

**«Разработка технологического  
процесса получения  
штампованной поковки»**

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКОВОК

1. Материал всех поковок – **сталь.**
2. Все поковки изготавливаются горячей объемной штамповкой **в открытых штампах с одной плоскостью разъема.**

**Штамповка** – технологический процесс получения заготовок или деталей в результате пластического деформирования исходной заготовки в *штампах* с частичным или полным ограничением бокового течения металла.

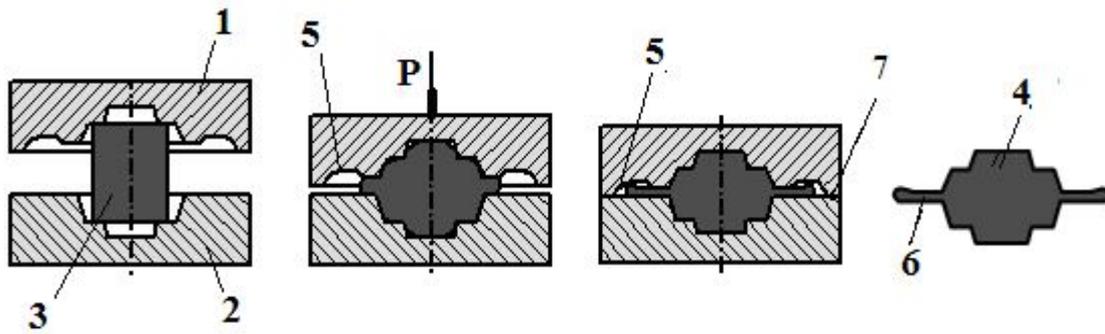
*Штамп* для объёмной штамповки - специальный инструмент с полостью, которая воспроизводит форму получаемого изделия.

Объемная штамповка, как правило, выполняется в горячем состоянии. Металл нагревается до температур  $T_{нагр} \geq 0,3 T_{пл}$  (плавления)  $T_{пл} \approx 1530-1550$  °С).

Нагрев обеспечивает высокую пластичность, высокое качество готового продукта и требуемую структуру.

Изделие полученное штамповкой называется *штампованной поковкой*.

*Штамповка в открытых штампах* (Рис. 1) характеризуется зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В этот зазор вытекает часть металла – облой (заусенец), что позволяет не предъявлять высоких требований к точности исходных заготовок и получаемых из них поковок по массе.



## Штамповка в открытых штампах (повторение)

*а* – исходное положение инструмента и заготовки перед началом штамповки; *б* – середина штамповки; *в* – окончание штамповки (доштамповка\*)

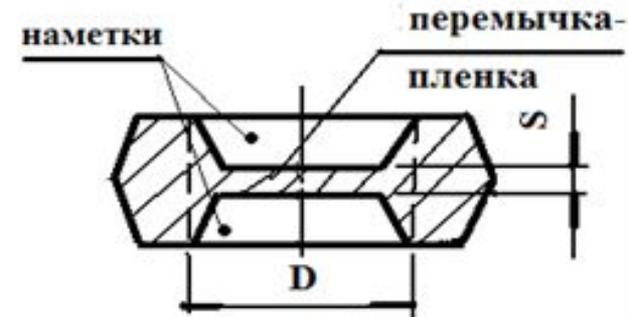
1 – подвижная часть штампа; 2 – неподвижная часть штампа; 3 – исходная заготовка; 4 – поковка с заусенцем (облоем). 5 – облойная (заусенечная) канавка; 6 – облой (заусенец), который удаляется обрубкой перед механической обработкой поковки; 7 – плоскость разъема штампа.

*Доштамповка* выполняется на заключительном этапе штамповки. Скорость перемещения подвижного штампа при доштамповке меньше, чем на остальных этапах штамповки, что позволяет предотвратить разрушение и быстрый износ отдельных частей штампа при их соприкосновении.

### *Получение отверстий в штампованных поковках.*

При штамповке в штампах с одной плоскостью разъема невозможно получить сквозное отверстие в поковках. Выполняются только наметки (углубления) с перемычкой – пленкой (Рис. 2), которая удаляется пробивкой.

$D$  – диаметр прошиваемого отверстия (указан на чертеже детали);  $S$  – толщина перемычки-пленки



$$S \leq 0.1D, \text{ но не менее } 4\text{мм}$$

## Технологические возможности горячей объемной штамповки в открытых и закрытых штампах

Показатель	Горячая объемная штамповка в открытых и закрытых штампах
Оборудование	Паровоздушные молоты, механические и гидравлические прессы
Максимальная масса поковки, кг	400
Минимальная толщина стенки, мм	6
Максимальный габаритный размер поковки, мм	500
Рекомендуемые материалы	Стали, ЦМС
Экономически оправданный тип производства	Серийное и массовое
Экономически оправданное минимальное количество, N шт/год	500

ЦМС – цветные металлы и сплавы.

