

Лекция №3

ТЕМА 6. Торцевая раскатка и сферодвижная штамповка

План лекции: *Сущность способа и, схемы процесса, область применения, очаг деформации, НДС, энергосиловые параметры процесса, устойчивость процесса, проектирование инструмента, выбор оборудования.*

6.1 Основные сведения о процессе торцевой раскатки

Раскатка - технологическая операция штамповки, в процессе которой поэтапные деформации заготовки осуществляют вращающиеся и одновременно сближающимися валками. Примеры деталей, получаемых торцевой раскаткой приведены на рисунке 6.1.

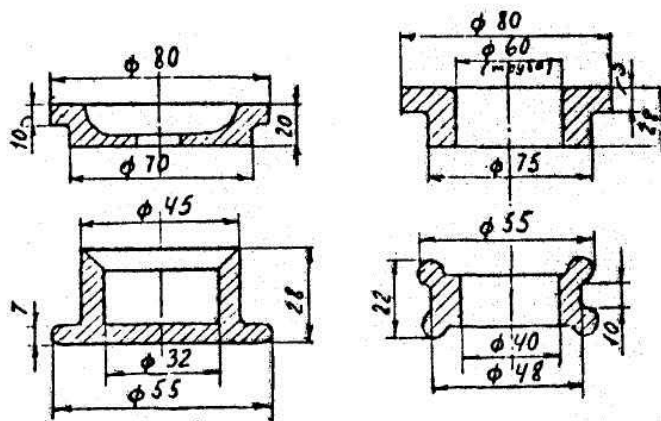


Рисунок 6.1. Типы деталей, изготавливаемые торцевой раскаткой

Основной отличительной особенностью операции торцевой раскатки от операции штамповки является локальный характер приложения деформирующего усилия торцу обрабатываемой заготовки.

Т.к в контакте с инструментом находится только часть заготовки, что приводит к снижению величины контактных напряжений и усилия деформирования.

Сущность процесса холодной торцевой раскатки поясняется схемами, приведенными на рисунке 6.2 (высадка наружного бурта и внутреннего бурта).

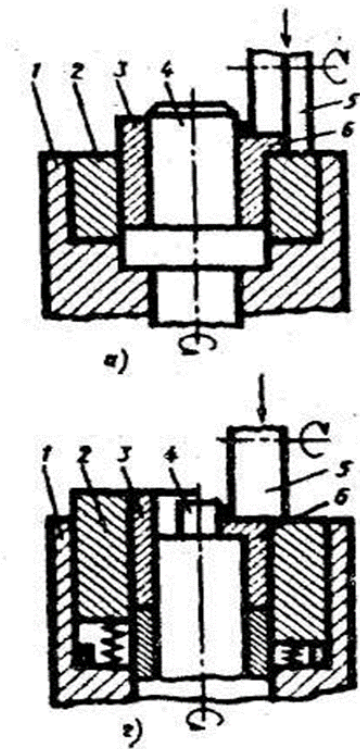


Рисунок 6.2. Основные схемы торцевой раскатки цилиндрическим деформирующим инструментом: а – высадка наружного бурта; б – высадка внутреннего бурта

На рисунке 6.3 приведены 3Схема формообразования наружного бурта коническим валком и принцип формирования изделия.

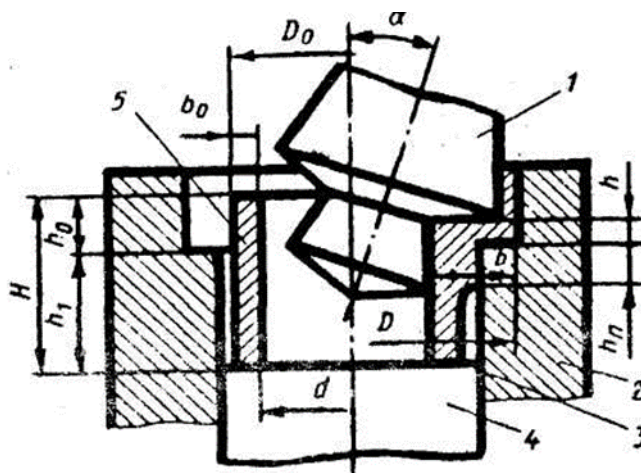


Рисунок 6.3Схема формообразования наружного бурта коническим валком: 1 – валик; 2 - матрица; 3 - деталь; 4 - оправка; 5 – заготовка.

