

ШМ0730

регистрационный номер

Машиностроительные технологии

название факультета

MT13 – Технологии обработки материалов

название кафедры

**Моделирование процесса горячей объёмной штамповки типа
кольцо в открытом штампе**

название работы

Автор:

Федоровский Дмитрий Александрович

фамилия, имя, отчество

Государственное бюджетное

общеобразовательное учреждение города

Москвы "Лицей № 1580 при МГТУ имени

Н.Э.Баумана" 9 класс

наименование учебного заведения, класс

Научный руководитель:

Шагалеев Руслан Ринатович

фамилия, имя, отчество

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени**

Н.Э.Баумана

место работы

Магистр кафедры MT13-17

звание, должность

—
подпись научного руководителя

Оглавление

Цель работы.....	3
Теоретическое Введение.....	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	19
Вывод.....	22
Приложение.....	23

Цель работы

Проведение физического моделирования процесса горячей объёмной штамповки поковки типа кольцо из свинцовой заготовки в открытом штампе для определения рациональности технологических параметров.

1 задача

Разработка технологического процесса горячей объёмной штамповки поковки типа кольцо в открытом штампе: определение размеров исходной заготовки, проектирование поковки и проектирование штампа.

2 задача

Проведение эксперимента штамповки, проверка возможности получения качественной поковки (заполнение всех углов штампа).

Теоретическое Введение

Основные операции объёмной штамповки.

Горячая объёмная штамповка - это вид обработки металлов давлением, при котором формообразование поковки из нагретой заготовки осуществляют с помощью специального инструмента – штампа. При штамповке течение металла ограничивается поверхностями полостей или выступов в отдельных частях штампа. В конечный момент штамповки металл занимает всю замкнутую полость штампа в соответствии с конфигурацией поковки.

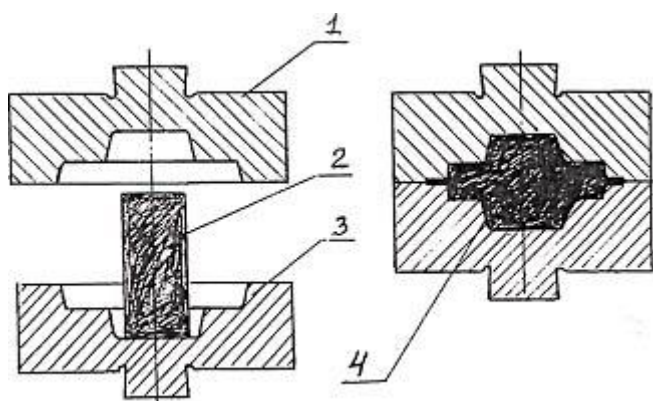


Рисунок 1. Схема процесса горячей объёмной штамповки.

1-верхний штамп; 2-заготовка; 3-нижний штамп; 4-поковка.

По наличию или отсутствию заусенца различают штампы открытые и закрытые. В зависимости от температуры нагрева заготовок – для холодного и горячего штампования, по виду операций: формовочные, высадочные, прошивные и т.д., по применяемому оборудованию - молотовые и прессовые. Основные детали штампа – пуансон и матрица. При штамповке пуансон оказывает непосредственное давление на обрабатываемый материал и в зависимости от назначения может быть прошивным, пробивным, просечным или вырубным. Штампы молотовые и для кривошипных горячештамповочных прессов состоят из верхней и нижней частей, на соприкасающихся частях которых имеются ручки для последовательного формообразования изделия. Изготавливают штампы из углеродистых и легированных, главным образом, хромом штамповых сталей.

Легированная сталь — сталь, которая, кроме обычных примесей, содержит элементы, специально вводимые в определённых количествах для обеспечения требуемых физических или механических свойств. Эти элементы называются легирующими.

Штамповые стали — стали, применяемые для изготовления инструментов, необходимых для обработки металлов давлением, таких, как штампы, ролики, валики, пуансоны и т. д. Своё название получили по виду самого используемого инструмента.

