

Лекция N 1

Список литературы

1. Кокорин В.Н., Титов Ю.А. Специальные способы ОМД. Ульянов.гос. тех. ун-т. Ульяновск, 2006
2. Голенков В.А., Дмитриев А.М., Кухарь В.Д., Радченко С.Ю., Яковлев С.П., Яковлев С.С. Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением. М.: Машиностроение, 2004. - 464 с.: ил.

Тема 1 Введение

В современном машиностроении ковкой и штамповкой изготавливают заготовки и детали массой от грамма до сотен тонн и с размерами от миллиметра до десятков метров. Тенденция отечественной промышленности, направленная на металло- и энергосберегающую технологию, требует еще большего развития кузнечно-штамповочного производства.

Эффективность использования кузнечно-штамповочного производства зависит, в частности, от наличия оптимальных технологий и современного высокопроизводительного оборудования, позволяющего эти технологии претворять в жизнь.

В целом ряде случаев таким оборудованием могут служить высокоскоростные молоты, импакторы и горячештамповочные автоматы.

При внедрении листовой штамповки в производство, встречаются определенные трудности, вызванные стремлением использовать в конструкциях крупногабаритные элементы, для создания которых требуется сложная и трудоемкая оснастка и новые материалы, обладающие специфическими свойствами: хрупкость, склонность к налипанию на формоизменяющий инструмент, высокие механические характеристики и т.д.

Все вышеперечисленные трудности заставили искать новые методы штамповки, не требующие дорогостоящих мощных прессов и громоздких

штампов. В качестве таких методов были созданы высокоскоростные методы формообразования (высокоэнергетические импульсные методы формообразования) под действием импульсных нагрузок, создаваемых источниками высоких энергий.

Высокие скорости деформации, присущие этим методам формообразования, являются определяющим и характерным признаком, который отличает новые методы деформирования от традиционных.

Наибольшее применение в промышленности получили следующие импульсные высокоскоростные методы штамповки:

- штамповка давлением ударной волны при взрыве взрывчатых веществ, или так называемая взрывная штамповка (штамповка взрывом);
- штамповка действием высоковольтного энергетического разряда в жидкости, или электрогидравлическая штамповка;
- штамповка импульсами магнитного поля высокой напряженности, или магнитоимпульсная штамповка.

В настоящее время большой научный и практический интерес представляет обработка давлением металлических материалов в состоянии сверхпластичности, позволяющая получать изделия сложной формы с малыми энергозатратами из металлов и сплавов, не обладающих высокими пластическими свойствами при обычных термомеханических параметрах деформации.

Основные особенности сверхпластической деформации это: высокие показатели относительного удлинения (порядка 10^2 - 10^3 %), низкие значения напряжения течения во время которого почти не происходит деформационного упрочнения, резкая зависимость напряжения течения от скорости деформации. Условиями, при которых металлы и сплавы переходят в сверхпластичное состояние, являются: наличие стабильной ультрамелкозернистой структуры (менее 10 мкм), температура деформации выше $0,4 T_{пл}$ и определенный интервал скоростей деформации.

Ультра мелкозернистая структура может быть получена, как применением различного рода термической обработки, так и осуществлением кристаллизации расплава с высокой скоростью, которую могут обеспечить, например, методы порошковой металлургии.

Отсутствие научно обоснованных деформационных режимов и перенос температурно-скоростных параметров процесса штамповки сплавов, полученных по традиционной технологии, на порошковые материалы является одной из причин, вызывающих появление неоднородности структуры, низкого уровня механических свойств и повышенной их анизотропии, что сдерживает широкое применение изделий из таких материалов в авиации и машиностроении. Поэтому актуальной является проблема создания новых схем деформации и обоснованных деформационных режимов, позволяющих получать изделия с однородной структурой и высокими эксплуатационными свойствами.

При этом повышению эффективности использования таких материалов в объектах новой техники в значительной мере может способствовать прогнозирование анизотропии их свойств и разработка технологических процессов, приводящих к ее снижению.

Кузнечное производство в машиностроении развивается по пути внедрения новых видов оборудования, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, совершенствования технологии и повышения качества выпускаемых кузнечных заготовок.

