, связанных с быстрым изнашиванием и подсадкой штампа</p>
Диаметры конических отверстий	Проверка конусной пластиной	При контроле наладки и изнашивания штампов
Диаметры на конических поверхностях	<p>Разметка по приведенной схеме с определением фактических размеров D_1, D_2, D_3 и D_4 на расчетной номинальной длине L_1, L_2, L_3 и L_4 (δ — допуск)</p> 	То же, при выборочной разметке

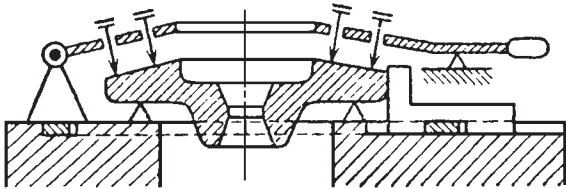
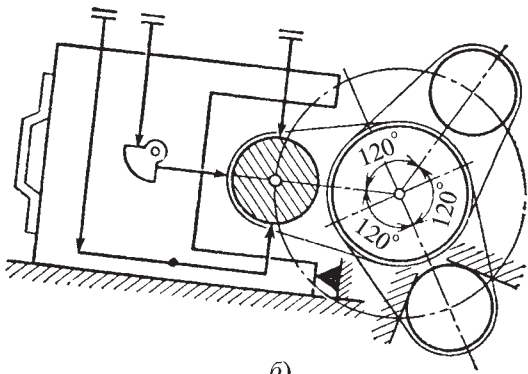
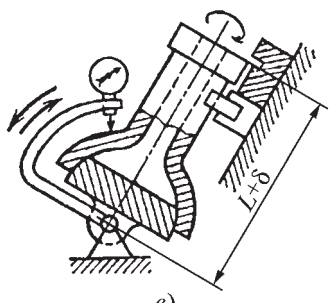
Продолжение табл. 1

Объект контроля	Методы контроля	Случаи применения
Длина поковки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проверка прутковым шаблоном с предельной выточкой 2. Проверка профильным шаблоном 3. Проверка профильным двусторонним шаблоном (см. схему) 4. Проверка контрольным приспособлением 	<ol style="list-style-type: none"> 1. При проверке одного размера поковки 2. При проверке в поковке одновременно нескольких размеров от одной базы 3. При проверке в крупных поковках последовательно нескольких размеров от одной базы 4. При проверке расстояний между центрами бобышек, расположенных на концах поковки
Изгиб (кривизна) поковки δ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проверка катанием на плите (схемы <i>a</i> и <i>б</i>)  2. Проверка биения a цилиндрической поверхности на длине L при вращении детали (схема <i>в</i>)  3. Проверка биения одновременно в нескольких сечениях по длине (схема <i>г</i>)  	<ol style="list-style-type: none"> 1. При проверке длинных цилиндрических поковок, имеющих по всей длине одинаковый диаметр или достаточный ряд равных диаметров (схема <i>a</i>); при проверке на ограниченной длине, имеющей одинаковое сечение поковки (схема <i>б</i>) 2. Для выявления кривизны поковок с гладкими поверхностями при вращении на призмах или роликах на расстоянии между опорами 3. Для массовой проверки коленчатых валов и других поковок большой длины с переменными сечениями
Параллельность плоскостей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поковку устанавливают на базовый торец, относительно которого глубиномерами проверяют параллельность другой плоскости (схема <i>a</i>)  	<ol style="list-style-type: none"> 1. При массовой проверке поковок, получающих коробление при обрезке облоя и прошивке отверстий