Штамповка в открытых штампах характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В зазор вытекает заусенец. По мере уменьшения зазора металл, находящийся в этом зазоре между частями штампа, интенсивно охлаждается, увеличивается предел текучести металла и возрастает сопротивление перемещению заусенца. Благодаря этому заполняется вся полость штампа, и только излишки металла вытесняются в заусенец. Заусенец впоследствии обрезается в специальных (обрезных) штампах.

При штамповке в закрытых штампах зазор между подвижной и неподвижной частями штампа достаточен для относительного перемещения частей штампа, но не для образования заусенца. Поэтому во избежание не заполнения углов полости штампа или увеличения высоты поковки необходимо строго соблюдать равенство объемов заготовки металла и поковки.

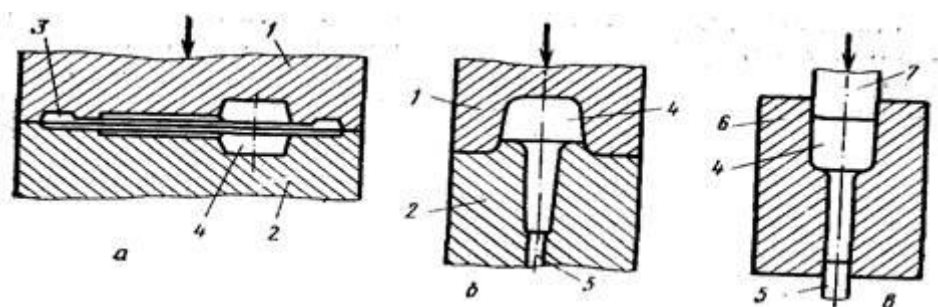


Рисунок 2. Открытая и закрытая штамповка

а – в открытом штампе (с облоем); *б* – в закрытом штампе (без облоя, вариант 1); *в* – закрытом штампе (без облоя, вариант 2);

Горячая объемная штамповка применяется в крупносерийном или массовом производствах. Она позволяет получать поковки сложной конфигурации с минимальными напусками и меньшими допусками. Производительность штамповки значительно выше, чемковки.

В то же время штамп – дорогостоящий инструмент, предназначенный для изготовления только одной конкретной поковки.

Усилия при штамповке больше, чем дляковки одинаковых поковок. Поэтому вес поковок, изготавливаемых объемной штамповкой, редко превышает 20 -30 кг.

Материалы для объёмной штамповки.

В основном это:

Чёрные металлы — железо и сплавы на его основе (стали, ферросплавы, чугуны), в отличие от остальных металлов, называемых цветными. К чёрным металлам также зачастую относят марганец и, иногда, — хром. Эти металлы используются главным образом при производстве чугунов и сталей. Чёрные металлы составляют более 90 % всего объёма используемых в экономике металлов, из них основную часть составляют различные стали.

Сталь — сплав железа с углеродом. Содержание углерода в стали от 0,1 до 2,14 %. Углерод придаёт сплавам железа прочность и твёрдость, снижая пластичность и вязкость.

- низкоуглеродистые (меньше 0,25 %),
- углеродистые (0,25—0,6 %),
- высокоуглеродистые (более 0,6 %).

Кроме углерода, в чугунах и сталях содержатся другие компоненты, такие как кремний, марганец, сера, фосфор.

Цветные металлы — это медь, алюминий, цинк, олово, свинец, никель, хром, серебро и т.п. Они имеют общее свойство образовывать на поверхности оксидную пленку, которая предотвращает дальнейшее разрушение металла.

Штамповке подвергают чаще всего углеродистые или низколегированные стали, реже цветные металлы и другие сплавы. Штамповка плоских деталей производится почти из любых материалов, объемная штамповка — из материалов, обладающих определенной степенью пластичности.