Обработка давлением позволяет получать заготовки с шероховатостью поверхности и точностью размеров, соответствующих достигаемым при токарной обработке, фрезеровании и шлифовании.

При помощи специальных видов штамповки изготавливают готовые изделия (болты, гайки и др.) и точные детали с достаточно высокими параметрами шероховатости поверхности. Такой вид штамповки наиболее легко осуществлять при малых скоростях деформирования, соответствующих обработке на гидравлических, кривошипных и фрикционных прессах, а

также на горизонтально-ковочных машинах. Следовательно, применение более совершенных (в отношении напряжённого состояния деформируемого металла) методов штамповки требует перехода от обработки малопластичных материалов на молотах к обработке их на прессах и ковочных машинах.

Штамповка прошивкой. Такая штамповка по существу является разновидностью предыдущего вида штамповки с той лишь разницей, что металл выходит не через отверстия или полость в опорной поверхности матрицы или пуансона, а через зазор между пуансоном и матрицей. Такой штамповкой можно получать детали типа стакана, а также детали коробчатой и корытообразной формы. Сложные штамповочные детали могут одновременно сочетать элементы различного вида (штамповки, литье, прокат).

Требования современного машиностроения обуславливают широкое применение различных операций обработки давлением в производстве как полуфабрикатов, так и деталей и узлов машин. Достаточно сказать, что до 90% всей выплавляемой стали подвергается обработке давлением с применением прокатки, различных видов штамповки, прессования, волочения и других операций. Большая доля стали подвергается прокатке для получения разнообразной номенклатуры профилей, плит и листов. Многие полуфабрикаты исходного металла (15—20%) подвергаются двухкратной и даже трехкратной обработке давлением. Листовые и профилированные полуфабрикаты, полученные прокаткой, на машиностроительных предприятиях при изготовлении деталей подвергаются гибке, вытяжке, формовке, отбортовке и другим операциям холодной и горячей штамповки.

Из новых, развивающихся в настоящее время, видов штамповки, следует отметить следующие.

Взрывная штамповка является новым видом штамповки и еще недостаточно изучена. Ясно одно, что этот способ располагает огромными потенциальными возможностями, реализация которых будет обеспечивать

непрерывный прогресс и расширение области применения не только листовой штамповки, но и объемной штамповки, прессования, выдавливания, поверхностного упрочнения и других видов обработки давлением.

В зависимости от материала, из которого изготавливают пуансоны, различают два основных вида штамповки жестким и эластичным пуансонами.

Штамповка взрывом. При этой штамповке используют давление жидкости или газов, под действием которого листовая заготовка деформируется и принимает форму матрицы. Установленная на матрицу листовая заготовка опускается вместе с матрицей в воду, затем производят штамповку взрывом. Она имеет относительно малую производительность, ограниченность ассортимента и характеризуется повышенной опасностью.

В каждой группе деталей осуществляется группирование по применяемому материалу и поставке (труба, шестигранник, пруток и т. д.), по виду штамповки. Определяющими для отбора деталей по виду штамповки (горячая, холодная, полугорячая) являются свойства материала, давление и стойкость инструмента, необходимое качество детали, а также конструкция и мощность автоматов. Далее осуществляется группирование деталей по форме и размерам (табл. 3) короткие детали (сплошные с плоскостью или с отверстием) стержневые детали с головкой, утолщением, со ступенчатым сечением заготовки зубчатых колес, детали с фланцами и другие кольцевые детали .

КОМБИНИРОВАННЫЕ И ШТАМПО-СБОРОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ШТАМПОВКИ И ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА [с.253]

Придание деталям любых сложных (необходимых конструкторам) форм в подавляющем большинстве случаев легче всего осуществить сваркой элементов, формы и размеры которых обеспечивают заданную конфигурацию детали и диктуются технологией. Чаще всего это

штампованные элементы (листовые и объёмные), но они могут быть и литыми, и из [сортового проката](#). Сложные штамповые детали могут одновременно сочетать элементы [различного вида](#) (штамповки, литьё, прокат), [с.500]

