

**«Штамповка»**

## Штамповка

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

- осуществляется как в горячем (горячая объемная штамповка), так и в холодном (холодная объемная и листовая штамповка) состояниях.

### I. Горячая объемная штамповка (ГОШ)

- штамповка нагретой ( $T_{\text{нагр}} \geq 0,3 T_{\text{пл}}$ ) заготовки

**Исходная заготовка** - прокат круглого, квадратного, прямоугольного или периодического сечения.

**Оборудование:** паровоздушные молоты, кривошипные гидравлические и механические прессы, горизонтально – ковочные машины (ГКМ).

**Инструмент:** одноручьевые и многоручьевые открытые и закрытые штампы, пуансон и матрица для ГКМ.

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

Эта формирующая поковку полость штампа называется ручьем.

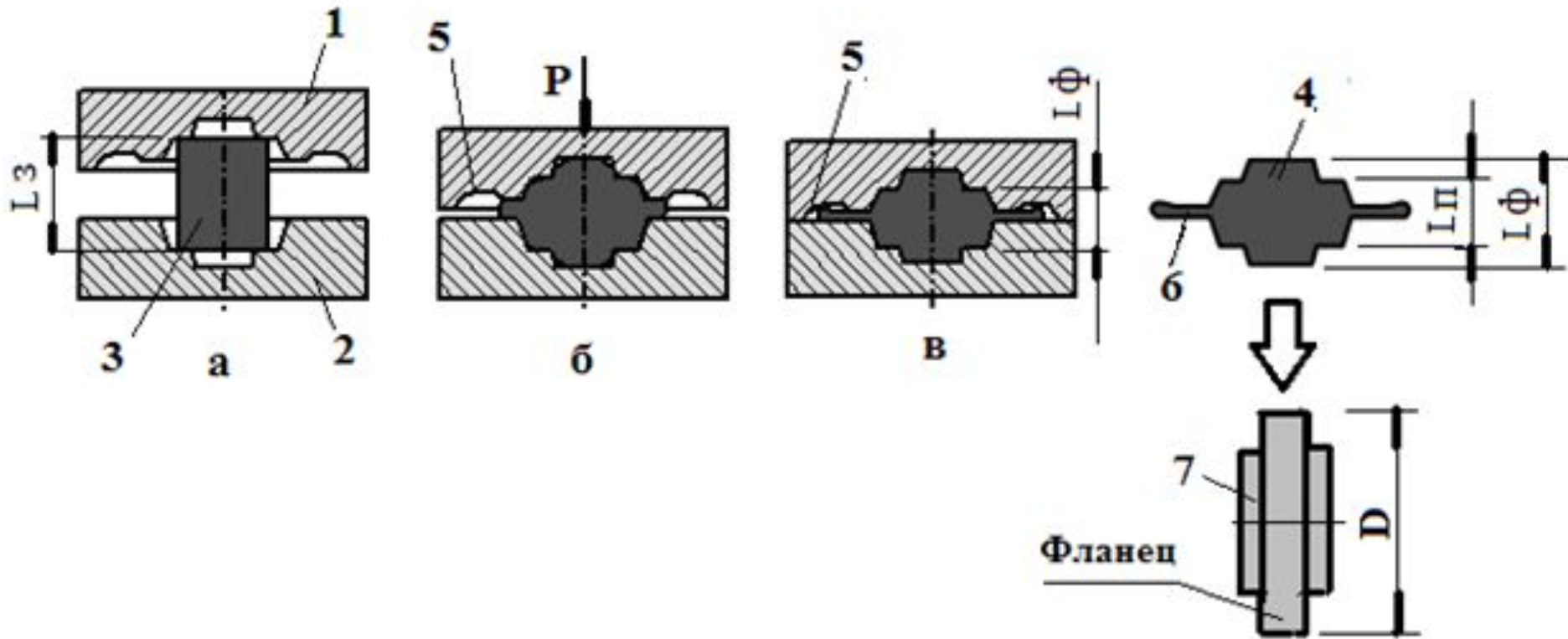
**Изделие**, полученное в результате ГОШ называется *штампованной поковкой*

По степени ограничения бокового течения металла различают штамповку в открытых и закрытых штампах.

По количеству ручьев – штамповка в одноручьевых и многоручьевых штампах.

# Технология горячей объемной штамповки (ГОШ)

## 1. Штамповка в односторонних открытых штампах.



1 и 2 – верхняя и нижняя половины штампа; 3 – заготовка; 4 – поковка;  
5 – облойная канавка; 6 – облой (заусенец); 7 – деталь после мех. обработки;  
 $L_ф$  – высота фланца поковки;  $L_3$  и  $L_п$  – высота заготовки и поковки;  
 $D$  – наружный диаметр детали.

**Штамповка в открытом штампе** характеризуется зазором между штампами.

В момент окончания штамповки половины штампа смыкаются (доштамповка), и излишек металла вытесняется в облойную канавку.

**Облой** – излишек металла заготовки, вытесняемый в результате штамповки за пределы формообразующей полости штампа.

Поковка имеет припуски на мех. обработку (Пм), штамповочные уклоны, облой, которые удаляются обработкой.

Скорость подвижного штампа при доштамповке (на заключительном этапе) наименьшая, что предотвращает разрушение и быстрый износ его частей.

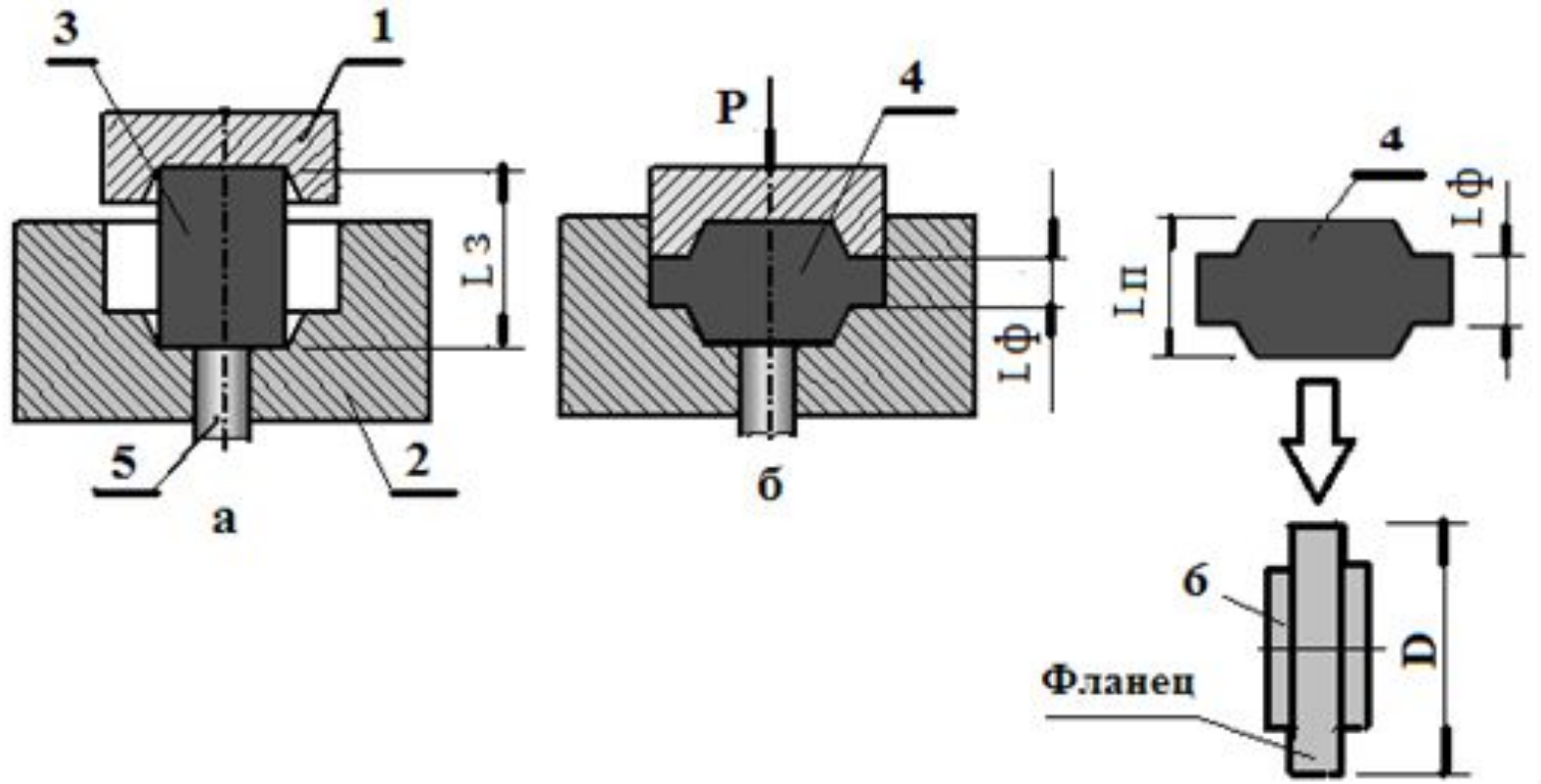
### ***Преимущества:***

1. Не требуется точное соответствие масс заготовки и поковки
2. Получают поковки любых типов.