Легированная сталь — сталь, которая, кроме обычных примесей, содержит элементы, специально вводимые в определённых количествах для обеспечения

требуемых физических или механических свойств. Эти элементы называются легирующими.

Легирующие добавки повышают прочность, коррозионную стойкость стали, снижают опасность хрупкого разрушения. В качестве легирующих добавок применяют хром, никель, медь, азот (в химически связанном состоянии), ванадий и др.

Легированную сталь по степени легирования разделяют на:

- низколегированную (легирующих элементов до 2,5 %),
- среднелегированную (от 2,5 до 10 %),
- высоколегированную (от 10 до 50 %).

Сплав — это соединение двух или более веществ, образовавшееся в результате кристаллизации (затвердевания) расплавов. В состав сплавов входят металлы и неметаллы: углерод, кремний, мышьяк, фосфор и некоторые другие элементы. Подавляющее большинство металлических изделий изготовлено из сплавов. Сплав может быть в 10—20 раз прочнее входящего в него металла, его температура плавления может быть намного выше или ниже.

Псевдосплавы. В последнее время широкое применение находят Псевдосплавы, которые получают методами порошковой металлургии — пропиткой, жидко- и твердофазным спеканием

При горячей штамповке в качестве исходных материалов применяют различные сорта стали, поступающей в виде обжатых болванок, сортовых заготовок различного сечения, толстолистого материала, фасонных профилей и заготовок периодического профиля. Сплавы цветных металлов чаще всего используют в виде прутков и реже в виде слитков. Разрезают материал на мерные заготовки на ножницах, пилами, абразивными кругами, газовой резкой и в холодноломах. Наиболее распространены резка заготовок на ножницах различной конструкции и газовая резка. Резка пилами и абразивами дает большую точность, но вследствие малой производительности и большого шума во время резки применяется реже. В

настоящее время значительное распространение получила ломка прутков в хладноломах. Достоинства этого метода — большая производительность, экономичность и возможность контролировать качество металла по излому.

Сортовой прокат — это металлические изделия разнообразных сплошных поперечных сечений, конечная продукция станов горячей прокатки.

Фасонный профиль — сортовой прокат сложной конфигурации или специального назначения.

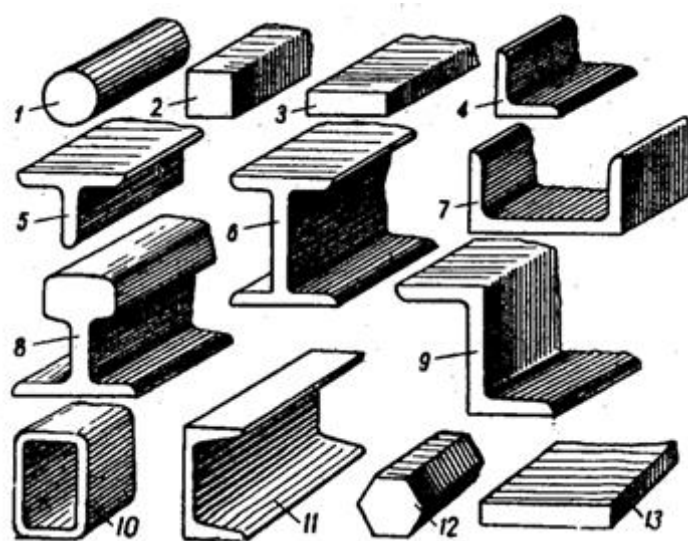


Рисунок 3. Сортные и фасонные профили проката.

1 – круглый; 2 – квадратный; 3 – полосовой; 4 – угловой; 5 – тавровый; 6 – двутавровый; 7 – корытный; 8 – рельсовый; 9 – зетовый; 10 – коробчатый; 11 – швейлерный; 12 – шестигранный; 13 – листовой.

Абразивные материалы — это материалы, обладающие высокой твердостью и используемые для обработки поверхности различных материалов: металлов, керамических материалов, минералов и других.