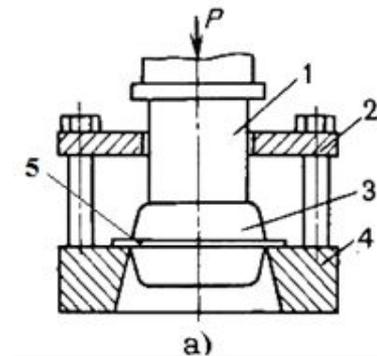
Молоты – машины динамического ударного действия. Продолжительность деформации на них составляет тысячные доли секунды. Используются при обработке пластичных металлов.

Прессы – машины статического действия. Продолжительность деформации на них составляет от единиц до десятков секунд. Используются при обработке малопластичных металлов.

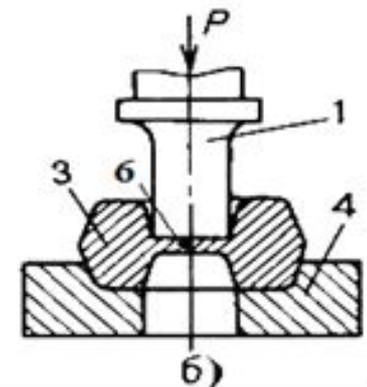
## *Дополнительные операции при горячей объемной штамповке.*

Перед механической обработкой поковки после штамповки в открытых штампах выполняются дополнительные операции штамповки – обрезка облоя (а) и пробивка перемычки-пленки (б).

При нажатии пуансоном 1 на поковку 3 режущие кромки матрицы 4 срезают заусенец по всему периметру поковки, и она проваливается в тару. Заусенец 5 (если он застревает на пуансоне) снимается с пуансона при его ходе вверх съемником 2 и удаляется в другую тару.



При пробивке перемычек-пленок для получения сквозных отверстий поковку 3 укладывают в матрицу 4 и с помощью пуансона 1 пробивают. Отход б (выдра) проваливается в отверстие матрицы и собирается в тару

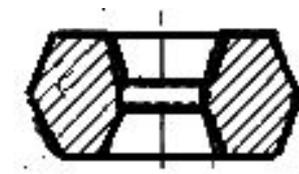


а – обрезка облоя (заусенца); б – пробивка перемычки-пленки;

в – поковка после обрезки заусенца и пробивки перемычки-пленки

1 – пуансон; 2 – съемник; 3 – поковка; 4 – матрица; 5 – облой (заусенец);

6 – отход при пробивке перемычки-пленки (выдра)



## **Порядок выполнения домашнего задания.**

### ***1. Выбрать расположение поковки в штампе (выбрать плоскость разъема штампа)***

В зависимости от конструкции детали штамповка выполняется в торец или плашмя.

*1.1. Детали, имеющие внутренние полости и конфигурацию наружной поверхности, не мешающую извлечению поковки из штампа без назначения напусков.*  
При штамповке в торец (рис а) формируется как внутренняя, так и наружная поверхность поковки. Поэтому детали данного типа штампуются в торец.

*1.2. Детали, не имеющие внутренних полостей.*  
При штамповке плашмя формируется конфигурация наружной поверхности. Внутренние полости поковки не выполняются (рис. б). Поэтому для деталей, у которых отсутствуют внутренние полости, назначается штамповка плашмя.

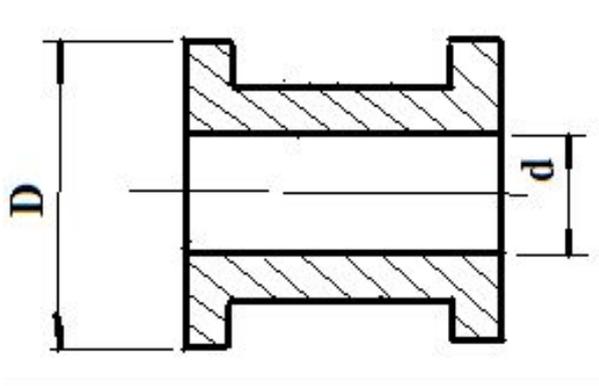
*1.3. Детали, имеющие внутренние полости и конфигурацию наружной поверхности, мешающую извлечению поковки из штампа.*

При выборе расположения поковки в штампе (плашмя или в торец) руководствуются принципом уменьшения объема последующей механической обработки. Для этого рассчитывается объем напусков при штамповке плашмя или в торец.

Если  $V1 > V2$ , назначается штамповка плашмя.

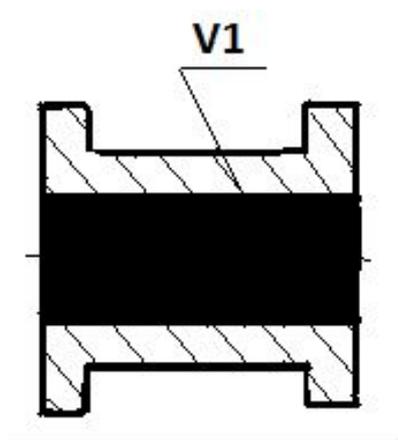
При  $V1 < V2$  – штамповка в торец.

Если  $V1 = V2$ , назначается штамповка плашмя, т.к. при равных объемах последующей механической обработки после штамповки в торец необходима дополнительная операция по пробивке перемычки-пленки, что увеличивает себестоимость изделия.