### ***Недостатки:***

1. Перерасход металла из-за облоя
2. Увеличение объема мех. обработки поковки

## 2. Штамповка в одноручьевых закрытых штампах



а – исходное положение; б – штамповка;

1 и 2 – верхняя и нижняя половины штампа; 3 – заготовка; 4 – поковка; 5 – выталкиватель; 6 – деталь после мех. обработки;

$L_п$  – высота штамповонной поковки;  $L_ф$  – высота фланца штамповонной поковки;  $D$  – наружный диаметр детали.

**Штамповка в закрытом штампе (безоблойная штамповка)** – обрабатываемый материал не имеет возможности истечения за пределы формообразующей полости штампа.

Поковка имеет Пм, штамповочные уклоны, которые удаляются мех. обработкой.

***Преимущества:***

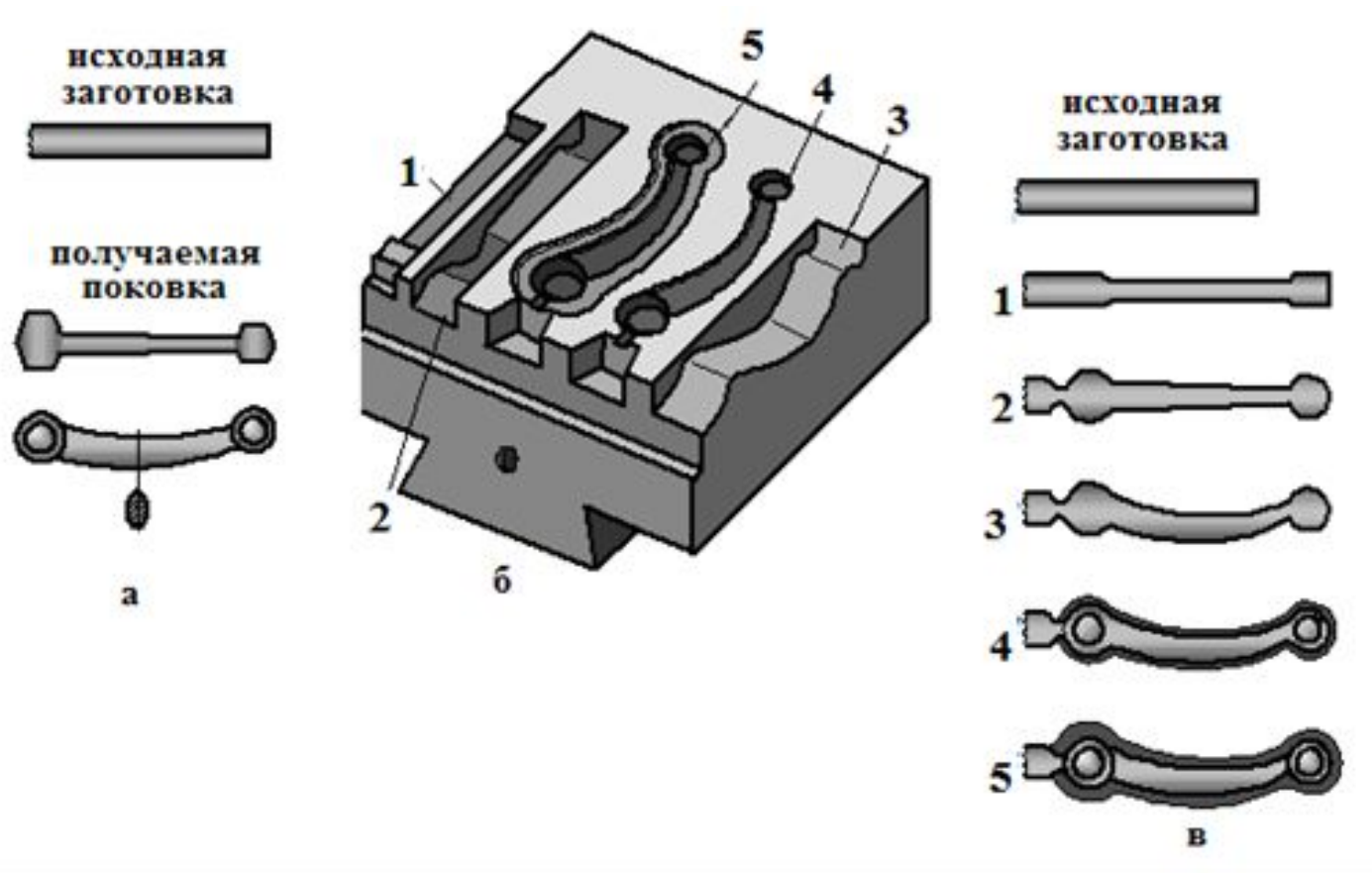
1. Экономия металла – отсутствие облоя.
2. Уменьшение объема последующей обработки поковки

***Недостатки:***

1. Точное соответствие масс заготовки и поковки.
2. Износ штампов в местах их касания.
3. Заклинивание штампов
4. Нужны выталкивающие устройства для извлечения поковки
5. Получают поковки типа тел вращения с постоянной площадью поперечного сечения по длине (нет зазора для излишков металла)

### 3. Штамповка в многоручьевых штампах

– изделие формируется в одном штампе, имеющем несколько ручьев, постепенно приближающихся по форме к заданной конфигурации штампованной поковки.



*а* – заготовка и поковка; *б* – многоручьевой штамп; *в* – переходы штамповки.  
1 – 4 – подготовительные ручки (*б*); 5 – окончательный ручей (*б*);  
1 - 4 – предварительная штамповка (*в*);  
5 – окончательная штамповка (*в*).

Обработка заготовки в одном ручье штампа называется *переходом*.

Предварительное формоизменение заготовки, приближающее её форму к окончательной, называется *фасонированием*.

Ручей, в котором производится фасонирование заготовки, называется *подготовительным (заготовительным)*.

Ручей, в котором производится окончательное формообразование изделия, называется *окончательным (чистовым)*.

**Преимущество:** повышает производительность (нет перемещения заготовки из одного штампа в другой).



## Дополнительные операции при ГОШ

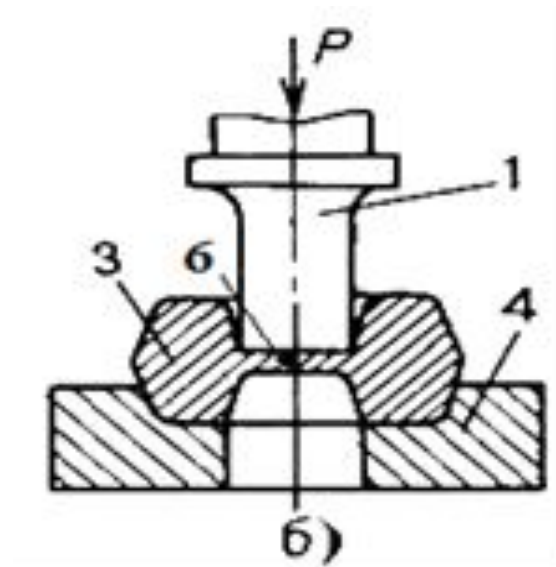
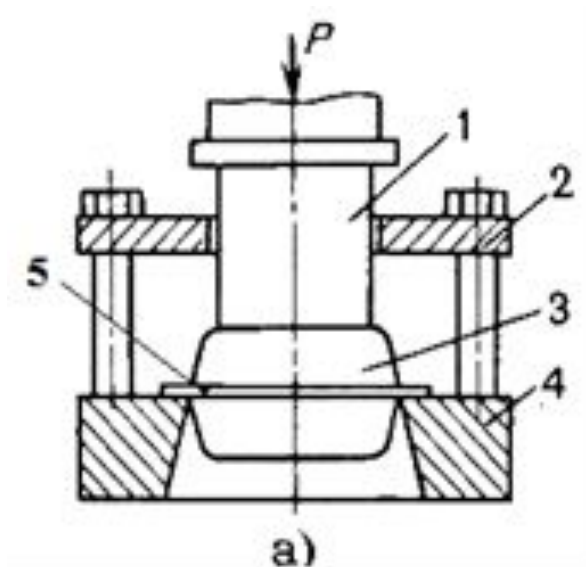
### 1. Отделочные операции ГОШ