Ломка на хладноломах представляет собой способ разделки проката на заготовки путем разрушения металла по предварительно нанесенным надрезам 5, которые являются концентраторами напряжений. Надрез выполняют глубиной, равной 3 ... 8 % от толщины заготовки Н0.

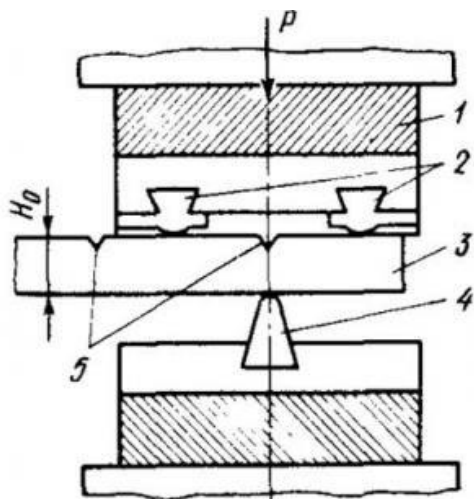


Рисунок 4. Схема ломки проката на хладноломах.

1 – ползун; 2 – опоры; 3 – заготовка; 4 – ломатель; 5 – надрезы.

Горячая объемная штамповка

Метод горячей объемной штамповки может использоваться в производстве поковок из самых разных металлов — медных, алюминиевых, стальных, а также различного назначения, форма и сложности.

Горячая объемная штамповка обычно применяется на массовом и/или серийном производстве, то есть там, где предполагается очень высокий объем работ и высокая загруженность. Этот способ обработки металлов дает огромные преимущества на больших производствах: он дает возможность существенно повысить производительность труда, снизить уровень отходов металла, обеспечить высокую точность формы конечного продукта и отличное качество поверхности. Изделия, произведенные методом горячей штамповки, имеют заметно лучшее качество поверхности, что позволяет свести к минимуму время, которое тратится на дальнейшую чистовую обработку резанием. Методом штамповки производятся изделия, имеющие очень сложную форму, часто изготовить их, используя приемы свободной ковки, попросту не представляется возможным, горячая же штамповка такую возможность дает. Впрочем, у свободной ковки есть свое преимущество — универсальность инструмента.

Основное различие между открытыми и закрытыми штампами заключается в том, что в случае с последними на одной из частей штампа выполняется гравюра, а вторая часть изготовлена таким образом, что входит в эту первую часть с гравюрой и запирает ее. Штампы для закрытой(безоблойной) штамповки испытывают на себе крайне высокие механические и тепловые нагрузки. Это служит причиной того, что штампы для безоблойной штамповки изготавливаются из закаленной и отпущенной штамповой стали, легированной никелем, хромом, вольфрамом, ванадием, молибденом и т. п. Но даже в этом случае стойкость штампов не становится очень высокой, они могут выдержать от трех тысяч до десяти тысяч поковок.

При этом стоимость штампов достаточно высока. Именно по этой причине горячая штамповка может считаться экономически выгодным способом обработки металла только когда речь идет о больших партиях деталей, составляющих тысячи штук.

Штампы, предназначенные для работы на прессах, могут иметь в нижней половине полость, а в верхней — выступ, штампы, предназначенные для работы на молотах, наоборот, имеют полость в верхней части и выступ на нижней. Возможна ситуация, когда закрытый штамп состоит из двух взаимно перпендикулярных плоскостей разъема. При работе с закрытыми штампами важно строгое соблюдение равенства объемов поковки и заготовки, в противном случае, если обнаружится недостаток металла, углы полости штампа не будут заполнены, если же металла окажется чрезмерно много, поковка будет иметь размер по высоте больший, чем требуется. При отрезке заготовке должна быть обеспечена высокая точность.