На торец вращающей кольцевой заготовки силой P воздействует свободно вращающийся цилиндрический валок. В результате за каждый оборот заготовки будет происходить осадка её выступающей части из матрицы на некоторую величину единичного обжатия Δh_i .

Обжатие за один оборот заготовки определяется необходимой предельной деформацией, которая зависит от механических характеристик материала. Δh_i за один оборот заготовки изменяется от 0,2 до 1 мм окончательное оформление детали происходит за 10-30 оборотов.

Использование методов ротационной обработки которым относится и раскатка, позволяет значительно расширить диапазон применяемых процессов холодного объёмного деформирования за счёт локального характера приложения нагрузки.

Точность размеров деталей получаемых раскаткой соответствует 8-11 качеству, а шероховатость поверхности $R_a=2,5-0,63$ мкм. Кроме этого, торцевая раскатка способствует улучшению физико-механических свойств обрабатываемого материала и обеспечивает оптимальное расположение его волокон, что улучшает эксплуатационные свойства.

Высокая точность обработки обеспечивает сохранение расхода металла на 30% и снижение трудоемкости изготовления детали на 20%.

Процесс торцевой раскатки легко автоматизировать.

Различают раскатку в торец наружных и внутренних буртов рис 6.2, при этом раскатка может быть открытой и закрытой.

Схемы технологических процессов изготовления деталей типа втулок(колец) с фланцем и без него из отрубных заготовок цилиндрическими и коническим деформирующим инструментом представленном на рисунке 6.4.