(обрезка заусенца, пробивка перемычки-пленки, калибровка поковок)

#### 1.1. Обрезка заусенца (а) и пробивка перемычки-пленки (б)

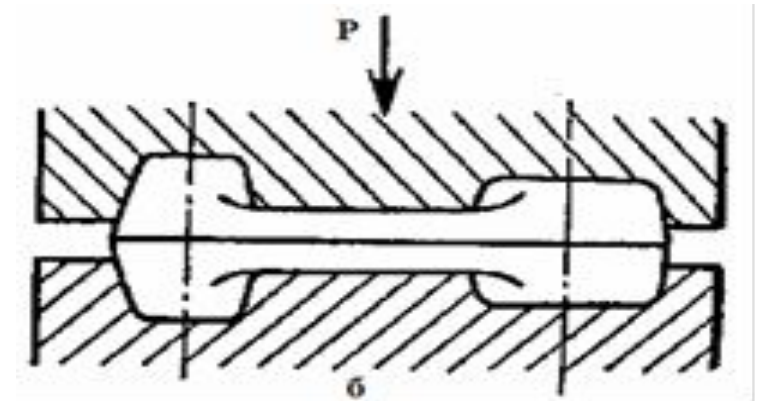
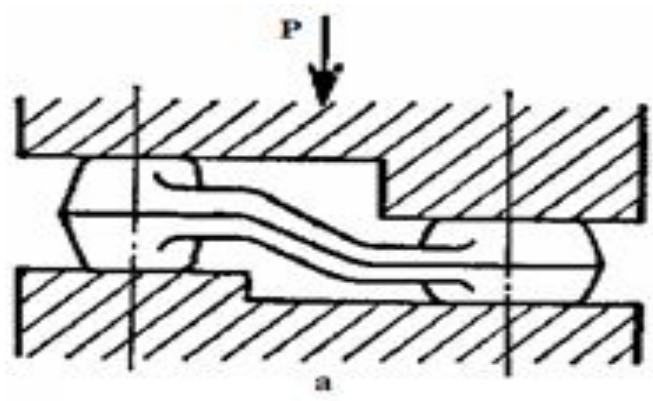
При нажатии пуансоном 1 на поковку 3 режущие кромки матрицы 4 срезают заусенец. Заусенец 5 (если он застревает на пуансоне) снимается с пуансона при его ходе вверх съемником 2 и удаляется в другую тару.

При пробивке перемычек-пленок для получения сквозных отверстий поковку 3 укладывают в матрицу 4 и с помощью пуансона 1 пробивают. Отход 6 (выдра) проваливается в отверстие матрицы и собирается в тару.



## 1.2. Калибровка поковок: поверхностная (а) и объемная (б)

Точность размеров – 0,05–0,25 мм – обработка резанием минимальна или исключается



*Плоскостная калибровка* сопровождается свободным течением металла в горизонтальном направлении и обеспечивает получение точных вертикальных размеров. Выполняется на калибровочных прессах.

При *объемной калибровке* боковые стенки ручья затрудняют течение металла в горизонтальном направлении. Выполняется на кривошипных горяче-штамповочных прессах в одноручьевом штампе.

**2. Очистка от окалины:** в очистных барабанах или на дробеструйных установках.

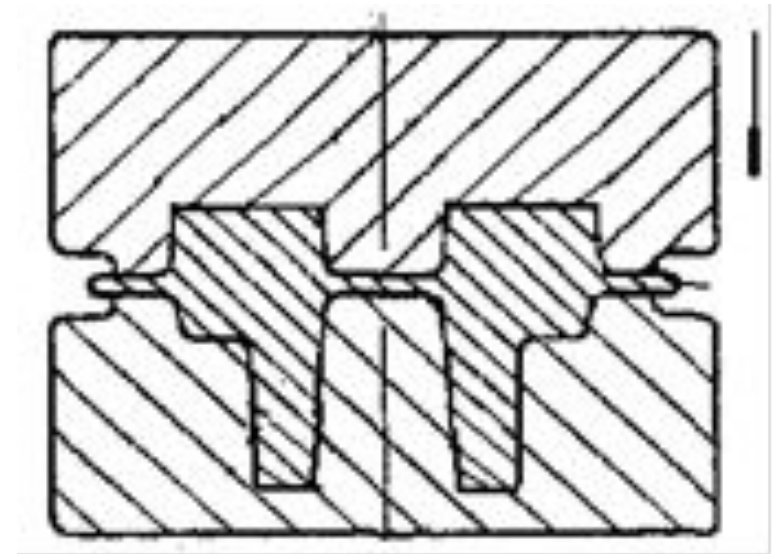
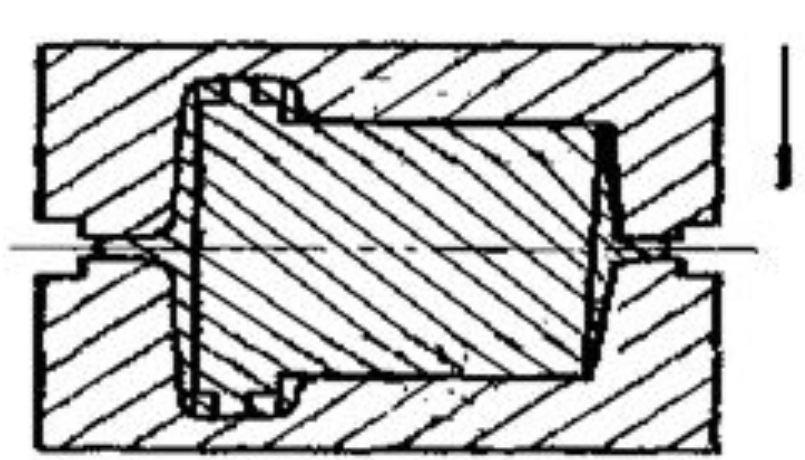
**3. Контроль качества:** Внешние дефекты – визуальным осмотром,  
внутренние – ультразвуковым или рентгеновским контролем.

В зависимости от формы поковок в плане штамповку выполняют плашмя или в торец.

Поковки удлиненной формы штампуют плашмя (перпендикулярно оси заготовки).

Поковки круглой или квадратной формы с примерно равными размерами штампуют в торец (вдоль оси исходной заготовки).

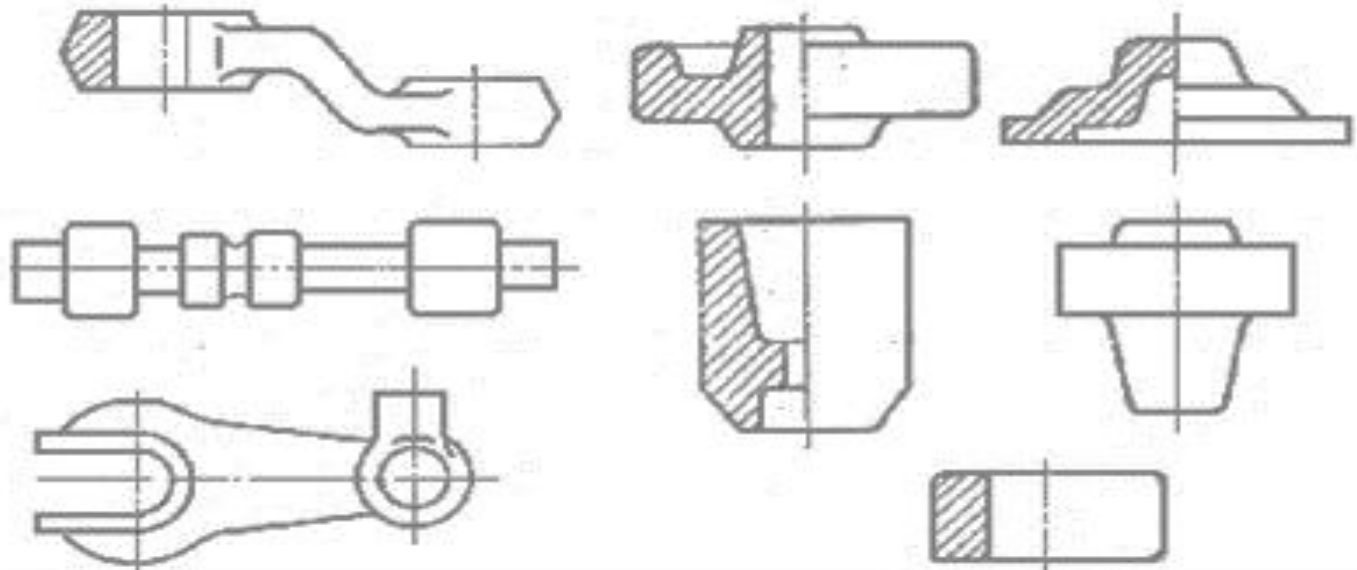
Штамповка плашмя и в торец выполняются как в закрытых, так и в открытых штампах.