Горячая объемная штамповка производится на самых разных машинах - это и штамповочные молоты, и кривошипные горячештамповочные прессы, и гидравлические и фрикционные прессы, и горизонтально-ковочные и горизонтально-гибочные машины, и ковочные валцы и т.д.

Основная операция горячей объемной штамповки (ГОШ) может быть выполнена за один или несколько переходов. При каждом переходе формообразование осуществляется специальной рабочей полостью штампа — ручьем (гравюрой). Переходы и ручки делятся на две группы: заготовительные и штамповочные.

Виды штамповочных ручьев

Заготовительные ручки предназначены для фасонирования в штампах. Фасонирование — перераспределение металла заготовки с целью придания ей формы, обеспечивающей последующую штамповку с малым отходом металла. К заготовительным ручьям относятся протяжной, подкатной, гибочный и пережимной, а также площадка для осадки.

Протяжной ручей предназначен для увеличения длины отдельных участков заготовки за счет уменьшения площади их поперечного сечения, выполняемого воздействием частых слабых ударов с кантованием заготовки.

Подкатной ручей служит для местного увеличения сечения заготовки (набора металла) за счет уменьшения сечения рядом лежащих участков, то есть для распределения объема металла вдоль оси заготовки в соответствии с распределением его в поковке. Переход осуществляется за несколько ударов с кантованием.

Пережимной ручей предназначен для уменьшения вертикального размера заготовки в местах, требующих уширения. Выполняется за 1...3 удара.

Гибочный ручей применяют только при штамповке поковок, имеющих изогнутую ось. Служит для придания заготовке формы поковки в плоскости разъема. Из гибочного ручья в следующий заготовку передают с поворотом на 90 градусов.

При штамповке поковок, имеющих в плане форму окружности или близкую к ней, часто применяют осадку исходной заготовки до требуемых размеров по высоте и диаметру. Для этого на плоскости штампа предусматривают площадку для осадки.

Штамповочные ручьи предназначены для получения готовой поковки. К штамповочным ручьям относятся черновой (предварительный) и чистовой (окончательный).

Черновой ручей предназначен для максимального приближения формы заготовки к форме поковки сложной конфигурации. Глубина ручья несколько больше, а поперечные размеры меньше, чем у чистового ручья (чтобы заготовка свободно укладывалась в чистовой ручей). Радиусы скругления и уклоны увеличиваются. В открытых штампах черновой ручей не имеет облойной канавки. Применяется для снижения износа чистового ручья, но может отсутствовать.

Чистовой ручей служит для получения готовой поковки, имеет размеры «горячей поковки», то есть больше, чем у холодной поковки, на величину усадки.

Завершающий этап в производстве поковок методом горячей объемной штамповки — это очищение поверхности от окалины, которое производится на дробеметной установке, либо в пескоструйном очистном барабане. После завершения термообработки и успешного проведения всех необходимых контрольных операций, формируется партия поставки, сопровождаемая сертификатом качества.

Дробеметная установка — это установка для автоматической обработки деталей при помощи потока дроби, нагнетаемого вращающимися дробеметными турбинами.

Холодная объёмная штамповка

Объёмная формовка (холодное прессование) является разновидностью осадки и применяется для изготовления деталей более сложной формы и в более точных штампах, имеющих фигурные полости. Вследствие наклепа детали, отформованные холодным способом, имеют повышенную прочность и твердость.

При формовке в открытых штампах добавляется дополнительная операция обрезки заусенцев, но отпадает необходимость выдерживать точные размеры заготовки. Точность размеров деталей, изготавливаемых в закрытых штампах, зависит от того, с какой точностью выполнена заготовка. Штампы для объёмной формовки делают массивными, формирующие полости выполняют достаточно точно и тщательно отделяют. Для особенно точных и сложных по форме деталей изготавливают два штампа: первый для предварительной формовки, и второй — для калибрующей.

Шероховатость поверхности отформованных деталей зависит от шероховатости поверхности заготовок, поэтому заготовки перед формовкой тщательно очищают от окалины, ржавчины и посторонних наслоений.