Весьма распространенным видом оборудования для [горячей штамповки](#) являются [кривошипные прессы](#). В качестве [исходного материала](#) для штамповки на [кривошипных прессах](#) преимущественно используют [сортовой прокат](#) круглого и [квадратного сечения](#). Этот вид штамповки позволяет значительно уменьшить штамповочные уклоны и припуски, что снижает расход металла. [с.21]

К этому виду штамповки относят [объемную штамповку](#) без нагрева осадку, выдавливание, высадку, калибровку, чеканку. [с.309]

Примечание. [Специальные виды](#) штамповки в таблицу не включены. [с.210]

Комбинированную или расчлененную штамповку осуществляют на двух и более [штамповочных молотах](#) и механизмах последовательно. Этот вид штамповки используют для сложных или громоздких поковок. [с.81]

Для многих видов штамповки весьма желательны штампы из сверхтвёрдых материалов — на основе карбида, вольфрама. [Срок службы](#) таких штампов по сравнению с аналогичными стальными возрастает от пятнадцати до трехсот раз. Это равносильно тому, что один карбидный штамп заменяет от пятнадцати до трехсот стальных. Значит, снижается себестоимость изделий, повышается производительность [прессового оборудования](#) в результате резкого снижения простоев при замене штампов. Если учесть, что трудоемкость [изготовления твердосплавного штампа](#) в пять раз выше стального, то простая арифметика подсказывает, что трудовые затраты

инструментальных цехов сокращаются от 3 до 60 раз [с.45]

Листовая штамповка (рис. 89,е) состоит в деформации в холодном состоянии листовой исходной заготовки в штампе, имеющем матрицы с прижимным кольцом и пуансон. Этот вид штамповки проводят на специальных штамповочных прессах. [с.234]

В зависимости от формы, габаритов и требований, предъявляемых к изделиям, а также свойств используемого материала применяют следующие основные виды штамповки [с.286]

Следует различать два основных вида штамповки — листовую и объемную. Объемная горячая штамповка является основным способом изготовления различных деталей машин. Она имеет ряд важных преимуществ перед ковкой, а именно значительно увеличивается производительность за счет одновременного деформирования металла в нескольких направлениях, что позволяет изготавливать сложные по форме изделия рабочим невысокой квалификации. Благодаря повышенной точности обработки, в сравнении с поковками, при штамповке припуски можно уменьшить в 2—3 раза, а следовательно, окончательную обработку часто производить не нужно. [с.55]

Различают следующие наиболее характерные основные виды штамповки. [с.286]

Некоторые современные виды штамповки обеспечивают получение готовых изделий (заклепок, болтов, гаек и др.) и деталей машин, пригодных для сборки без дополнительной обработки. При этом достигается точность 3 класса, а класс чистоты поверхности соответствует V —9. [с.5]

Штамповка жидкостью. При этом виде штамповки металл деформируется под непосредственным **давлением жидкости**, принимая **форму матрицы**, или под **давлением жидкости**, заключенной в резиновую оболочку. Этот способ применяют для вытяжки полых деталей различной формы. [с.169]

Штамповка взрывом. При этом виде штамповки для **пластического формоизменения** заготовки используется энергия взрыва (тротила, гексогена и др.), создающего **высокое давление**, под действием которого заготовка принимает форму штампа. Этим методом могут осуществляться как формоизменяющие, так и разделительные операции. [с.169]

На рис. 28 приведен фотоснимок общего вида штамповки, а на снимках, расположенных правее, ее макроструктура в зонах А ж В, которая характеризуется нормальным **расположением волокна** соответствующим конфигурации детали. Такая макроструктура характерна для штамповок, изготавливаемых с уменьшенными припусками на **механическую обработку**. На рис. 29 приведена макроструктура, наблюдаемая на темплетях (вырезанных из тех же зон А й , но из штамповки, изго- [с.22]

Наиболее распространены следующие виды штамповки на **кривошипных прессах** 1) штамповка с заусенцем (аналогичная штамповке на молотах) 2) **штамповка выдавливанием** без заусенца — экструдинг-процесс" 3) **штамповка прошивкой** и 4) комбинированные виды штамповки. [с.421]