## Продукция ГОШ в открытых и закрытых штампах

### **Продукция ГОШ:**

шестерни, диски,  
фланцы, ступицы,  
крышки, валы,  
рычаги, шатуны



### **Преимущества по сравнению с ковкой:**

1. Производительность в сотни раз выше;
2. В 3–4 раза меньшие допуски (до  $\pm 0,05$  мм) и припуски, лучшее качество поверхности;
3. Получение изделий сложной формы;
4. Простота работы штамповщика по сравнению с работой кузнеца.

### **Недостатки:**

1. Ограничение получаемых изделий по массе (до 3,5 т);
2. Большие силы деформирования (более мощное оборудование);
3. Высокая стоимость инструмента – штампа.

#### 4. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)

Применяются многоручьевые закрытые штампы.

1 – пруток;

2 и 5 – неподвижная и подвижная части матрицы;

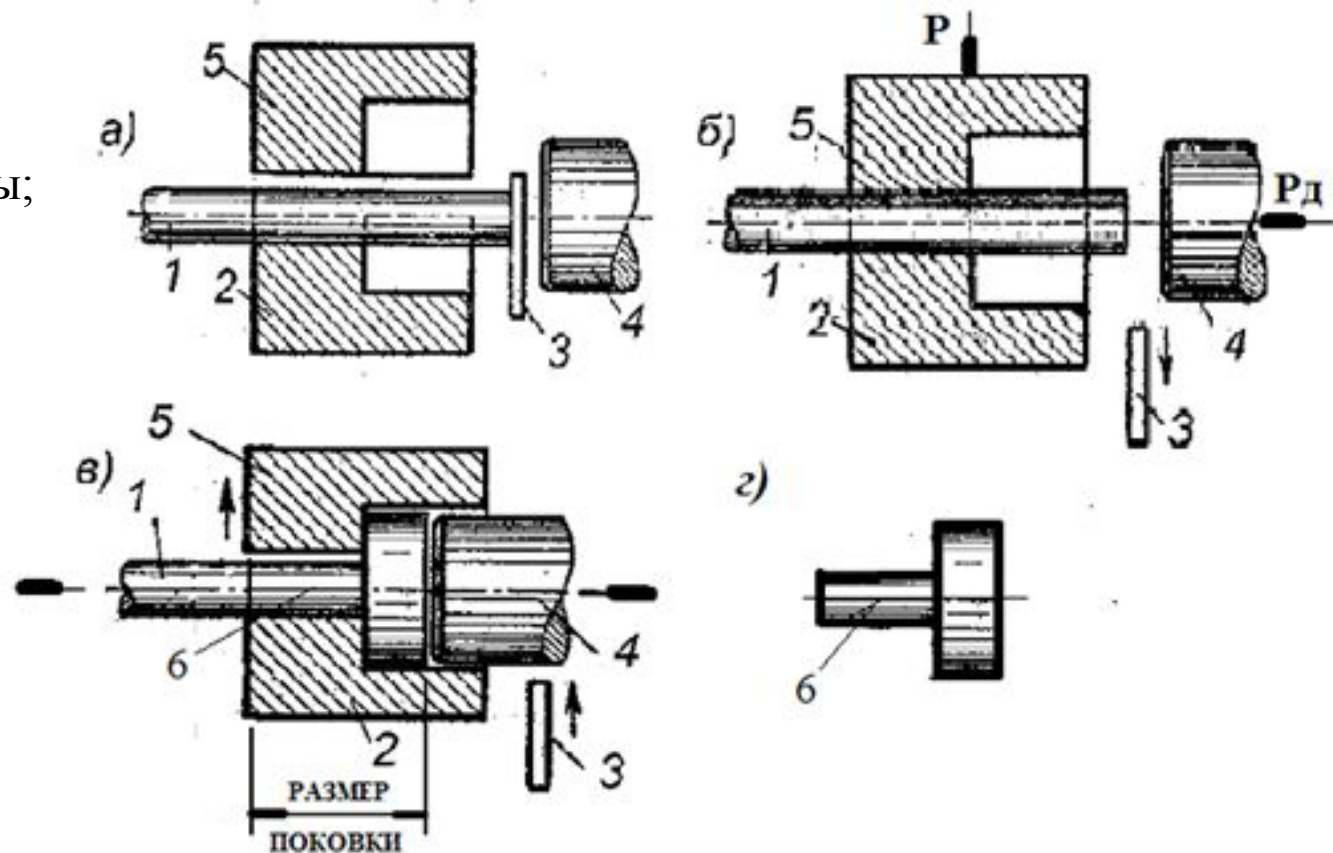
3 – упор;

4 – пуансон;

6 – поковка;

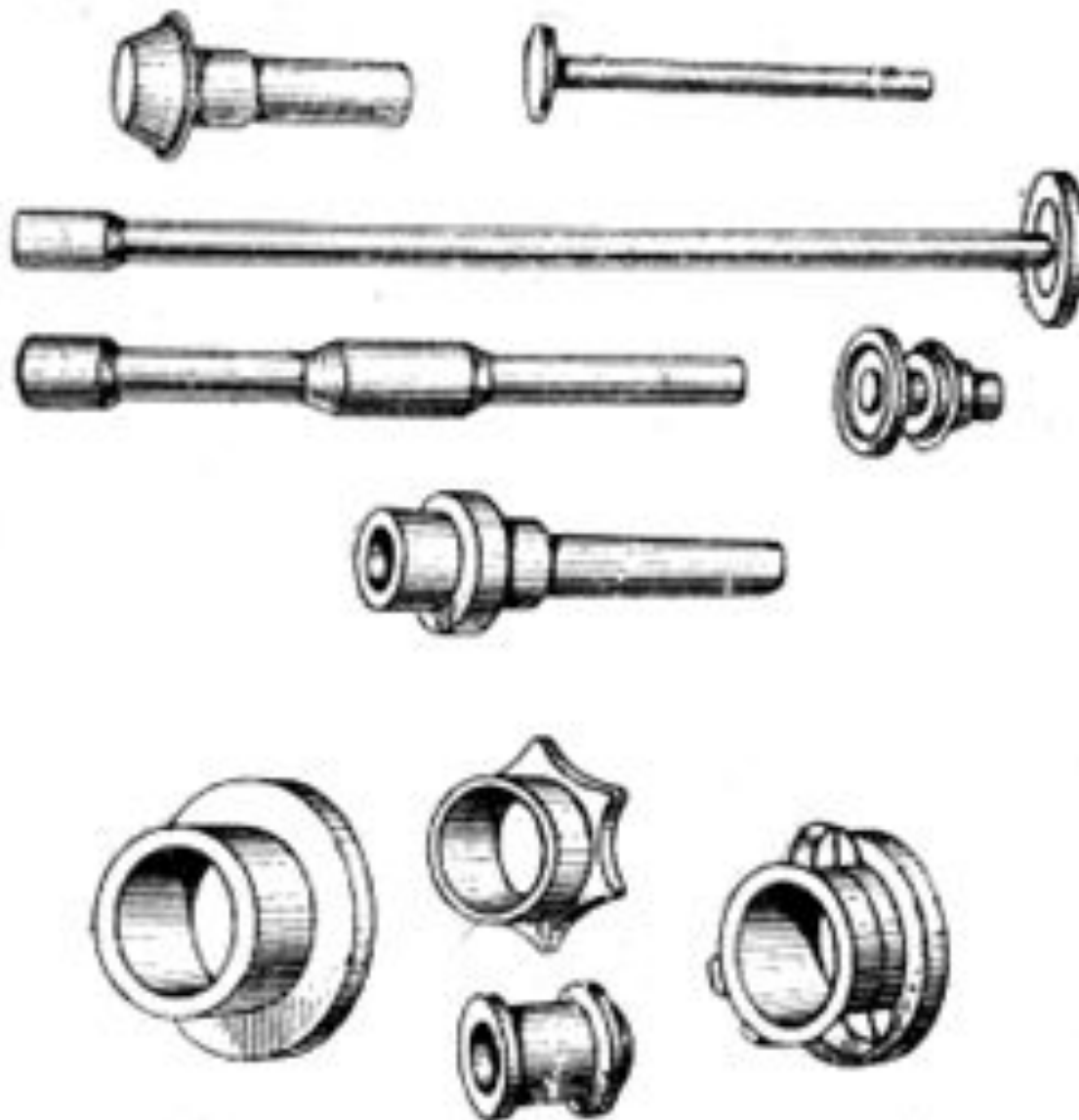
$P$  – усилие зажатия заготовки;

$P_d$  – усилие прессования;



Основная операция на ГКМ – высадка, часто сопровождающаяся прошивкой.