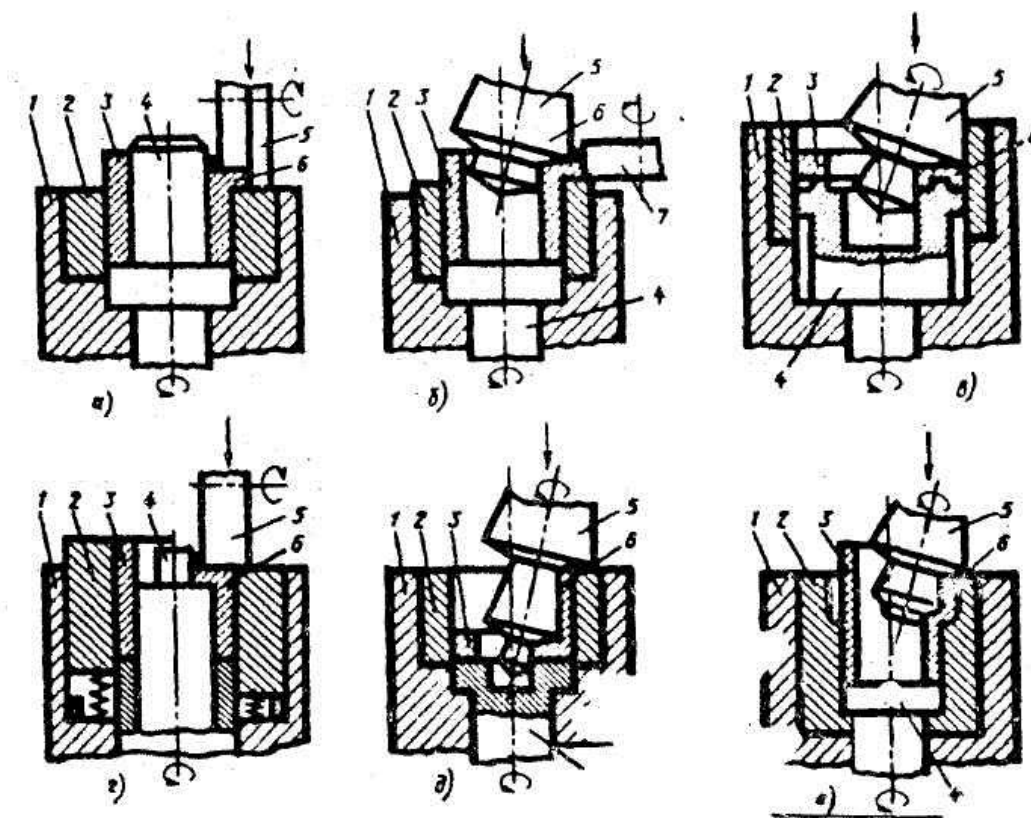


Рисунок 6.4. Основные схемы холодной торцевой раскатки цилиндрическим и коническим деформирующим инструментом: а,б – высадка наружного бурта; в – раскатка кольца сложного сечения; г – высадка внутреннего бурта; д – обратное выдавливание; е – раздача.

Ограничение радиального течения металла в сторону оправки (см. рис. 6.4) или матрицы - обеспечивает получение детали только с наружными или только с внутренними буртами.

6.2 Заготовки и инструмент для торцевой раскатки

При торцевой раскатке в качестве заготовок используют горячекатаные трубы, прутки, штампованные поковки, кольца без предварительной обточки или расточки на токарных станках. Материал заготовок: ШХ14; ШХ15СГ; 40Х; Сталь 20; Сталь 45; 30ХГС; 12Х18Н10Т; сплав Д16. Отрезанные заготовки устанавливают в матрицу с зазором до 0,3 мм на сторону. Вращение заготовки на начальных стадиях процесса обеспечивается силами трения между

недеформируемым торцом детали и матрицей, возникающими при приложении нагрузки на валке. В качестве основного инструмента используется цилиндрические и конические валки (см. рис. 6.2,6.4). Цилиндрический валок формирует внутренние и наружные бурты по схеме высадки. Диаметр валка определяется конструктивными особенностями применяемого оборудования и обычно не превышают 250÷300 мм.

Большие технологические возможности обеспечивает деформирующий инструмент в виде конического валка, расположенного под углом $5\div 15^\circ$ к оси вращения детали. Этот валок позволяет деформировать детали по схемам: высадки, прямого и обратного выдавливания, раздачи, осадки и др. (см. рис. 6.4 б,в,д,е). При этом процесс может осуществляться без применения оправки, что значительно упрощает оснастку. При раскатке любым инструментом деталь оформляется в калибре, образованном матрицей, оправкой и валком. Поэтому пластическая деформация частично распространяется на всю высоту цилиндрической заготовки, что приводит к уширению её диаметра на высоте h_n и запрессовке (см. рис. 6.3). Высота этого пояса запрессовки зависит от режимов обработки, механических свойств обрабатываемого материала и обычно не превышает толщину стенки заготовки b_0 . Инструмент изготавливают из сталей: X12M и X12Φ1 с закалкой до HRC 55-62, с шероховатостью поверхности $R_a=0,63$ мкм.

6.3 Характеристика процессов торцевой раскатки цилиндрическим и коническим инструментом

Кинематические условия течения металла при раскатке боковыми поверхностями валков (рис.6.4. а,б,в) и торцевыми (рис.6.4.г,д,е) различны.

При высадке в процессе раскатки наружного бурта цилиндрическим валком (рис.6.3а) течение металла ограничено оправкой, матрицей и валком.

При высадке внутреннего бурта цилиндрическим валком (рис.6.4.г) течение металла ограничено оправкой 4, плавающей обоймой 2 и валком 5.

При раскатке боковыми поверхностями валков (рис. 6.4 а) окружные скорости частиц металла заготовки, расположенных на контактной поверхности внутри

окружности зацепления, меньше (зона отставания), чем окружные скорости вала. Скорость частиц металла вне окружности зацепления больше (зона опережения). Это обуславливает проскальзывание вала относительно заготовки, что приводит к разогреву заготовки и повышенному износу валков. Диаметр окружности зацепления определяется условиями трения, геометрическими размерами заготовки и степенью обжатия. Раскатка торцевыми поверхностями наклонных валков лишена указанных выше недостатков. Благодаря этому преимуществу в последнее время отдают предпочтение торцевой раскатке наклонными валками.

При высадке наружного бурта раскаткой коническим деформирующим инструментом (рис 6.4 б) профиль детали оформляется валком 5, обоймой 2 и роликом 7. В схеме обратного выдавливания окончательные размеры точных кольцевых заготовок (рис. 6.4 д) ограничены торцом конического вала 5.