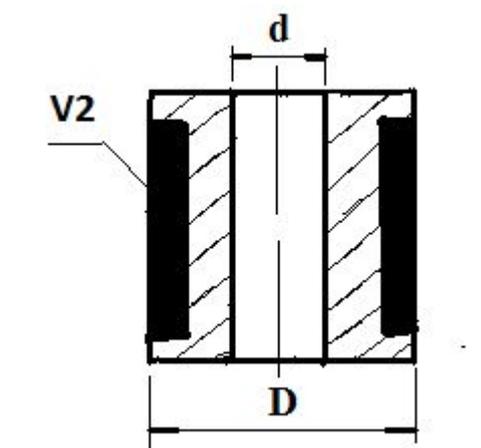
**Конструкция детали.**

Один из фланцев мешает извлечению поковки из штампа при штамповке в торец



**Расположение изделия при штамповке плашмя.**

$V1$  – объем напуска при штамповке плашмя.



**Расположение изделия при штамповке в торец.**

$V2$  – объем напуска при штамповке в торец

## **2. Назначить напуски (если это необходимо) .**

Напуски назначаются на тех участках поковки, где невозможно или нетехнологично изготавливать их по контуру:

- а - отверстия диаметром менее 30 мм на поковках не выполняются; на них назначаются напуски, а отверстия высверливаются при механической обработке поковки;
- б – если наружная или внутренняя поверхности детали имеет выступающие части, мешающие извлечению поковки из штампа.

## **3. Назначить припуск на механическую обработку Пм.**

Припуск — слой металла, который удаляется с поверхности отливки для обеспечения требуемой размерной точности и шероховатости поверхности детали.

Минимальная величина припуска определяется глубиной дефектного слоя, а также технологией последующей механической обработки.

Пм назначаются на поверхности, имеющие на чертеже детали знак  $\surd$ , отдельно с каждой стороны размера, а величина каждого из них не зависит от наличия и величины Пм с противоположной стороны.

Пм выбирается по массе поковки и конкретному размеру (Табл. 1). Т.к. масса поковки неизвестна, для выбора припусков принимается  $M_{п} = 1,3 \times M_{д}$ , где  $M_{п}$  – масса поковки;  $M_{д}$  – масса детали. Расчет  $M_{д}$  предполагает условное разбиение детали на части, объём  $V$  которых рассчитывается по стандартным формулам:

- для цилиндра  $V = \pi \times D^2 \times H / 4$ , - для усечённого конуса  $V = (D^2 + d^2 + D \times d) \times \pi \times H / 12$ ,

- для параллелепипеда:  $V = B \times H \times L$ , - для шара:  $V = \pi \times D^3 / 6$

(где  $D, d$  - наибольший и наименьший диаметры усеченного конуса, см;  $D$  – диаметр цилиндра и шара, см;  $H$  – высота, см;  $B$  – ширина, см;  $L$  – длина, см)

Масса детали рассчитывается по зависимости  $M_d = (V_d \times \gamma) / 1000$ , где  $M_d$  масса поковки, кг;  $V_d$  – объем детали ( $V_d = \sum V$ ),  $см^3$ ;  $\gamma$  - плотность стали,  $г/см^3$  ( $\gamma=7,8 г/см^3$ ).

**Табл. 1**

Масса поковки $M_{п}$ кг	Номинальный размер детали, на который определяется припуск на механическую обработку $P_m$ , мм (припуск на одну сторону)					
	$\leq 50$	$>50 \leq 120$	$>120 \leq 180$	$>180 \leq 260$	$>260 \leq 360$	$>360 \leq 500$
	Штамповка на прессах					
$M_{п} \leq 0,25$	0,9	1	1,2	1,3	1,5	-
$0,25 < M_{п} \leq 0,63$	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0
$0,63 < M_{п} \leq 1,60$	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2
$1,60 < M_{п} \leq 2,50$	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4
$2,50 < M_{п} \leq 4,00$	1,7	1,8	2	2,1	2,3	2,6
$4,00 < M_{п} \leq 6,30$	1,9	2	2,2	2,3	2,5	2,8
$6,30 < M_{п} \leq 10,0$	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	3,0
$10,0 < M_{п} \leq 16,0$	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,2
$16,0 < M_{п} \leq 25,0$	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4
$25,0 < M_{п} \leq 40,0$	2,7	2,8	3,0	3,1	3,3	3,6
$M_{п}$ , кг	Штамповка на молотах					
$6,30 < M_{п} \leq 10,0$	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2
$10,0 < M_{п} \leq 16,0$	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4
$16,0 < M_{п} \leq 25,0$	2,7	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6
$25,0 < M_{п} \leq 40,0$	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8
$40,0 < M_{п} \leq 63,0$	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1
$63,0 < M_{п} \leq 100$	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6
$100 < M_{п} \leq 125$	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9
$125 < M_{п} \leq 160$	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3
$160 < M_{п} \leq 200$	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0

#### ***4. Выбрать оборудование для штамповки.***

Горячая объемная штамповка выполняется на молотах и прессах.