# Типовые поковки, получаемые штамповкой на ГКМ



## Поковки ролика, получаемые различными способами штамповки

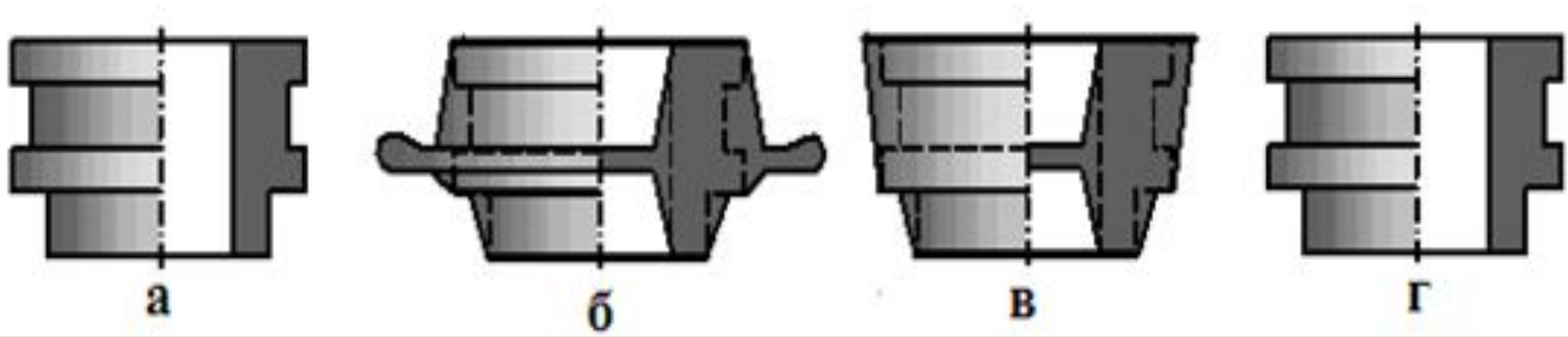
(показаны только напуски; припуски на механическую обработку условно не показаны)

*а* – изделие;

*б* – поковка в открытом штампе;

*в* – поковка в закрытом штампе;

*г* – поковка в закрытом штампе с двумя плоскостями разъёма на ГКМ



### **Преимущества:**

1. Высокая производительность (сотни деталей в час),
2. Экономия металла (без заусенца), штамповочных уклонов, перемычек-пленок).

### **Недостатки:**

1. Ограниченная номенклатура изделий (ГКМ – только простые поковки);
2. Высокая стоимость ГКМ (в 1,5 раза выше, чем ГОШ)

# ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ ПРОКАТА И ПОКОВОК

**ДЕФЕКТЫ ПРОКАТА:** трещины, волосовины, плены, закаты.

*Трещины* образуются из-за недостаточного предварительного нагрева исходной заготовки

*Волосовины* появляются на поверхности проката в виде вытянутого волоса в тех местах, где были газовые пузыри, раковины.

*Плены* возникают при прокатке некачественных слитков.

*Закаты* - складки, получающиеся при несоблюдении технологии прокатки.

**ДЕФЕКТЫ ПОКОВОК:** забоины, недоштамповка, перекося.

*Забоины* или *вмятины* - образуются при неточной укладке заготовки в ручей штампа.

*Недоштамповка* - увеличение поковки по высоте из-за недостаточной деформации заготовки под действием инструмента.

*Перекося* или *смещение* – верхняя половина поковки смещается или перекашивается относительно нижней.



## **V.П. Холодная штамповка**

выполняется без предварительного нагрева исходной заготовки (холодная обработка) или с нагревом до температуры  $T_{нагр} < 0,3T_{пл}$  (полугорячая обработка).

Различают холодную объемную и холодную листовую штамповку.

### **1. Холодная объемная штамповка (ХОШ)**

Операции: холодное выдавливание, холодная высадка, холодная объемная формовка.

**1.1. Холодное выдавливание** - формообразование сплошных или полых изделий в результате пластического течения металла исходной заготовки из полости штампа через отверстия соответствующей формы.

Схема холодного выдавливания аналогична схеме прессования.

**Исходная заготовка** – заготовка, отрезанная от прутка или (реже) от листа.

**Оборудование:** кривошипные гидравлические и механические прессы.

**Инструмент:** пуансон и разъемные матрицы.

Матрицы выполняются разъемными для обеспечения извлечения из них полученного в результате выдавливания изделия.

Различают прямое, обратное, комбинированное и боковое выдавливание.

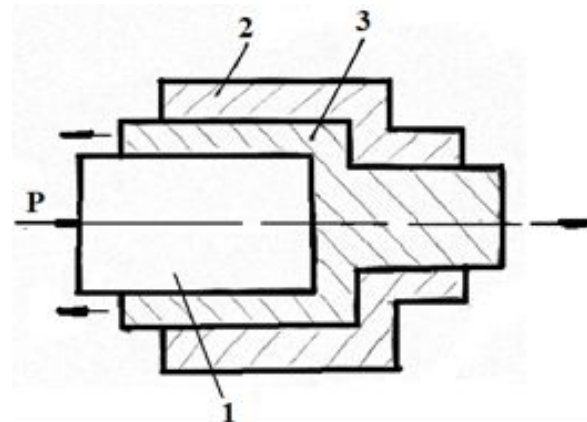
### ***А. Прямое и обратное выдавливание***

*При прямом выдавливании* металл течет из матрицы в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона (см. схему прямого прессования).

*При обратном выдавливании* металл течет в направлении, противоположном направлению движения пуансона (см. схему обратного прессования).

***Б. Комбинированное выдавливание*** – металл течет как в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона 1, так и в противоположном направлении:

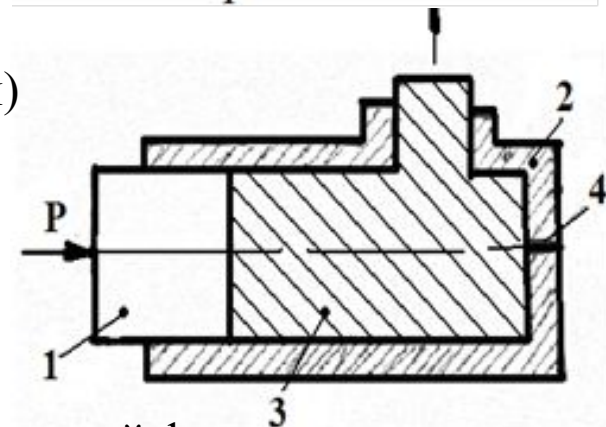
1 – пуансон; 2 – разборная матрица; 3 – обрабатываемый металл; Р – усилие выдавливания.



### ***В. Боковое выдавливание***

- металл течет в боковое отверстие (или несколько отверстий) матрицы под углом к направлению движения пуансона:

1 - пуансон; 2 – разборная матрица;  
3 – обрабатываемый металл; 4 – разъем матрицы;  
Р – усилие выдавливания.



***Продукция:*** сплошные и полые изделия в основном цилиндрической формы:

корпуса свечей зажигания; стержни с утолщением, трубки с фланцем, тройники

Точность размеров и шероховатость изделий те же, что после обработки резанием.

**1.2. Холодная высадка** – операция уменьшения части длины исходной заготовки с получением местного увеличения поперечных размеров.

**Исходная заготовка:** прутки, проволока.

**Оборудование:** холодновысадочные автоматы.

**Инструмент:** пуансон и матрица.

Процесс похож на штамповку на горизонтально - ковочных машинах.