Полная высота (рис. 6.3) заготовки под раскатку H складывается из высоты h_1 , определяемой размерами изготавливаемой детали и высоты h_0 -части заготовки, выступающей из матрицы.

Определение высоты выступающей части h_0

Значение h_0 рассчитывается из условия постоянства объемов заготовки и готовой детали. Однако величина h_0 имеет свои ограничения, которые определяются устойчивостью процесса раскатки. Под устойчивостью здесь понимают отсутствие образования складок и закатов.

Из экспериментов выявлено, что при раскатке по схеме высадки (рис. 6.2 а,б, 6.4 а,б) отношение $\frac{h_0}{b_0} \leq 2,5$. Кроме того при раскатке высоких буртов отношение ширины бурта b к толщине стенки исходной заготовки b_0 не должно превышать 2.2 ($\frac{b}{b_0} \leq 2.2$).

При формообразовании низких буртов возникает ограничение, связанное с исчерпанием ресурса пластичности деформируемого металла. Таким образом: максимальная высота бурта ограничивается устойчивостью деформируемой

части исходной заготовки, а его максимальная ширина определяется пластичностью раскатываемого металла.

6.4 Определение силовых параметров и выбор оборудования.

Силу раскатки можно определить используя зависимость вида

$$P = np \left(\frac{b}{b_{\max}} \right)^{1,4};$$

где n -коэффициент, учитывающий упрочнения в процессе раскатки;

b_{\max} -максимальная допустимая ширина бурта (технологическими возможностями автомата);

b -ширина бурта раскатываемой детали;

p -удельное усилие, МПа, определяемое по формуле

$$p = 2K \left[(1 + h) / (4\mu e) e^{2\mu b/h} - h / (4\mu e) \right];$$

где K -постоянная пластичности определяемая напряжением текучести

$$K = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}; n \quad b_{\max} \quad b \quad p \quad h \quad l \quad \mu \quad \sigma_0 \quad \sigma_s \quad \delta \quad g$$

h -высота выступающей части, мм

l -длина пятна контакта, мм

μ -коэффициент трения

Параметр $n = \frac{\sigma_s}{\sigma_0}$,

$\sigma_0 = 960 \text{ МПа}$

где σ_0 -сопротивление деформированию стали 40 при $\varepsilon = 0,8$;

σ_s — напряжение течения материала при степени деформации

$$\delta = \ln \frac{h_0}{h};$$

Для торцевой раскатки на базе резбонакатного автомата ГД-8, усилием 350 Кн созданы раскатные полуавтоматы двух типов: МРБ-35-раскатка приводным цилиндрическим валком, МРК-30-раскатка не приводным наклонным валком с углом наклона вала 10° . Вращение осуществляется от шпинделя головки, в которой закреплена заготовка для раскатки. Азовским заводом КПА создан специальный раскатной автомат КО90В, который позволяет раскатывать изделия не только из труб, но из сортового проката.

Номинальное усилие деформирования 125кН, частота вращения шпинделя торцевой головки 250-400 об/мин. Ход подвижной головки 100мм, номинальное усилие на поперечных суппортах 60 кН.) СА04 – 250 кН; СА0428 – 630 кН. Производительность от 100-240 шт/ч; размеры исходной заготовки о 60/140 до 285/85; наибольший размер бурта тах от 12 до 40 мм.

Таблица 6.1 Основные характеристики торцовых полуавтоматов.

Параметры	Тип полуавтомата			Специальный станок
	КО9013	00424	СА0428	
1	2	3	4	5
Наибольшее усилие деформирования, кН	125	250	630	800
Число оборотов шпинделя торцевой головки, об/мин	250...400	60...300	40...200	40..200
Наибольшее усилие устройства выпрессовки, кН	150	250	500	800
Ход подвижной головки, мм	100	150	200	300
Ход устройства выпрессовки, мм	1500	150	200	300
Наибольшее усилие на поперечных суппортах, кН	60	125	250	400
Регулировочное перемещение суппорта, мм	60	100	150	200
Рабочий ход суппорта,мм	18	20	30	40
Вид заготовки	штучная	штучная	штучная	штучная
Производительность в автоматическом режиме (не менее),шт/час	240	180	100	120

6.5 Сферодвижная штамповка

Сферодвижная штамповка – технологическая операция, в процессе которой поэтапное деформирование заготовки осуществляют рабочим инструментом, совершающим касательное или поступательное по отношению к заготовке перемещение.