На молотах (механизмах ударного действия) штампуются пластичные материалы (низкоуглеродистые и низколегированные стали). Поковки изготавливаются с самыми низкими классами точности.

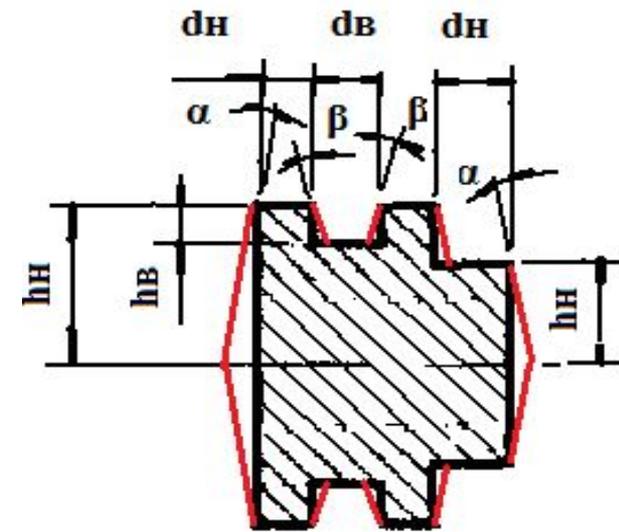
При штамповке на прессах (механизмы статического действия) наиболее часто используются кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП). Этот способ позволяет штамповать малопластичные материалы (средне- и высокоуглеродистые стали, средне- и высоколегированные стали). Поковки, полученные на прессах, характеризуются высокой точностью, которая достигается за счет снижения припусков на механическую обработку. В результате себестоимость поковок снижается на 10...30 % по сравнению со штамповкой на молотах. Жесткость конструкции прессы позволяет исключить относительный сдвиг частей штампа.

#### ***5. Выбрать штамповочные уклоны.***

Штамповочные уклоны облегчают извлечение поковки из штампа. По расположению поверхности различают наружные и внутренние уклоны (рис. 10, рис. 11). Уклон  $\alpha$  на наружной поверхности поковки меньше уклона  $\beta$  на внутренней. Это связано с различными условиями охлаждения наружной и внутренней поверхности. Глубина полости штампа характеризуется отношением глубины штампа к его ширине  $h/d$  (рис. 10, рис. 11). Штамповочные уклоны имеют стандартные значения, так как при изготовлении штампов полости фрезеруют стандартным набором инструмента. Ориентировочно уклоны выбираются по **табл. (на следующем слайде)**.

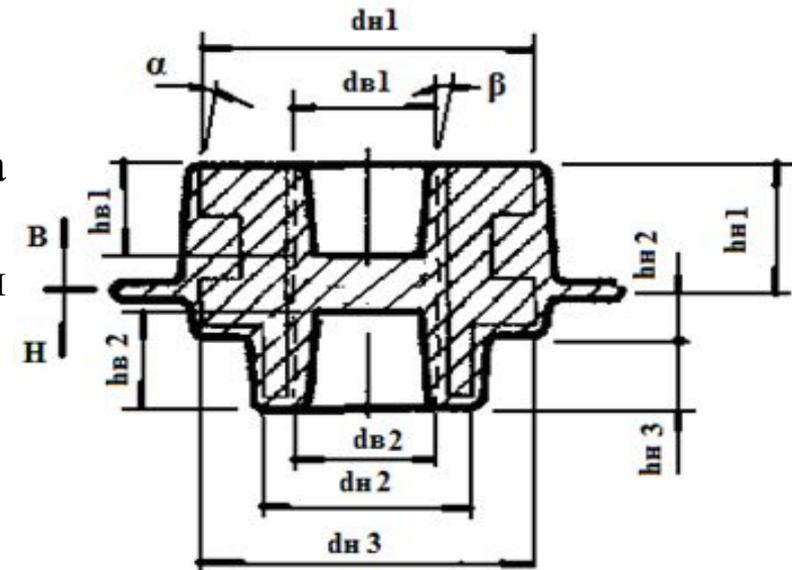
## Наружные и внутренние уклоны при штамповке плашмя

$h_n$  и  $d_n$  – соответственно глубина и ширина полости штампа наружной поверхности заготовки;  
 $h_b$  и  $d_b$  – соответственно глубина и ширина полости штампа внутренней поверхности заготовки;  
 $\alpha$  – уклон на наружной поверхности поковки;  
 $\beta$  – уклона на внутренней поверхности поковки.



## Наружные и внутренние уклоны при штамповке в торец

$h_n$  и  $d_n$  – соответственно глубина и ширина полости штампа наружной поверхности заготовки;  
 $h_b$  и  $d_b$  – соответственно глубина и ширина полости штампа внутренней поверхности заготовки;  
 $\alpha$  – уклон на наружной поверхности поковки;  
 $\beta$  – уклона на внутренней поверхности поковки.  
 КГШП – кривошипные горячештамповочные прессы



Относительная глубина полости штампа $h_n/d_n$ или $h_b/d_b$	Молотовый штамп		Штамп для КГШП	
	$\alpha^\circ$	$\beta^\circ$	$\alpha^\circ$	$\beta^\circ$
$\leq 1$	3	5	1	3
$>1 \leq 2,5$	5	7	2	5
$>2,5$	7	10	3	7

## 6. Назначить радиусы закруглений.

Радиусы закруглений облегчают извлечение поковки из штампа, снижают вероятность образования концентраторов напряжений в острых участках изделия и, следовательно, вероятность появления в этих участках трещин при изготовлении поковки, а также увеличивают стойкость штампов.