**Получаемая продукция:** заклепки, болты, винты, гвозди и т.д.

**1.3. Холодная объемная формовка** – холодная штамповка в открытых штампах – обрабатывают пластичные металлы.

Металлы с пониженной пластичностью обрабатывают за несколько переходов. Между переходами иногда делают отжиг.

**Преимущества:**

1. Большая точность и лучшее качество поверхности по сравнению с обработкой давлением при высоких  $T$ .
2. Более высокая производительность

**Недостатки:**

Возможность обработки только пластичных металлов

## 2. ХОЛОДНАЯ ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА (ХЛШ)

Изделия имеют массу от долей грамма (секундная стрелка ручных часов) до десятков килограммов (облицовка автомобиля).

При ХЛП толщина изделия и заготовки незначительно отличается.

*Исходная заготовка - лист.*

Штамповка бывает тонколистовая (менее 4 мм) и толстолистовая (4...20 мм).

Металл толщиной более 15 мм штампуют в полугорячем состоянии

При ХЛШ различают разделительные и формоизменяющие операции.

## 2.1. Разделительные операции.: отрезка, вырубка, пробивка.

**2.1.1. Отрезка** – разделение исходной заготовки на части по контуру.

**Оборудование:** Листовые ножницы: параллельные (а), гильотинные (угол наклона режущих кромок  $1 \dots 5^\circ$ ) (б) и дисковые (в)

1 – подвижный нож;

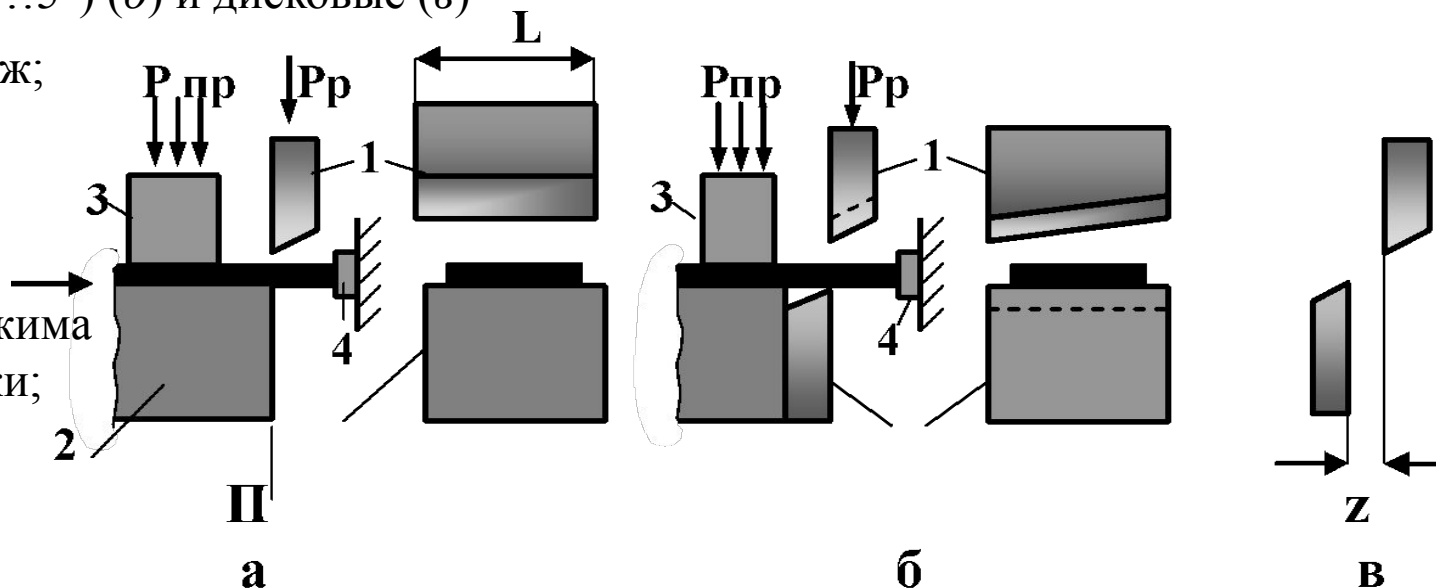
2 – опорный нож;

3 – прижим;

4 – упор;

$R_{пр}$  – усилие прижима  
исходной заготовки;

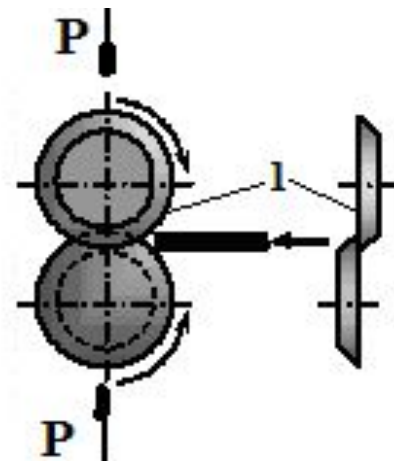
$R_p$  – усилие реза  
заготовки



Качество среза зависит от зазора  $Z$  между режущими кромками (в)  $Z = (0,03 \dots 0,05) S$ , где  $S$  - толщина листа, мм.

**Дисковые листовые ножницы:** 1 – вращающиеся ножи.

Для обеспечения захвата и подачи заготовки диаметр ножей должен быть в 30 – 50 раз больше толщины заготовки.



## 2.1.2. Вырубка и пробивка

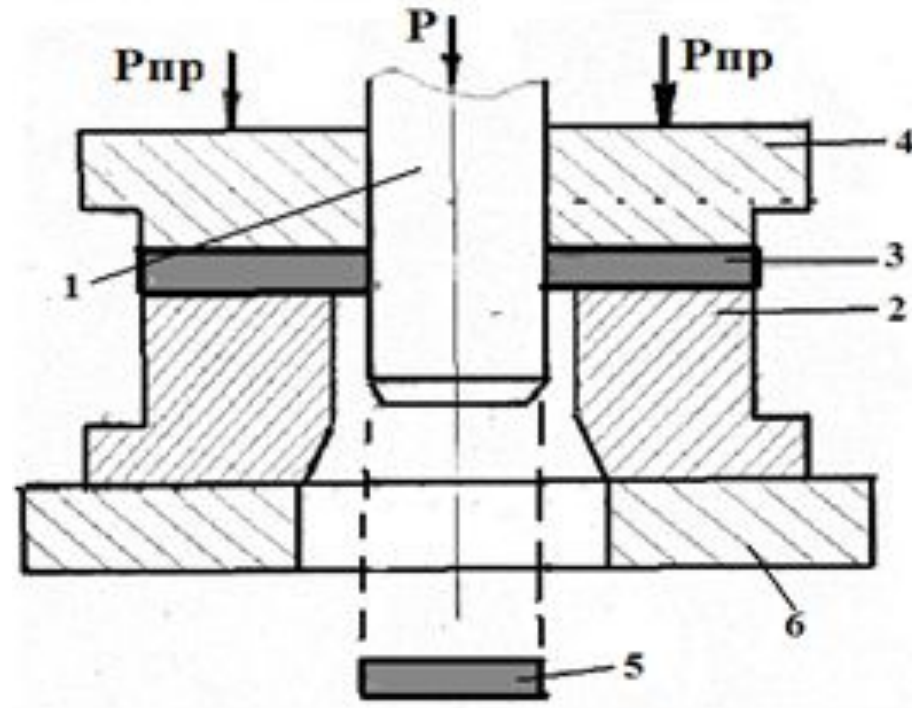
**Оборудование:** механические или гидравлические прессы.

**Инструмент:** пуансон, матрица.

- 1-пуансон,
- 2- матрица,
- 3 - изделие при пробивке,
- 4 - прижим,
- 5 - изделие при вырубке;
- 6 – опора;

$P_{пр}$  – усилие прижима заготовки;

$P$  – усилие вырубki (пробивки).



**Вырубка** – разделение исходной заготовки по замкнутому контуру, когда изделием является часть заготовки 5, смещаемая в матрицу.

**Пробивка** – разделение исходной заготовки по замкнутому контуру, когда изделием является часть заготовки с пробитым отверстием 3, не смещаемая в матрицу.

## 2.2. Операции формоизменения

вытяжка, отбортовка, обжим, раздача, гибка, формовка.