Для этого вида штамповки применяется универсальное **ierMii4e** Кое оборудоваьше и автоклавы оснастка (штампы) изготавливается из листового материала. [с.74]

Во втором томе даны рекомендации по назначению допусков, припусков и напусков на **штампованные поковки**. Приведены классификация поковок и

примеры проектирования технологических процессов объемной горячей штамповки на оборудование разного вида. Даны рекомендации, необходимые для конструирования и расчета ручьев молотовых штампов. Указаны особенности объемной горячей штамповки на КГШП, гидравлических и винтовых прессах и горизонтально-ко-вочных машинах. Приведены примеры конструирования и расчета штампов для объемной горячей штамповки. Уделено внимание специальным видам штамповки накатке, раскатке, электровысадке и др. Даны рекомендации по разработке технологических процессов объемной горячей штамповки высоколегированных сталей и сплавов [с.7]

Даны рекомендации по назначению допусков, припусков и напусков на штампованные поковки. Приведены примеры проектирования технологических процессов объемной горячей штамповки на различном оборудовании. Даны рекомендации, необходимые для конструирования и расчета штампов и выполняемых в этих штампах ручьев. Уделено внимание специальным видам штамповки накатке, раскатке, электровысадке и др. Изложены особенности объемной горячей штамповки инструментальных и высоколегированных сталей, а также цветных сплавов. Приведены сведения по отделке и очистке поволоков, контролю их качества, эксплуатации и ремонту штамповой оснастки. [с.4]

В холодном состоянии изготавливают также изделия в штампах, аналогичных тем, которые применяют для горячей штамповки. Получаемые изделия отличаются чистотой поверхности и точностью размеров. Основные преимущества холодной штамповки заключаются в возможности обработки заготовки небольшой толщины (тонкие полосы) и поперечных сечений (проволоки), отсутствии порчи поверхности вследствие окисления металла при нагреве, в высокой точности изготовления изделий. Недостатки холодной штамповки заключаются в меньших возможных де-

юмациях. Это объясняется **сопротивлением деформации** в холодном состоянии. Указанные ограничения затрудняют применение этого вида штамповки для крупных изделий и при обработке некоторых мало пластичных печей. [с.435]

Новые виды штамповки находят широкое применение вследствие простоты их осуществления, простоты инструмента и экономичности применения в условиях мелкосерийного и **единичного производства**. Кроме того, **штамповка взрывом** и электрогидравлическая штамповка дают хорошие результаты при **изготовлении изделий** из труднодеформируемых и малопластичных сплавов

Специальные виды штамповки и обработки листового материала

В опытном, мелкосерийном, а иногда и серийном производствах холодная листовая штамповка при использовании обычного прессового оборудования и конструкций штампов ни экономически, ни по затратам времени для изготовления штампов неоправдана. В этих случаях применяют специальные виды холодной штамповки. К ним относятся: штамповка резиной и полиуретаном, жидкостью и гидростатическая, с подогревом фланца, с глубоким охлаждением заготовки, импульсная (гидровзрывная, электрогидравлическая, электромагнитная, взрывом газов), с применением ультразвука и др.

Штамповка эластичной средой

Схема штамповки эластичной средой показана на рис. 9.59. Гибка листового материала **2** в универсальных полиуретановых матрицах **3** значительно упрощает и удешевляет штамповочную оснастку **4**, так как на одной такой матрице можно проводить гибку самых разнообразных деталей с различными углами и радиусами из материалов разной толщины. При этом необходимо изготовить только пуансон **1**. Преимуществом этого способа гибки является то, что на наружной поверхности деталей не остается никаких

следов повреждений.

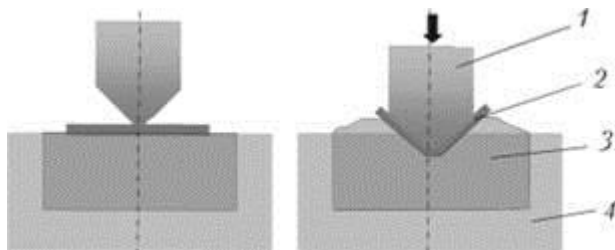


Рис. 9.59. Схема гибки в универсальных полиуретановых матрицах

Это позволяет штамповать детали из полированных листов, а также из заготовок с различными защитно-декоративными покрытиями. Размеры полиуретановой матрицы зависят от конфигурации и габаритных размеров деталей.