Различают радиусы закругления (рис.):

- наружные (на выступающих частях поковки);
- внутренние (во впадинах и углублениях).

Радиусы закруглений назначают как ближайшее значение из следующего ряда чисел: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30

С целью снижения трудоемкости изготовления штампов из полученных величин наружных и внутренних радиусов выбирается одно минимальное значение наружного радиуса закругления и одно минимальное значение внутреннего радиуса закругления, которые являются действительными радиусами закруглений поковки.

**R** – наружные радиусы закруглений;

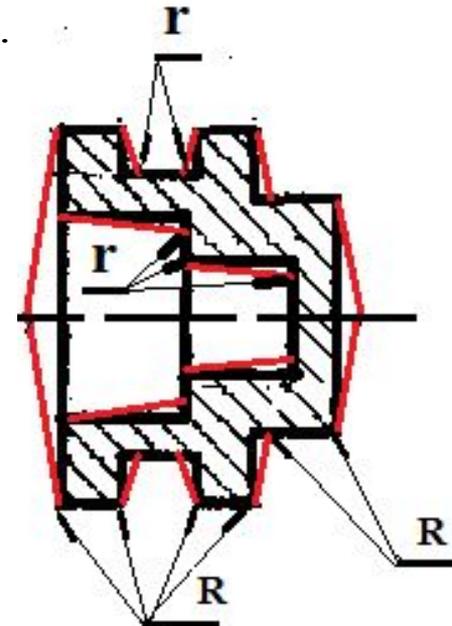
**Г** – внутренние радиусы закруглений.

Наружные радиусы закруглений  $R = (Пм + 0,75)$  мм, где: **R** – величина наружного радиуса закругления, мм; **Пм** – припуски на механическую обработку, мм (см. табл. 1).

Внутренние радиусы закруглений  $Г = 2 \times R$ , мм.

Для упрощения расчетов принимается

$$R = Г = 3 \text{ мм}$$



## 7. Назначить температурные интервалы горячей обработки сплавов давлением.

Температуры нагрева должны лежать в определенном интервале.

Слишком низкие температуры нагрева вызывают упрочнение (наклеп) металла. **Упрочнение (наклеп)** – явление снижения запаса пластичности материала вследствие искажения кристаллической решетки и изменения формы зерен металла под действием силового инструмента (штампа).

Высокие температуры нагрева вызывают перегрев и пережог.

**Перегрев** характеризуется резким ростом размеров зерна, обуславливающим снижение пластичности металла. Его последствия можно исправить отжигом.

**Пережог** возникает при более высоких температурах и характеризуется окислением и оплавлением границ зерен, что нарушает связь между ними. Неисправимый брак.

Температурный интервал, расположенный между оптимальными температурами начала и конца горячей обработки материала, называется *температурным интервалом горячей обработки давлением*. Этот интервал находится в области максимальной пластичности конкретного материала.

Температурный интервал горячей обработки давлением для углеродистых и легированных сталей приведен в **табл. 3**.

Сплав	Температурный интервал, °С	
	Начало обработки	Конец обработки
Углеродистые стали	1180	870
Легированные стали	1080	820

Табл. 3

## **8. Рассчитать КИМз**

В себестоимости изготовления детали около 60% составляют затраты на материал. Объем механической обработки, связанной с получением детали, оценивается коэффициентом использования металла заготовки – КИМз. Чем больше КИМз, тем меньше расход металла, удаляемого в отход при механической обработке заготовки.

$$\text{КИМз} = M_{\text{детали}} / M_{\text{поковки}} = V_{\text{детали}} / V_{\text{поковки}}.$$

Vпоковки отличается от объема детали на величину штамповочных уклонов, припусков на механическую обработку, радиусов скруглений и напусков.

Объем металла, приходящегося на радиусы скруглений пересекающихся поверхностей, рассчитывается как половина объема усеченного конуса, образующая которого проходит через места сопряжения радиуса с пересекающимися поверхностями.

## **9. Определить относительный показатель технологичности конструкции поковки (Тп), получаемой горячей объемной штамповкой в открытых штампах**

При анализе на технологичность заполняется табл. на следующем слайде. При этом знак «0» означает, что требования технологичности не характерны для данной конструкции поковки; «—» - требование технологичности не выполняется; «+» - требование технологичности выполняется. Далее рассчитывается относительный показатель технологичности конструкции поковки Тп.

$$T_n = n / N_0, \text{ где:}$$

Тп – относительный показатель технологичности конструкции поковки; n – сумма выполняемых требований технологичности  $n = (\sum \langle + \rangle)$ ;  $N_0 = (N - \sum \langle 0 \rangle)$ , где:

N – общее количество требований технологичности (N = 9);  $\sum \langle 0 \rangle$  - сумма требований технологичности, не характерных для данной конструкции поковки.