Холодное выдавливание заключается в том, что металл под действием высокого давления переходит в пластичное состояние и течет в зазор между матрицей и пуансоном.

Преимуществом холодного выдавливания по сравнению с вытяжкой является возможность изготовления тонкостенных деталей со сложной формой дна, более высокий коэффициент использования металла, более высокая производительность, чем при вытяжке, и более низкие затраты на изготовление штампов.

Для холодного выдавливания пригодны металлы, обладающие высокой пластичностью, малым пределом прочности и низкой способностью к упрочнению.

Существуют два основных способа выдавливания: прямой, при котором металл течет в направлении движения пуансона, и обратный, когда металл течет навстречу движению пуансона. Применяется также комбинированное выдавливание, при

котором металл течет одновременно в направлении движения пуансона и навстречу ему.

Прямой способ применяется для получения деталей типа стержней и трубок с различной формой поперечного сечения, обратный — для полых деталей с дном типа колпачков, комбинированный — для деталей сложной формы с различными уступами и ребрами в дне детали, и деталей, имеющих две полости с перемычкой между ними.

Заготовками для прямого способа выдавливания служат плоские шайбы или толстостенные колпачки. Для обратного выдавливания заготовки и детали получают чистовой вырубкой из листа или отрезкой от прутка. Форма заготовок должна соответствовать форме поперечного сечения детали.

Методом холодного выдавливания изготавливают детали из свинца, алюминия, цинка, меди, латуни и низкоуглеродистой стали.

Холодная высадка — это процесс увеличения поперечных размеров части заготовки за счет одновременного уменьшения ее длины. Холодная высадка применяется для формообразования головок заклепок, болтов, винтов, шурупов, гаек, а также некоторых деталей машин из стали и цветных металлов. Без нагрева высаживают болты размером до M20 и гайки размером до M27.

Высадка выполняется обычно на холодновысадочных автоматах одноударного, двухударного и трехударного действия. Материалом для высадочных работ служит проволока или прутки соответствующего сечения. Высадка за один удар применяется для изготовления заклепок и винтов с полукруглой головкой и других деталей, имеющих небольшую относительную длину высаживаемой части заготовки.

Цикл одноударной высадки заклепки протекает следующим образом. После подачи материала (калиброванной проволоки) через отрезную матрицу нож автомата отрезает заготовку и переносит ее на линию высадки. Высадочный пуансон заталкивает заготовку в матрицу и после упора заготовки в выталкиватель

осуществляет высадку головки. В момент возврата пуансона в исходное положение высаженная деталь удаляется выталкивателем из матрицы, и цикл повторяется.

Высадка за два удара позволяет получить детали с разнообразной формой головок при длине высаживаемой заготовки, равной 3—6 диаметрам.

Лучшей формой для предварительного набора деформируемого металла является усеченный конус. При отсутствии трех- или четырёхударных высадочных автоматов применяют повторную высадку на одно- или двухударных холодновысадочных автоматах.

Калибрование применяется для получения точных размеров и ровной, чистой и гладкой поверхности деталей, изготовленных объемной штамповкой или горячим прессованием. Калибрование выполняется в штампах на прессах ударного действия — фрикционных или чеканочных. Различают плоскостное и объемное калибрование.

При плоскостном калибровании обжимаются только отдельные плоскости заготовки и калибруются ее размеры по толщине. Степень осадки обычно составляет 5—10% от первоначальной толщины заготовки.

Объемное калибрование заключается во всестороннем обжатии заготовки с вытеснением избытка металла в облой, который удаляют последующей обрезкой или зачисткой

В некоторых случаях детали подвергают комбинированному калиброванию — сначала объемному, а затем плоскостному.

Холодное калибрование поковок и других заготовок обеспечивает получение точности до 0,05 мм и гладкой поверхности с шероховатостью до 7—8-го класса чистоты (как при чистовом шлифовании).