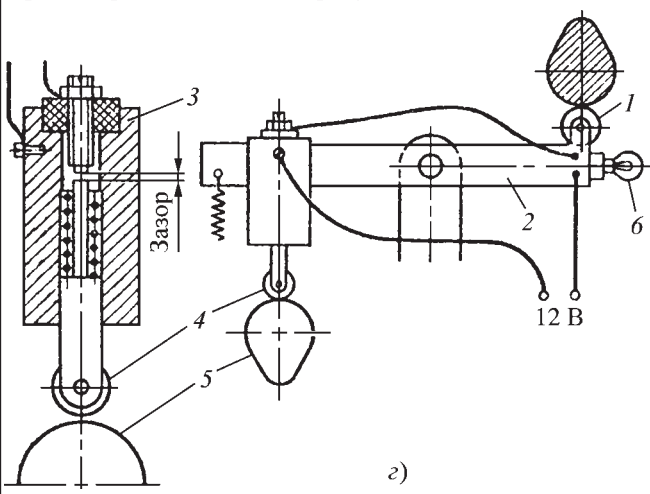
Продолжение табл. 1

Объект контроля	Методы контроля	Случаи применения
Параллельность плоскостей	<p>2. Поковку 1 (схема б) устанавливают одной плоскостью на опору 2, подвешенную на шарикоподшипниках 3 и качающуюся в продольном направлении. Другую плоскость поковки устанавливают на опоре 4, подвешенной на карданном сочленении 5–7 и качающейся во всех направлениях. Опоры 2 и 4 при нажиме (рукой) на поковку принимают тот же наклон, что и плоскости поковки. При чрезмерных отклонениях контакты 8–9 и 10–11 замыкаются, загорая соответствующие сигнальные знаки на экране приспособления</p>  <p style="text-align: center;">б)</p>	2. При массовой проверке поковок после чеканки и при ручной правке с отклонением от параллельности $\approx 0,5$ мм на длине 100 мм
Перпендикулярность плоскостей	<p>1. Поковку устанавливают в призмах по оси $O-O$, она упирается в упор a, при этом глубиномер b фиксирует отклонение от перпендикулярности (см. схему)</p>  <p>2. Проверка на электроконтактном приспособлении</p>	<p>1. При проверке перпендикулярности в одном сечении, например фланцев, получающих при обрезке облоя коробление в заранее известном направлении</p> <p>2. При массовой проверке поковок с отклонением от перпендикулярности в любом направлении 0,4...4 мм на длине 100 мм</p>
Угловые размеры	<p>1. Разметка по угломеру</p> <p>2. В контрольных приспособлениях</p>	<p>1. При выборочной проверке поковок</p> <p>2. При сплошной (100 %) и массовой проверке поковок</p>

Продолжение табл. 1

Объект контроля	Методы контроля	Случаи применения
Фактический припуск на обработку резанием	<p>1. Измерение припуска на плоской поверхности аналогично проверке параллельности плоскостей при обязательной установке поковок на единые с обрабатываемым цехом базы. Установку глубиномеров производят по эталону с максимальным припуском</p>  <p style="text-align: center;">а)</p>	<p>1. При массовой проверке поковок, обрабатываемых на токарных автоматах с многорезцовыми накладками</p>
	<p>2. Измерение припуска на конической поверхности (схема а). Глубиномеры монтируют в откидной крышке и настраивают по эталону, изготовленному с максимально допустимым припуском</p>	<p>2. То же</p>
	<p>3. Измерение припуска на цилиндрической поверхности поковки, закрепленной в положении, аналогичном установке для механической обработки (схема б). Предварительную установку глубиномеров производят по шлифованному валу-эталону с максимальным значением припуска</p>  <p style="text-align: center;">б)</p>	<p>3. При периодических проверках в процессе штамповки поковок сложной конфигурации. Позволяет в течение 3...5 мин давать безошибочные заключения о состоянии штампа и определять фактический припуск в местах, недоступных для измерения обычными измерительными инструментами</p>
	<p>4. Измерение припуска на сферической поверхности (схема в). Установку и настройку индикатора производят по эталону с минимальным припуском</p>  <p style="text-align: center;">в)</p>	<p>4. При периодических проверках в процессе штамповки и наладки. Позволяет измерять припуск на сферической поверхности и по длине $L + \delta$ от центра сферической поверхности</p>

Окончание табл. 1

Объект контроля	Методы контроля	Случаи применения
Фактический припуск на обработку резанием	<p>5. Измерение припуска на криволинейной поверхности (схема <i>г</i>: 1 — ролик, обкатывающий поверхность поковки; 2 — равноплечий рычаг; 3 — электроконтактный датчик-глубиномер; 4 — ролик, обкатывающий эталон; 5 — эталон, вращающийся синхронно с поковкой; 6 — сигнальная лампочка, загорается при недостаточном припуске</p>  <p style="text-align: center;"><i>г)</i></p>	<p>5. При периодических проверках поковок, имеющих кулачки сложного профиля, недоступные для измерения универсальным инструментом. Позволяет в течение 2...3 мин давать безошибочное заключение о состоянии штампа и профиля каждого кулачка распределительных валиков</p>

Контроль механической прочности поковок включает химический и металлографический анализы, механические, магнитные и другие специальные испытания поковок, а также выявление внешних и внутренних дефектов.