# Анализ технологичности конструкции поковки, получаемой горячей объемной штамповкой в открытых штампах

(см. Таблица требования технологичности при изготовлении поковок)

Требования	N	Признаки технологичности	Оценка признака («+» ; «0» ; «—»)
<b>К конструкции поковки</b>	1	Отсутствие выступающих частей, мешающих удалению поковок из полости штампа	
	2	Наличие конструктивных уклонов, перпендикулярных плоскости разъема штампа	
	3	Наличие плавных переходов между сопрягаемыми и пересекающимися поверхностями.	
	4	Наличие и оптимальные размеры перемычек - пленок в поковках, полученных ГОШ в открытых штампах	
	5	Отсутствие отверстий малого диаметра ( $d < 30$ мм).	
<b>К плоскости разъема штампа</b>	6	Плоский разъем штампа	
	7	Минимальное количество плоскостей разъема штампа	
	8	Плоскость разъема штампа пересекает большую по объему вертикальную поверхность изделия.	
	9	Расположение плоскости разъема штампа облегчает удаление поковки из штампа в результате наличия естественных уклонов поковки (уклонов, соответствующих уклонам детали).	

## **10. Разработать эскиз поковки**

Эскиз поковки разрабатывается по эскизу детали

Эскиз поковки выполняется с указанием размеров поковки, припусков на механическую обработку, напусков, штамповочных уклонов и радиусов скруглений.

Штамповочные уклоны и радиусы скруглений на эскизе поковки наносятся сплошной тонкой линией. Углы наклона уклонов указывают в градусах (рис. 17 и рис. 23).

### **Содержание домашнего задания**

1. Расчетная часть.
2. Заполненная таблица с указанием температурного интервала горячей обработки давлением (табл. 3) с указанием цели предварительного нагрева штампуемой исходной заготовки и описанием явлений, возникающие в металле при нарушении температурных режимов нагрева.
3. Схемы штамповки плашмя или в торец (рис. 13 или рис. 18) с обозначением позиций и указанием назначения элементов, с указанием температурного интервала горячей обработки давлением для конкретной марки стали (указать марку) и значений КИМз и Тп.
4. Эскиз поковки после штамповки с указанием напусков, штамповочных уклонов, радиусов скруглений, припусков на механическую обработку (рис. 14 и рис. 19).
5. Схемы обрезки заусенца (рис. 15 рис. 20) и (или) пробивки перемычки-пленки для полых деталей (рис. 21) с обозначением позиций и указанием назначения элементов.
6. Эскиз детали (рис. 16 или рис. 22) с указанием размеров, обрабатываемых поверхностей, марки стали.
7. Эскиз поковки, поступающей на механическую обработку (рис. 17 или рис. 23).
8. Заполненная таблица анализа технологичности конструкции поковки, получаемой горячей объемной штамповкой в открытых штампах (табл. 4)

КИМЗ =  
 Тп =  
 Рис. 13.  
 Штамповка  
 плашмя

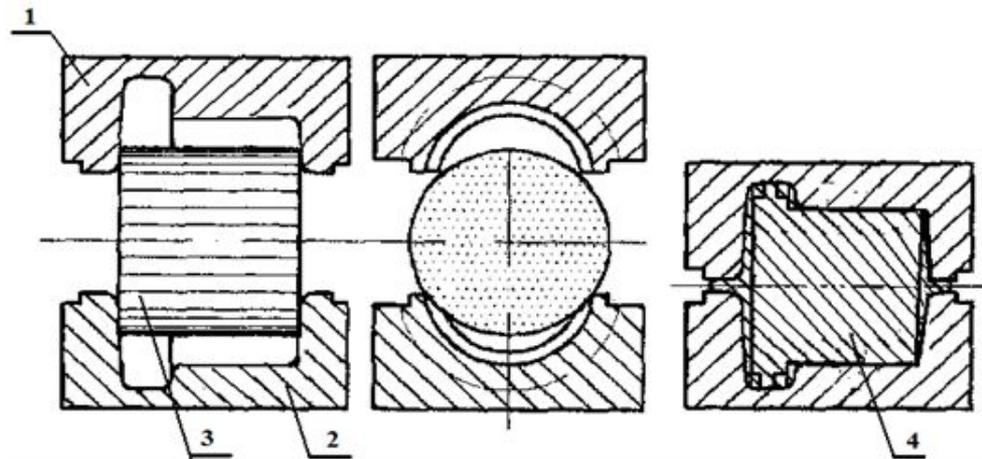


Рис. 14  
 Поковка  
 после  
 штамповки

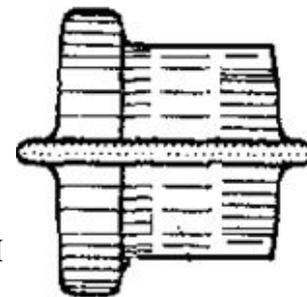
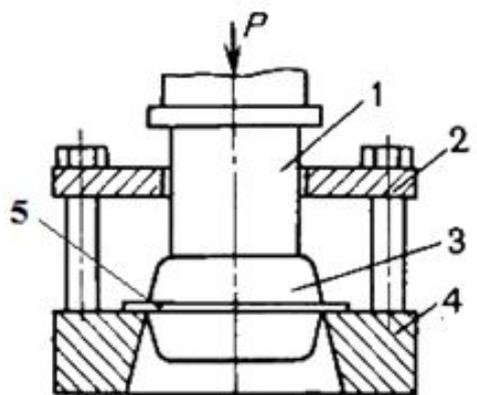