Основные сведения о сферодвижной штамповке

Изготовление деталей типа тел вращения на металлорежущем оборудовании сопровождается большими затратами времени и потерями материала, идущего в стружку.

Изготовление подобных деталей объёмной штамповкой сопряжено высокими технологическими усилиями, непрерывно увеличивающимися с возрастанием относительных размеров ($\frac{D}{H}$) и необходимостью создания уникального давяльного оборудования.

Для устранения перечисленных недостатков необходимо предельно уменьшать зону контакта поверхности давяльного инструмента с поверхностью заготовки, сводя её к точке или линии. Это возможно осуществить с помощью многократного локального приложения технологических усилий путем вращения заготовки и инструмента. Это приводит к значительному уменьшению потребного технологического усилия, но увеличивает время совершения технологической операции.

Известны несколько способов штамповки с локальным приложением технологических усилий, одним из которых является сферодвижная штамповка.

Операции - раскатку и сферодвижную штамповку применяют для изготовления разнообразных полых и стержневых деталей с буртами или развитыми фланцами, деталей типа стаканов с внутренними буртами, раструбов с элементами разных диаметров, с переходными участками и др. (рис. 6.5)

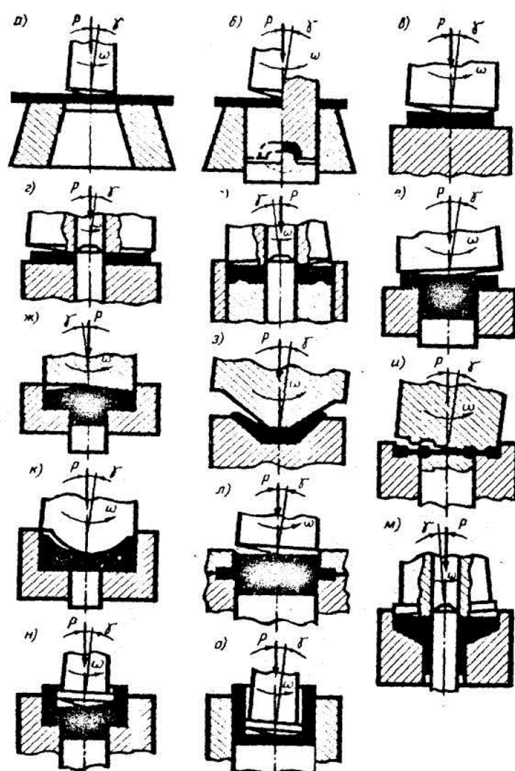


Рисунок 6.5. Технологические схемы формообразования изделий с применением сферодвижного механизма: а –вырубка; б – вырубка с формовкой; в – открытая осадка сплошной заготовки; г – открытая осадка кольцевой заготовки; д – закрытая осадка; е – открытая осадка фланца; ж – закрытая осадка фланца; з – полузакрытая формовка; и, к – закрытая формовка; л – поперечное выдавливание фланца; м, н, о – прямое, комбинированное и обратное выдавливание фланца.

Но в отличие от раската при сферодвижной штамповке используется не вращательное, а колебательное движение инструмента, что позволяет в значительной степени расширить технологические возможности процесса.

Основной способ сферодвижной штамповки осуществляется воздействием на заготовку пуансона (см. рис. 6.6) получающего от привода пространственные сферические колебания с вращением и одновременным вертикальным перемещением.