Контроль химического состава стали производят при приемке поставляемого на завод металла, сдаче ответственных поковок, исследовании причин брака, а также при рассортировке смешанного металла, заготовок или поковок из сталей разных марок.

Химический анализ (в лаборатории) позволяет с наибольшей точностью определять процентное содержание любого элемента в стали. Для этого отбирают стружку от испытуемого прутка, полуфабриката или готовой поковки, что связано с большими затратами времени, а нередко и порчей готового

изделия. Поэтому химический анализ проводят лишь выборочно. При необходимости сплошного контроля применяют следующие неразрушающие методы.

Искровой и спектральный анализы металлов позволяют с достаточной производительностью и точностью, без порчи материала или поковки определять соответствие или несоответствие химического состава стали заданной марки.

При искровом контроле переносной бормашинкой вызывают обильный пучок искр с зачищенной поверхности поковок, заготовки или испытуемого прутка. По внешней форме и цвету искр опытный контролер может различать содержание углерода с точностью 0,05 % и проверять за один час 600...1000 заготовок средней и малой массы. Метод позволяет достаточно

верно различать марки стали с разным содержанием углерода или отличать конструкционные стали цементуемые от улучшаемых, а последние — от инструментальных, а также различать некоторые марки стали с высоким содержанием легирующих элементов.

Спектральный анализ основан на разложении и исследовании спектра электрической дуги или искры, возбуждаемой между испытуемым металлом (поковкой) и разрядником. По яркости характерных линий в спектре определяют количественное содержание каждого элемента в стали. Наряду с применяемыми в цеховых условиях переносными и стационарными стилоскопами для анализа используют приборы с микропроцессорами для автоматической обработки данных анализа и выдачи готовой информации.

Метод вихревых токов позволяет на основе сравнения с эталонными образцами четко и с высокой чувствительностью определять не только марку сплава, но и его твердость, наличие трещин или внутренних напряжений, структурное состояние и т. д.

Термоэлектрический метод основан на принципе действия термопары, т.е. возникновения различной по величине электродвижущей силы при контакте нагретого щупа с испытуемым металлом. По величине и знаку отклонения стрелки гальванометра, градуированного по эталонным образцам, определяют марку стали. Наиболее достоверные результаты получают при определении стали марок 30ХГС, 18ХГМ, 40Х, а также при отделении углеродистых сталей от легированных. Металл можно проверять по зачищенным торцам прутков или деталей в стеллажах без разгрузки.

Контроль выполнения мероприятий, обеспечивающих изготовление поковок из стали заданных марок, включает:

— проверку накладных, сертификатов или паспортов на поступившие в цех заготовки; металл без сопроводительных документов к производству не допускается;

— установку в штампах вставного условного клейма, отличающего данную поковку или марку стали от других, применявшихся для данной детали;

— проверку и рассортировку поступивших на приемку или на обработку резанием поковок с различными клеймами по однородным партиям;

— контроль твердости по Бринеллю после термической обработки, позволяющий установить смешивание марок стали по значительным отклонениям твердости и рассортировать поковки на стилоскопе либо искровым методом.

Контроль качества термической обработки поковок включает два этапа: контроль выполнения режимов термической обработки и контроль качества поковок после нее.

Для выполнения первого этапа термические печи оборудуют пирометрами (термопарами) с самописцами, терморегуляторами, программируемыми механизмами толкания поддонов. В закалочных печах, кроме того, периодически измеряют и регистрируют температуру охлаждающей жидкости. Для регистрации режима работы печей и проходящих через них изделий постоянно ведут «Печной журнал» установленной формы для каждой печи.