Рис. 15.  
 Обрубка  
 заусенца



Материал  
 (указать  
 марку стали)  
 Рис. 16  
 Эскиз  
 детали

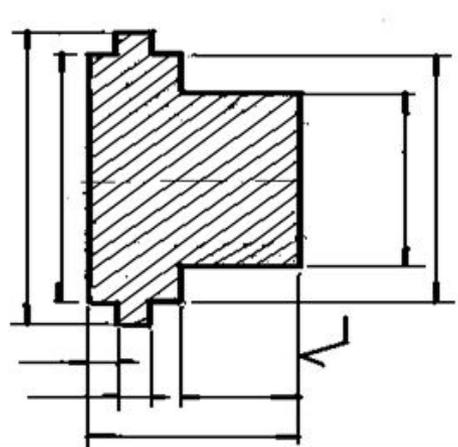
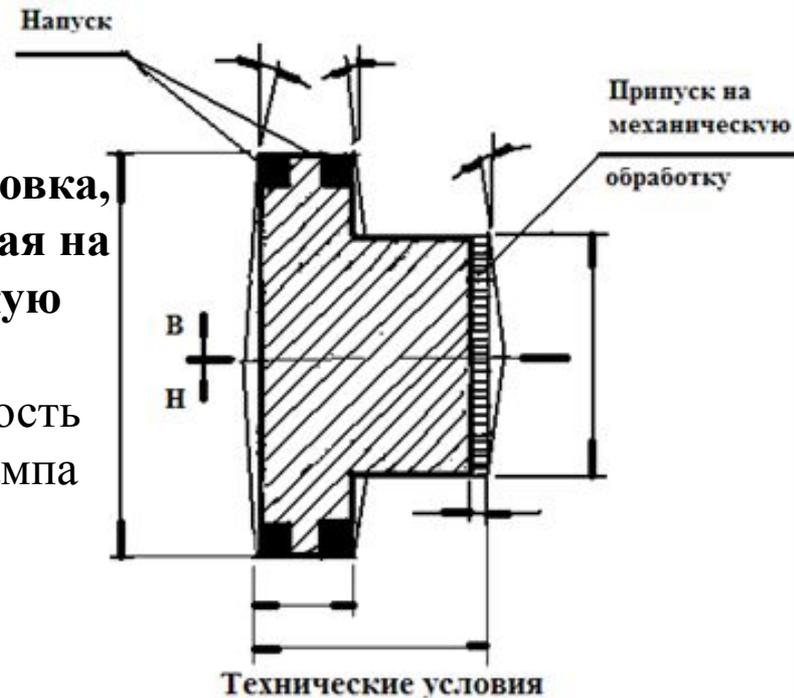


Рис. 17 Поковка,  
 поступающая на  
 механическую  
 обработку  
 В, Н – плоскость  
 разъема штампа