Точность и качество калибрования зависят от точности изготовления штампа и отделки его калибрующих поверхностей.

Чеканкой образуется выпукло-вогнутый рельеф на поверхности детали за счет незначительного перемещения металла. Во многих случаях чеканка заменяет гравирование на металле. При чеканке заготовка сдавливается между двумя формующими частями штампа и получает на поверхности оттиск его рельефа. Для сохранения размеров и формы детали чеканка выполняется обычно в закрытых штампах без вытеснения металла из рабочей полости матрицы. Производится она на чеканочных прессах, обеспечивающих большое давление и точную настройку зазора между торцом пуансона и дном матрицы.

Клеймение, т. е. выдавливание надписей, букв, цифр и делений, выполняется аналогично чеканке.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Проектирование детали.
2. Проектирование поковки для этой детали.
3. Расчет размеров заготовки.
4. Проверка возможности получения качественной поковки путём проведения опыта.

Требуемые размеры детали: диаметр $D_{\text{дет}} = 63.5$ мм, высота $H_{\text{дет}} = 33$ мм, диаметр отверстия $d_o = 30.5$ мм.

следовательно, для получения путём механической обработки детали шестерня поковка должна иметь диаметр $D = 65$ мм и высоту $H = 34$ мм, диаметр отверстия $d_{\text{вн}} = 32$ мм.

(см. приложение 1)

Объём цилиндрической заготовки должен быть равен сумме объёмов поковки, и объёма облоя. $\text{объем заготовки} = \text{объем поковки} + \text{объем облоя!}$

В данном случае и при данных параметрах объём облоя находимый по формуле $V_{\text{обл}} = \frac{\pi}{4} ([D_{\text{пок}} + 2b_{\text{об}}]^2 - D_{\text{пок}}^2) * h_{\text{об}}$

$$V_{\text{пок}} = \frac{\pi}{4} D_{\text{пок}}^2 H_{\text{пок}} - \frac{\pi}{4} d_{0\text{пок}}^2 H_{\text{пок}}$$

Где:

$D_{\text{пок}}$ – диаметр поковки, мм; $h_{\text{об}}$ – высота облоя в зоне мостика;
 $h_{\text{об}} = 0,015 D_{\text{пок}}$; $b_{\text{об}}$ – ширина облоя в зоне мостика $b_{\text{обл}} = h_{\text{обл}}$.

Во избежание продольного изгиба заготовки при штамповке необходимо, чтобы отношение высоты к диаметру заготовки удовлетворяло следующему условию:

$$1.25 \leq \frac{H_{\text{заг}}}{D_{\text{заг}}} \leq 2.5$$

$$V_{\text{обл}} = 866.5 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{поковки}} = 85434.7 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{заготовки}} = 86301.2 \text{ мм}^3$$

$$D \text{ заготовки} = 50 \text{ мм}$$

$$H \text{ заготовки} = 44 \text{ мм}$$

2. проведение эксперимента (фотоотчёт в приложении)

1) изготовление штампов.

Штампы изготовлены из Инструментальной нелегированной стали У8А.

Этот инструментальный, нелегированный, высококачественный, углеродистый сплав имеет примерно следующий химический состав:

Fe – около 98%; примеси:

C – 0,76 – 0,83% ; Si – 0,17 – 0,33% ; Mn – 0,17 – 0,28% ; Ni – не более 0,2% ; Cr – не более 0,2% ; Cu – не более 0,2 % ; P – не более 0,025% ; S – не более 0,018%;

2. изготовление заготовки необходимой высоты из сортового проката диаметром 60 мм. Высота = 30 мм

В эксперименте вместо нагретой до 1000 градусов углеродистой стали был использован свинец, который в операциях ГОШ проявляет при комнатной температуре те-же свойства что и нагретая сталь.