**Оборудование:** механические или гидравлические прессы.

**Инструмент:** пуансон, матрица.

**Вытяжка** - операция формоизменения плоской исходной заготовки в объемную полу деталь

Условие вытяжки без разрушения металла:

$$m_v = D / d = 1,8 - 2,1$$

где:  $m_v$  – коэффициент вытяжки  
(если  $m_v > 2,1$  – несколько переходов

*a* – исходное положение;

*б* – *е* – переходы вытяжки;

1 – пуансон; 2 – матрица;

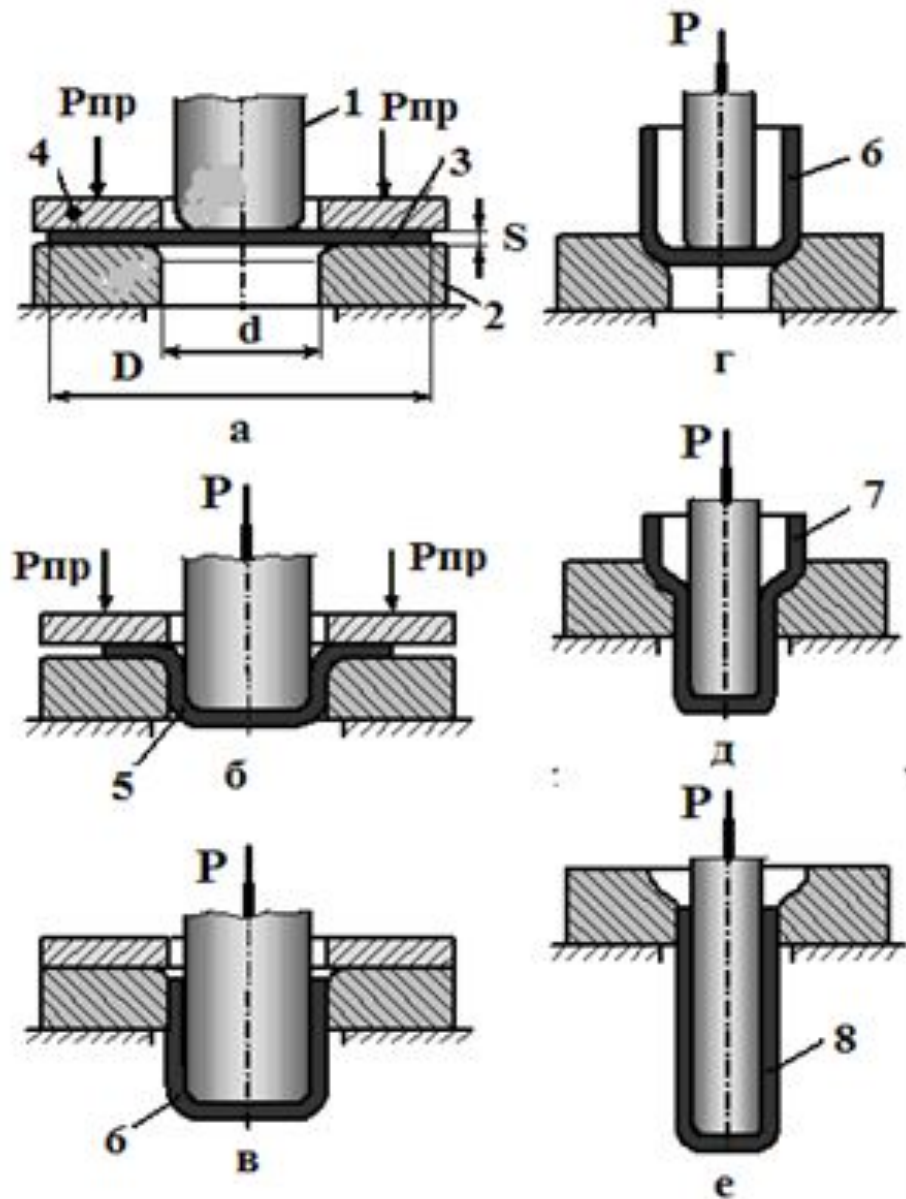
3 – исходная заготовка; 4 – прижим;

5, 6 и 7 – заготовка для следующего перехода или продукция вытяжки;

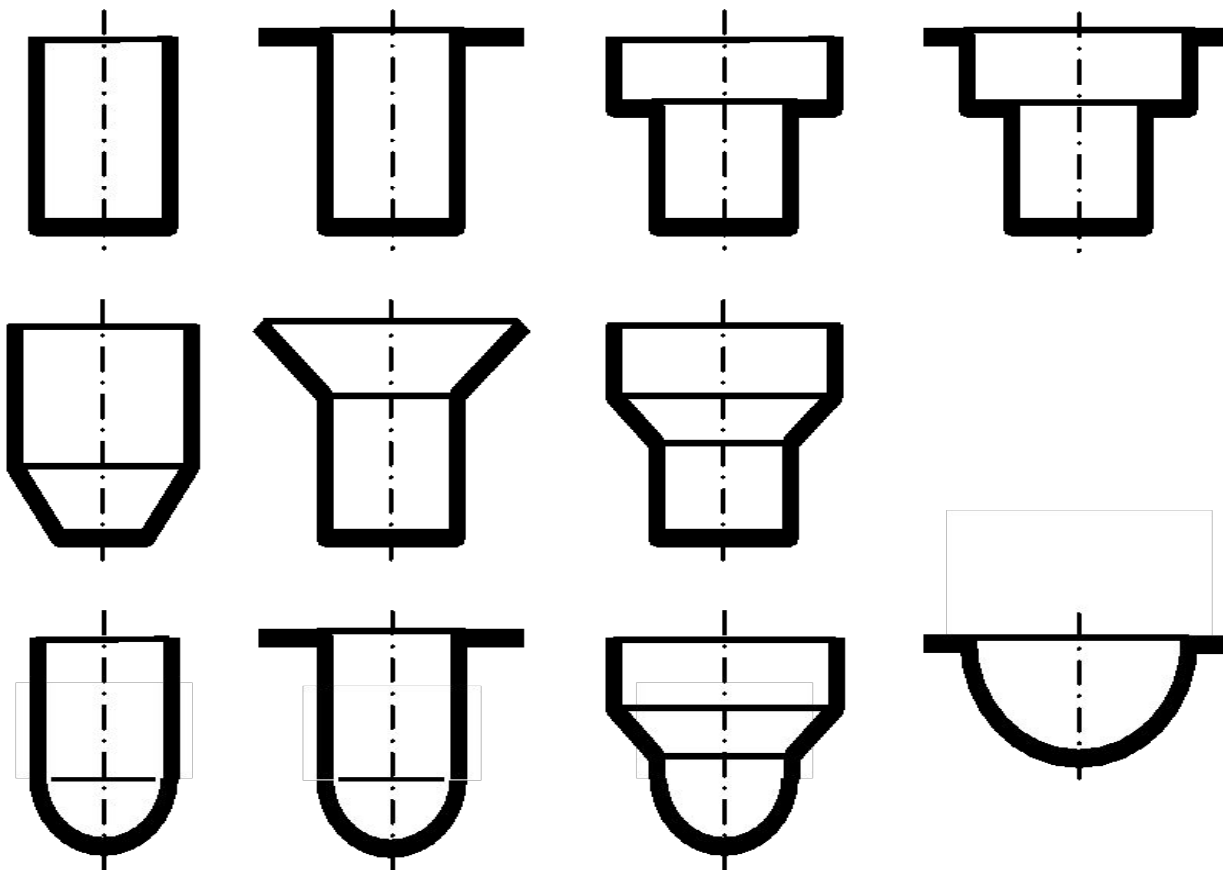
8 - продукция вытяжки;

$R_{пр}$  – усилие прижима заготовки;

$P$  – усилие вытяжки.



## Примеры продукции, полученной после вытяжки





**Отбортовка** - операция образования в изделии с предварительно пробитым отверстием борта или горловины

*a* – исходное положение; *б* – отбортовка

1- пуансон; 2- матрица; 3- заготовка, 4- прижим; 5- продукция отбортовки;  $R_{пр}$  – усилие прижима заготовки;  $P$  – усилие отбортовки.