Технические условия  
 Неуказанные штамповочные радиусы R=3 мм

КИМз =  
 Тп =  
 Рис. 18.  
 Штамповка  
 в торец

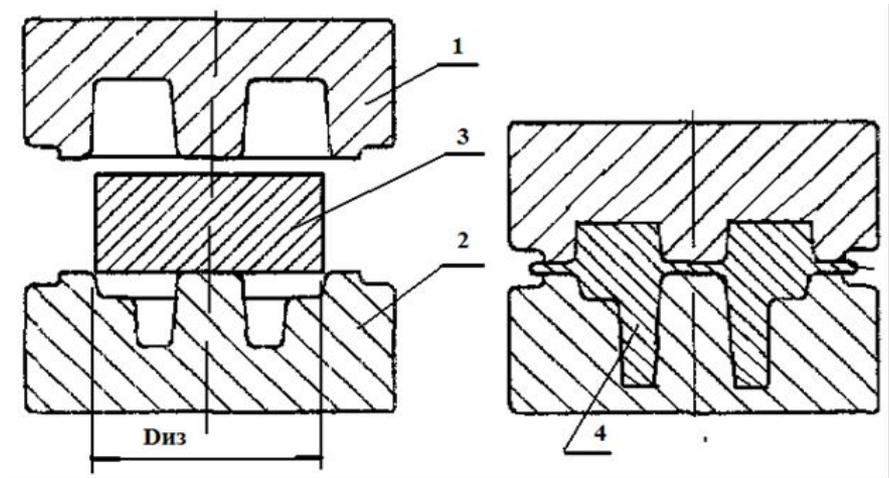


Рис. 19  
 Поковка  
 после  
 штамповки

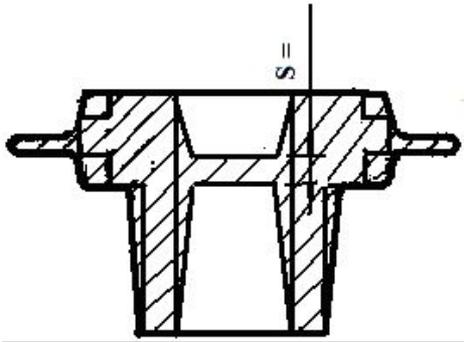


Рис. 20.  
 Обрубка  
 заусенца

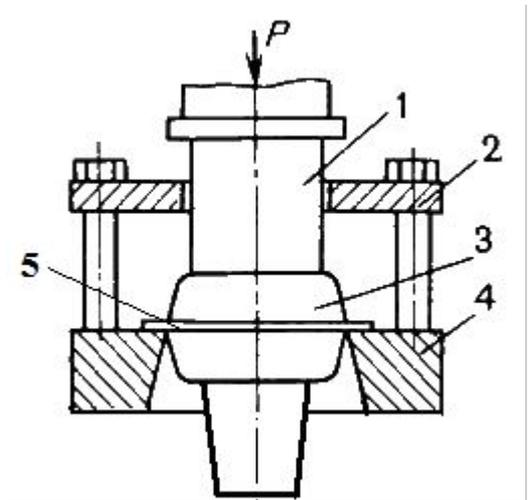
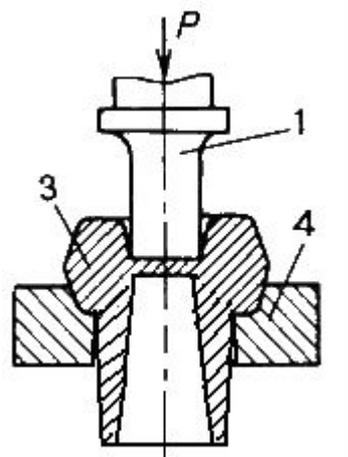
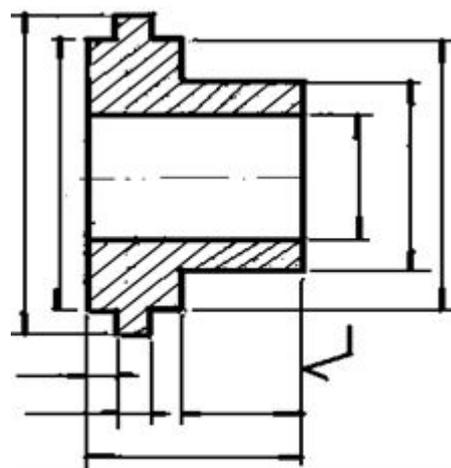


Рис. 21.  
 Пробивка  
 перемычки-  
 пленки



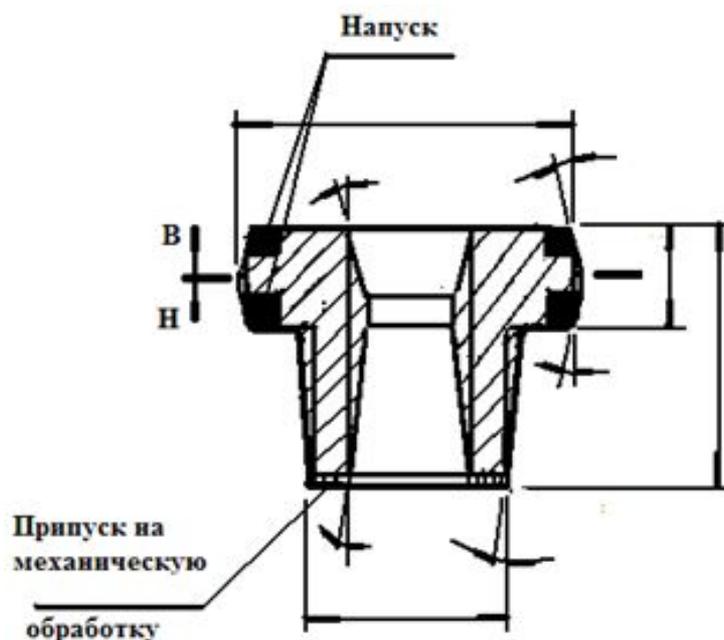
**Материал**  
(указать марку стали)

**Рис. 22 Эскиз детали**



**Рис. 23 Поковка,**  
поступающая на  
механическую  
обработку

В, Н – плоскость разъема  
штампа



Технические условия

Неуказанные штамповочные радиусы  $R=3\text{ мм}$

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана

Кафедра «Технологии обработки материалов»

Дисциплина «Технология конструкционных материалов»

Домашнее задание № 1-2  
«Технология изготовления поковки»

Выполнил: студент гр. МТ 1-42  
Иванов И.И.

Проверил: д.т.н., профессор  
Кононенко А.С.

Москва - 2015