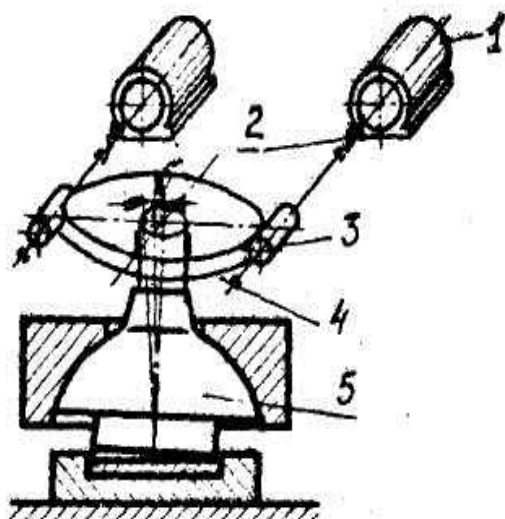


Рисунок 6.6 Принципиальная схема сферодвижной штамповки
1-электродвигатель; 2 – муфта; 3 – червяк; 4 - червячное колесо; 5 – водило.

Движением пуансона в металле создаётся вращающийся очаг деформации и обеспечивается непрерывный процесс формообразования детали. Пластическая деформация металла протекает по принципу раскатки.

Ввиду наличия на пуансоне сферической части, т.е. **раскатника**, очаг контактного взаимодействия с заготовкой возникает мгновенно. Ось пуансона выполняют наклонно относительно вертикальной оси ползуна прессы. Угол наклона принимают в пределах $2 \div 10^\circ$. Скорость вращения достигает 200 об/мин. Этим обеспечивается снижение усилий пластической деформации в $5 \div 10$ раз. Например, усилие 160т (1,6кН), специальных гидравлических прессов для сферодвижной штамповки модели PXW-100AB, выпускаемых в Польше, эквивалентно усилию $1600 \div 2500$ т ($16\text{кН} \div 25\text{кН}$) обычного давяльного оборудования.

На кинематической схеме сферодвижной штамповки (рис 6.7) привод прессователя представляет собой сочетание двух механизмов одновременно воздействующих на рабочий инструмент - пуансон. Благодаря этому пуансону сообщается вращательное и поступательное движение, создающие давление на деформируемую заготовку, установленную в матрицу (см. рис.6.7) Электродвигатели 1 через упругие муфты 2 обеспечивают вращение червяков 3

, связанных с червячным колесом 4. Водило 5, благодаря возможности поворота цапфы в подшипнике преобразует вращательное движение в круговое качательное, которое передаётся пуансону. При вертикальном перемещении штока прессы и пуансона осуществляется деформирование заготовки.

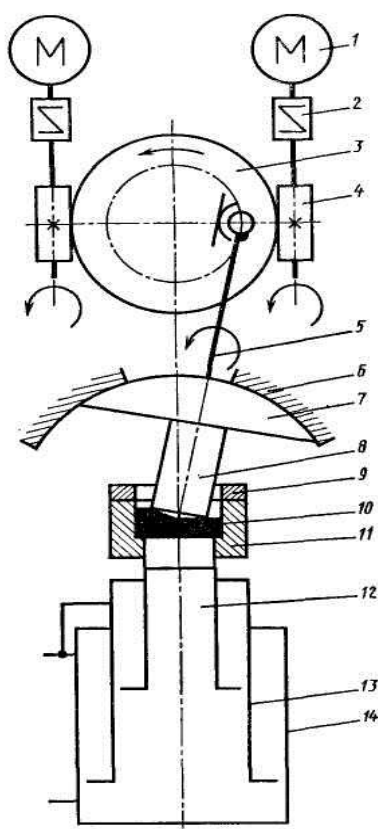


Рисунок 6.7 - Кинематическая схема машины мод. РХW100А (ПНР) для осадки заготовок обкатыванием (Сферодвижной штамповкой)

1 — электродвигатель; 2 — предохранительная муфта; 3 — червячное колесо; 4 — червяк; 5 — водило; 6 — станина; 7 - пуансонодержатель; 8— пуансон; 9 — упорное кольцо; 10 — заготовка; 11 — матрица; 12 — выталкиватель; 13 - наружный поршень; 14 — цилиндр

Основные технологические параметры сферодвижной штамповки:

λ - угол наклона оси пуансона,

S - подача заготовки на одно качение пуансона, при выбранном числе качений в мин.

В настоящее время известны два типа сферодвижной штамповки .

1. сферодвижная штамповка с постоянной осевой подачей заготовки на одно круговое движение инструмента.