Операции вытяжки и формовки с помощью эластичной среды – резины или полиуретана – ведут по двум принципиальным схемам: штамповка эластичной матрицей по жесткому (металлическому) пуансону и эластичным пуансоном по жесткой матрице.

Ротационная вытяжка

Листовые детали типа тел вращения в ряде случаев получают ротационной вытяжкой. Формоизменение заготовки осуществляется обжатием ее роликом по вращающейся оправке. Ротационная вытяжка может осуществляться без или с утонением деформируемого материала (рис. 9.60). Ее проводят на специальных ротационных станках (рис. 9.61).

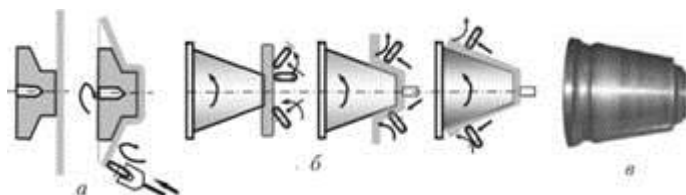


Рис. 9.60. Ротационная вытяжка:

а – без утонения; б – с утонением; в – пример вытяжки

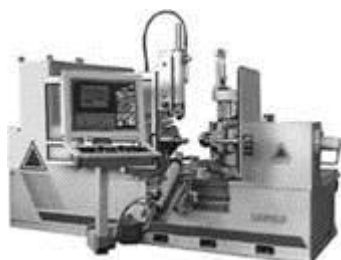


Рис. 9.61. Станок ротационной вытяжки

Электрогидравлическая штамповка

Метод основан на импульсном преобразовании электрической энергии в гидродинамическую энергию рабочей жидкости, в результате чего возникают механические силы, пластически деформирующие заготовку. Они возникают либо в результате высоковольтного разряда при пробое диэлектрической рабочей жидкости, либо в результате электрического взрыва проводника, помещенного в рабочую жидкость, которая используется только для передачи усилия на заготовку.

Метод применяют как для формоизменяющих операций (вытяжки, формовки, калибровки, отбортовки, раздачи трубчатых деталей), так и разделительных (вырубки и пробивки). Толщина штампуемых заготовок из высокопрочных или цветных сплавов не превышает 4–5 мм, габаритные размеры – 1800 мм. Схемы электрогидравлической штамповки показаны на рис. 9.62. Для схемы с открытой емкостью (рис. 9.62, *а*) матрицу 2 с заготовкой 3 и прижимами 4 и 5 помещают внутрь корпуса 1, а полость между ними вакуумируют через каналы 7 вакуум-насосом. Затем емкость заполняют рабочей жидкостью 6. Над заготовкой размещают положительные и отрицательные рабочие электроды 8, между которыми и осуществляют электрический разряд, приводящий к импульсному гидравлическому удару, деформирующему заготовку по форме матрицы.

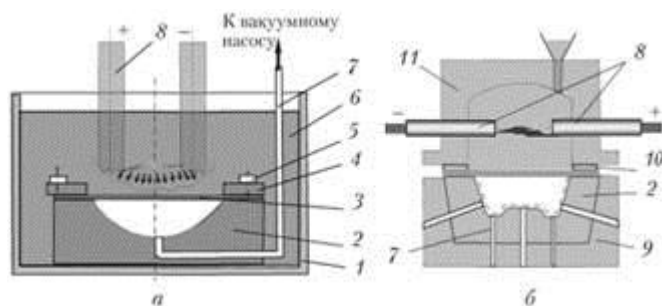


Рис. 9.62. Схемы электрогидравлической штамповки:

а – с открытой емкостью; *б* – замкнутым объемом

Аналогичный процесс происходит и для схемы с замкнутым объемом. В

этом случае заготовка к матрице 2, установленной в корпусе 9 поджимается не прижимами 4 и 5, а крышкой 11 через уплотнение 10.