1.отрубка

2.осадка для придания более аккуратной формы заготовке(практически без изменения размеров)

Фотографии в приложение 2.

3. штамповка в открытом штампе.

Штамповка поковки в открытом штампе, с целью получения примерной формы конечной поковки, но с обломом. фотографии в приложении 3.

4.обрезка облоя в специальном обрезочном штампе, пробитие перемычки в кольце (приложение 4)

5.готовый результат.

Вывод

Мы разработали технологический процесс горячей объёмной штамповки поковки типа кольцо в открытом штампе: определили размер исходной заготовки, спроектировали поковку и штампа, а также провели эксперимент по штамповке, проверили возможность получения качественной поковки (заполнение всех углов штампа). Следовательно, разработанный технический процесс горячей объёмной штамповки поковки «кольцо» в открытом штампе позволяет получать качественные поковки с требуемыми размерами и может быть использован для изготовления таких поковок из углеродистых сталей.

Источники и материалы

<http://delta-grup.ru/bibliot/18/71.htm>

<http://mash-xxl.info/info/59127/>

<http://www.ngpedia.ru/>

<http://mash-xxl.info/info/459351/>

http://studopedia.ru/2_129250_tema--holodnaya-ob-emnaya-shtampovka.html

<http://www.yarcs.yartpp.ru/zakaz.htm>

<https://ru.wikipedia.org>

<http://mash-xxl.info/info/459351/>

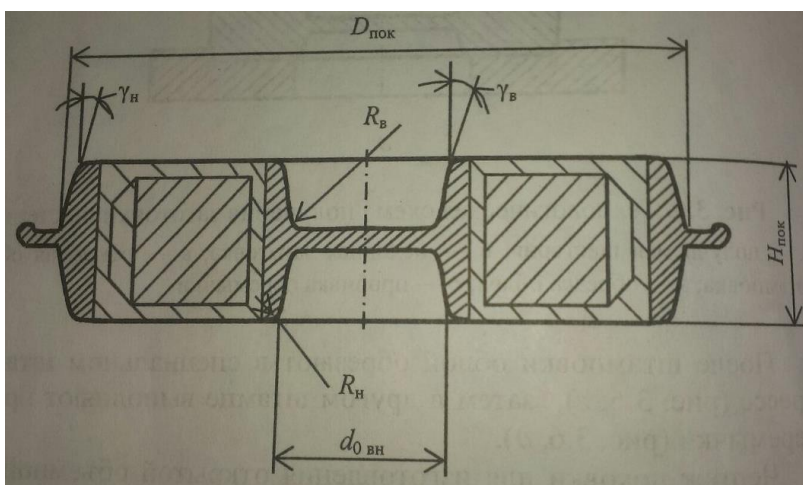
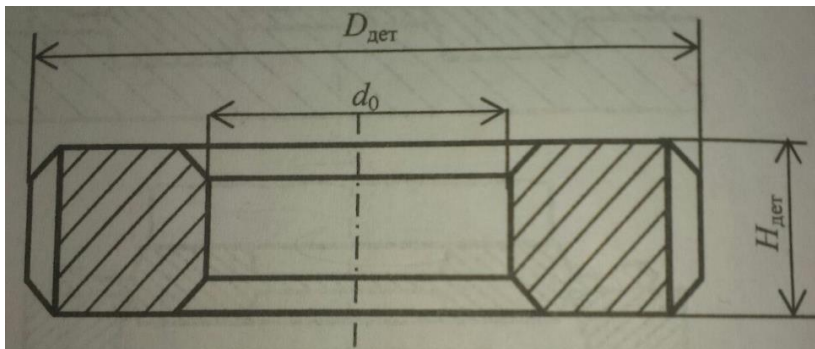
<http://window.edu.ru/resource/228/19228/files/>

Семенов Е.И. и др. (1985) Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т.

Романовский В.П. (1979) Справочник по холодной штамповке

Приложение

1.



2.

3.



4.