2. сферодвижная штамповка при постоянной осевой силе.

Наиболее эффективно применение сферодвижной штамповки:

- а) в разделительных операциях, где необходимо разделить материал толщиной более $S=10\text{мм}$ при совмещении с формовкой в одном процессе (например при изготовлении фланцев картера автомобиля);
- б) в объёмной штамповке при изготовлении деталей с глубоким и сложным рельефом на торцах (фланцы трубопроводов);
- в) в листовой штамповке при вытяжке с утонением, обжиме, раздаче.

Параметры, которые определяют экономическую эффективность процесса:

- сокращение расхода металла
- уменьшение трудоёмкости последующей обработки
- сокращение капитальных вложений в оборудование и оснастку

6.6 Оборудование для сферодвижной штамповки

Основным технологическим оборудованием для сферодвижной штамповки являются гидравлические прессы ДБ2432 силой 1.6кН, ДБ2430 и Д2430Б силой 1кН и ДБ2436 силой 4кН или специальные прессы и полуавтоматы. Оборудование устанавливается совместно с оборудованием механической обработки (токарные станки) и доделочных операций. Все гидравлические прессы содержат гидропневмоподушки, работающие на выталкивание.

Гидравлические прессы комплектуют специальными блок-штампами с электроприводом вращения сферического пуансона по круговой траектории.

6.7 Материал инструмента и заготовок для сферодвижной штамповки

Материал инструмента для сферодвижной штамповки

Материал инструмента при сферодвижной штамповке углеродистых сталей: в холодном состоянии Х12М, в горячем - 5ХНВ и полугорячем - Р6М5.

При сферодвижной штамповке медных изделий для инструмента применяют: сталь У8А и сталь 20 с цементацией

Сферодвижной штамповкой могут изготавливаться детали с точностью до $\pm 0,02Ra$ и чистотой поверхности $Ra 0,63\mu m$. При этом чистота поверхности детали зависит от чистоты поверхности заготовки и применяемого инструмента.

Материал заготовок для сферодвижной штамповки

Исходным материалом для сферодвижной штамповки являются заготовки из круглого проката, а иногда квадратные или прямоугольные толстолистовые заготовки. Форма заготовки должна соответствовать форме готового изделия. В зависимости от свойств металла и конфигурации готовых деталей заготовки раскатываются в холодную, полугорячую и горячую. Температура нагрева заготовок при раскате в горячем состоянии 1100-1200 °С, полугорячем - 500-600°С, в холодном - 20-30°С. Поверхности заготовок раскатываемых в холодном состоянии иногда фосфатируются. В настоящее время освоено изготовление деталей из меди, дюралюминия, сталей 10, 45, 20, ШХ15, 40Х, , Х18, Н10Т, 30ХГСА, 12Х4, сплавов АМГ6, Д16, трудно деформируемых материалов Р6Н5 (быстрорежущая сталь) и ЭИ961 (штамповая – 13Х11Н2В2МВ).

Технологической смазкой при изготовлении деталей сферодвижной штамповкой являются : сульфидол, дисульфат молибдена, бараний жир, графитовая смазка.

Силовые параметры

Потребную технологическую силу при сферодвижной штамповке принимают как при обычной осадке со следующим уменьшением: при объёмном деформировании в 5-10 раз, при разделительных операциях в 20 раз. Если расчётной силы не хватает, то просто увеличивают время раскатки металла.

Производительность изготовления деталей зависит от свойств металла и технических характеристик гидравлических прессов. Считается, что чистое

время раскатки с использованием блок-штампов составляет 3-15 с, а с установкой заготовки и съёмом готовой детали 15-20 с. (3-4 дет/мин.)

Преимущества сферодвижной штамповки

При изготовлении деталей сферодвижной штамповкой на гидравлических и специальных прессах и полуавтоматах по сравнению с обычными видами штамповки :

- коэффициент использования металла повышается с $0,33 \div 0,85$;
- уменьшаются потери металла на токарную обработку на 15-21%;
- в результате наклёпа металла увеличивается долговечность детали (например, колец подшипников на 28%) и уменьшается трудоёмкость изготовления на 30-33%.