Электрогидравлическая штамповка имеет ряд преимуществ перед традиционными методами: управляемость процессом за счет варьирования числа и месторасположения разрядных импульсов; возможность плавного изменения энергии импульса; осуществление многократного разрядного импульса и большие возможности для автоматизации процесса и включения установки в общую линию прессового оборудования.

Штамповка взрывом под водой

Она во многом аналогична электрогидравлической. Отличие заключается в том, что деформирующий импульс, передаваемый заготовке, создается не электрическим разрядом, а с помощью подрыва заряда взрывчатого вещества. При этом методе можно получать очень высокие рабочие усилия деформации заготовки.

Магнитно-импульсное формообразование (МИФ)

Магнитно-импульсное формообразование или иначе магнитно-импульсная обработка металлов (МИОМ) – высокоэнергетический метод пластического деформирования металлов и сплавов. Он основан на непосредственном преобразовании предварительно накопленной электрической энергии в работу пластической деформации, т.е. на воздействии на материал заготовки электродинамических сил, возникающих при взаимодействии импульсного магнитного поля с током, который либо индуцируется этим полем в электропроводящей заготовке или электропроводящем переходнике, передающем давление на заготовку через эластичную среду, либо независимо от магнитного поля протекает через электропроводящую заготовку.

Лучше всего с помощью МИФ обрабатывать заготовки из металлов с высокой электропроводностью. Используют следующие технологии: штамповку, сварку, прессование, упрочнение. Основные схемы МИФ

штамповкой показаны на рис. 9.63.

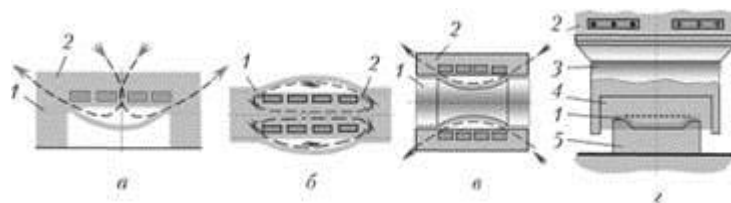


Рис. 9.63. Основные схемы магнитно-импульсной обработки:

а – штамповка листов; *б* – раздача труб; *в* – обжим труб; *г* – штамповка листов эластомером; 1 – заготовка; 2 – индуктор; 3 – боек; 4 – эластомер; 5 – матрица

Значение формообразующих электродинамических сил P зависит от плотности энергии переменного магнитного поля в объеме зазора между индуктором и заготовкой:

$$P = \frac{10^{-6} B^2}{8\pi},$$

где B – индукция магнитного поля в зазоре, Гн.

Импульсные магнитные поля создают с помощью магнитноимпульсных установок разрядом батареи конденсаторов через рабочий инструмент – индуктор, вокруг или около которого расположена заготовка. На рис. 9.64 показана одна из малогабаритных установок МИФ.



Рис. 9.64. Установка МИФ

Особенностями МИФ являются: высокие давления при импульсном характере деформирующего воздействия; большая технологическая гибкость процесса при несложной технологической оснастке; широкие пределы регулирования рабочего давления на заготовку; возможность формообразования высокопрочных материалов; преимущественная обработка давлением тонкостенных заготовок (операции развальцовки,

опрессовки, чеканки, штамповки и т.п.).

Штамповка ультразвуком

Это один из прогрессивных методов, который эффективно устраняет некоторые отрицательные явления, имеющие место при обычной штамповке.

Способ применим как для разделительных операций, так и для формоизменяющих – гибки, вытяжки, формовки.

Сущность способа состоит в том, что от специальных установок подаются ультразвуковые колебания (продольные, радиальные или крутильные) на пуансон, матрицу или пуансон и матрицу одновременно, которые вмонтированы в специальные штампы с расположением очага деформации в пучности смещений или напряжений стоячей волны ультразвука.

Применение в листовой штамповке ультразвуковых колебаний позволяет снизить усилие деформирования, повысить предельную степень деформаций для вытяжных операций, обеспечить высокое качество штампуемых изделий и увеличить эффективность технологических смазок.

Применение ультразвуковых колебаний при листовой штамповке вызывает разупрочнение, связанное с нагревом металла в очаге деформации, и увеличение пластичности.