Второй этап осуществляют следующими методами:

— пробой твердости по Бринеллю в процессе термической обработки — обязательная контрольная операция с фиксацией результатов в «Печном журнале», в контрольной карте статистического контроля выполняется выборочно;

— окончательным контролем твердости (сплошным или выборочным в

зависимости от материала поковок и сложности их обработки резанием) для обеспечения нормальной обрабатываемости поковок режущим инструментом;

— металлографическим контролем поковок в лаборатории, для чего от каждой партии из числа первых проверенных по твердости отбирают две поковки с крайними значениями твердости в пределах установленной нормы и из них вырезают шлифы для исследования под микроскопом;

— механическими испытаниями в лаборатории, которые проводят регулярно для наиболее ответственных поковок, когда это предусмотрено техническими условиями. Остальные поковки испытывают только по специальным заданиям, отбирая от партии две поковки с крайними значениями твердости.

Выявление внешних дефектов чаще всего производят визуальным осмотром поковок непосредственно у штамповочного агрегата — для отбраковки явного брака и после очистки окалины, т. е. на окончательном контроле — для отбраковки скрытого брака. Для выявления внешних и внутренних дефектов поковок ответственного назначения применяют также магнитную дефектоскопию, основанную на свойстве потока магнитных силовых линий менять свое направление при встрече с дефектами и очерчивать их границы. Для контроля применяют приборы «Магнафлекс» с использованием магнитного цветного порошка или магнитной суспензии.

Люминесцентный метод выявления внешних дефектов основан на способности минеральных масел, проникших в трещины, излучать свет под действием ультрафиолетовых лучей. Метод позволяет выявлять глубокие, невидимые для глаза поверхностные трещины шириной менее 0,005 мм, является более

производительным и надежным, чем магнитный метод, может применяться и для немагнитных материалов.

Глубину залегания внешних дефектов определяют местной выточкой шлифовальным кругом дефекта в двух-трех местах в поперечном направлении или вырубкой зубилом дефектов на крупных поковках вдоль линии дефекта до тех пор, пока снимаемая стружка не перестанет раздваиваться на линии дефекта. Глубина выточки или вырубки не должна превышать половины припуска на сторону.

Выявление внутренних скрытых дефектов и загрязненности металла производят металлографическими исследованиями согласно соответствующим ГОСТам и техническим условиям. В цехах внутренние дефекты металла выявляют с помощью технологической пробы — осадки нагретых до ковочной температуры образцов, высота которых равна удвоенному диаметру. От каждой партии металла отрезают несколько образцов (не менее двух от каждой плавки) и осаживают их до одной трети начальной высоты. При этом не должно быть нарушений сплошности осаженных образцов.

Выявление внутренних дефектов поковок ультразвуковым методом основано на отражении ультразвукового луча от поверхности внутренних дефектов. Участки поковки, подвергаемые контролю, должны быть одинакового сечения. Методы ультразвуковой дефектоскопии регламентированы ГОСТ 24507—80 (в ред. 1986 г.). Они позволяют выявлять раковины, рыхлости, трещины, флокены, расслоения и другие несплошности в толще металла, не обнаруживаемые или не всегда обнаруживаемые другими методами неразрушающего контроля. В современных установках для автоматизированного контроля предусмотрено автоматическое сканирование, реги-

страция эхосигналов от дефектов и слежение за качеством акустического контакта прозвучивающего преобразователя и поверхности поковок.

Просвечивание рентгеновскими лучами (рентгеноскопия) для контроля качества штампованных поковок применяют ограниченно.

Научным методом анализа — контролем качества поковок и регулирова-

ния технологических процессов — является статистический метод, основанный на использовании теории вероятности и математической статистики. Он позволяет оценить большую массу продукции по результатам измерений и испытаний небольшого числа единиц продукции, отобранных соответствующим образом из потока или из партии этой продукции.

Справочное издание

**Атрошенко Алексей Петрович, Белокуров Олег Александрович,
Гарибов Генрих Саркисович и др.**

Ковка и штамповка

В 4-х томах

Том 2

Горячая объемная штамповка

Редактор *Е.Д. Макаренко*
Переплет художника *Т.Н. Галицыной*
Технический редактор *В.Г. Верхоzin*
Корректор *М.Я. Барская*

Сдано в набор 30.10.09 г. Подписано в печать 04.03.10 г.
Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура NewtonC.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 58,5.
Уч.-изд. л. 58,4. Тираж 1000 экз. Заказ .

ОАО «Издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Стромьинский пер., 4/1, стр. 3.

Отпечатано в ГУП ППП «Типография «Наука» РАН»,
121099, Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-217-03462-8



9 785217 034628