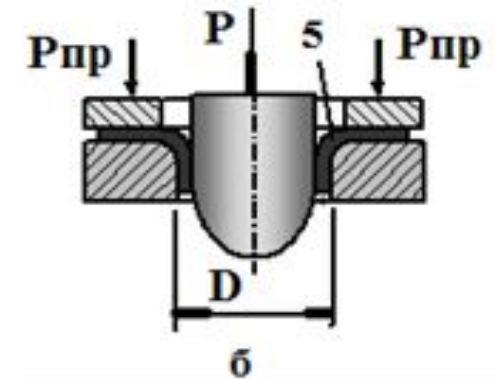
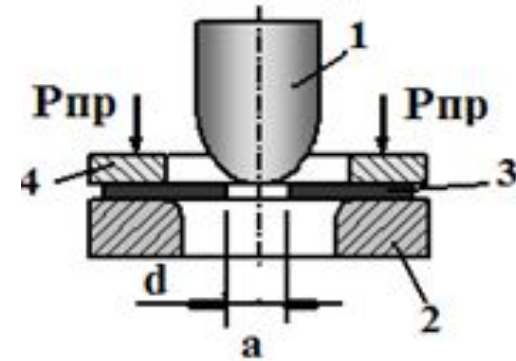
Условие увеличения диаметра отверстия без разрушения металла:

$$m_o = D / d = 1,2 - 1,8$$

где:  $m_o$  – коэффициент отбортовки (если  $m_o > 1,8$  – несколько переходов).

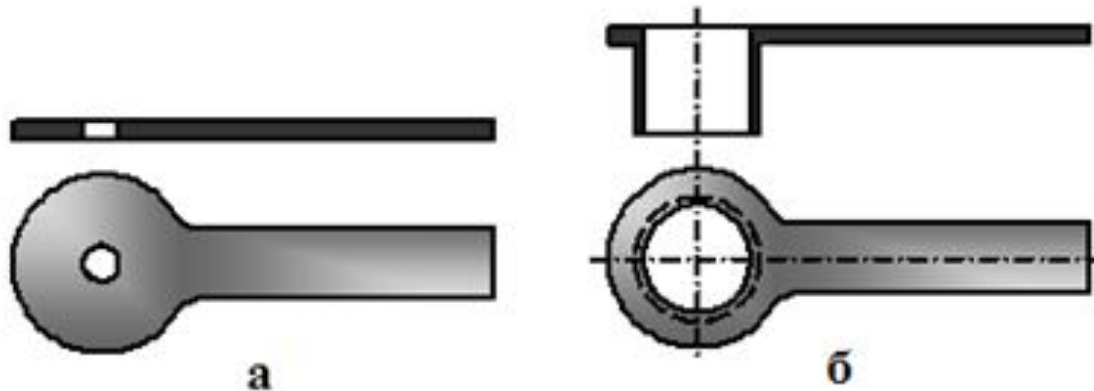
Условие перпендикулярности стенок:

$$d / D \geq 0,5$$



**Примеры продукции, полученной после отбортовки:**

**а** – заготовка для отбортовки; **б** – готовое изделие

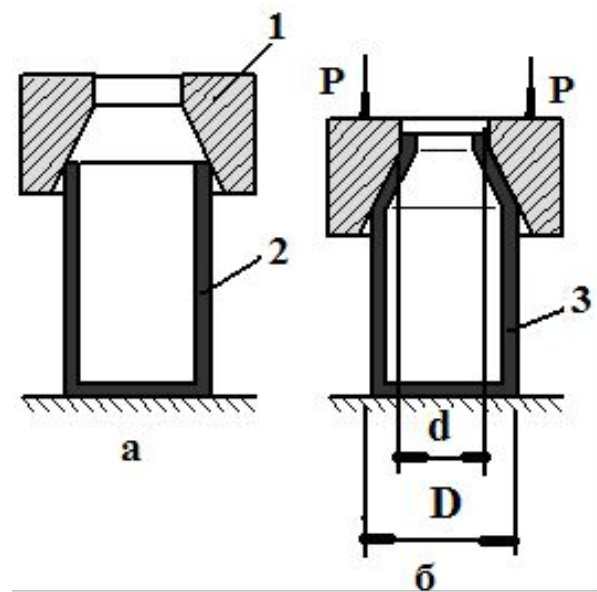
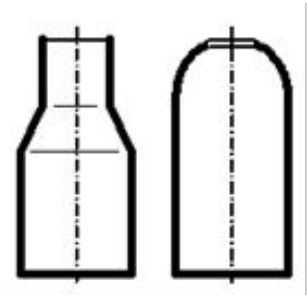


**Обжим** – операция уменьшения диаметра краевой части исходной заготовки.

а – исходное положение; б – обжим; 1 – матрица; 2 – исходная заготовка; 3- продукция обжима; Р – усилие обжима.

Условие уменьшения диаметра заготовки без разрушения:  
 $d = (0,7 - 0,8)D$ , если  $d < (0,7 - 0,8)D$  - несколько переходов.

**Примеры продукции, полученной после обжима**



**Раздача** – увеличение диаметра цилиндрической заготовки на ее краевом участке

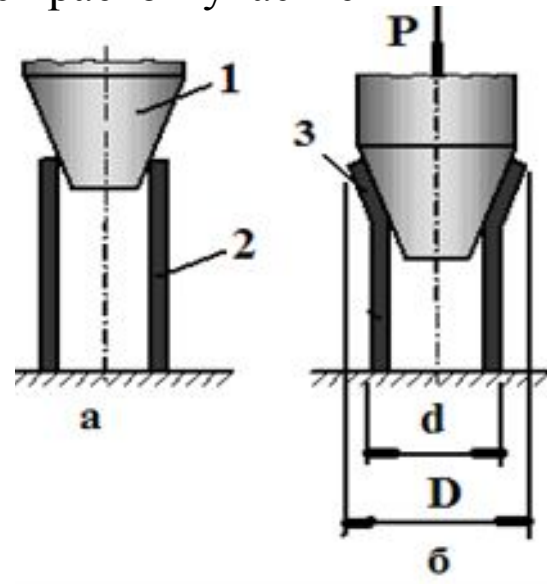
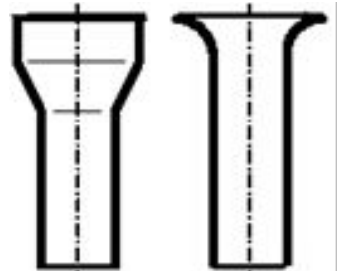
а – исходное положение; б – раздача; 1 – пуансон; 2 – исходная заготовка; 3- продукция раздачи; Р – усилие обжима.

Условие увеличения диаметра заготовки без разрушения :

$$m_p = D / d = 1,2 - 1,8$$

$m_p$  – коэффициент раздачи (если  $m_p > 1,8$  – несколько переходов)

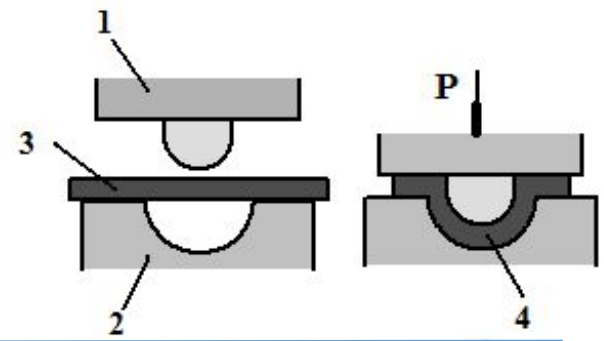
**Примеры продукции, полученной после раздачи.**



**Гибка** - придание заготовке изогнутой формы

а – исходное положение; б – гибка;

1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – исходная заготовка; 4 – изделие гибки; Р – усилие гибки.

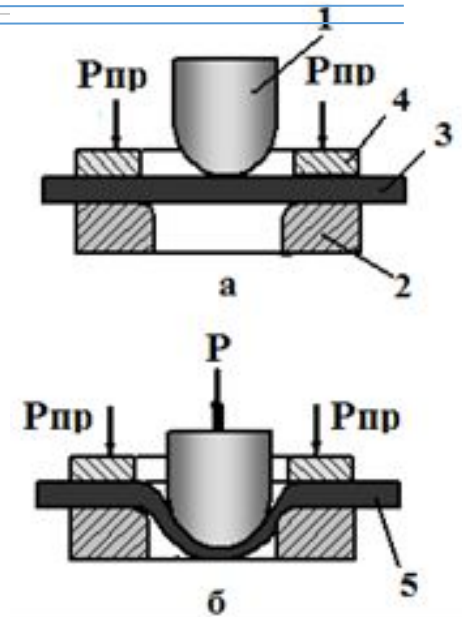


**Формовка** – операция получения местных углублений и выпуклостей в исходной заготовке при неизменных её габаритных размерах в результате утонения листа в зоне деформации

а – исходное положение; б – формовка;

1- пуансон; 2- матрица; 3- исходная заготовка, 4- прижим; 5-продукция формовки;

Рпр – усилие прижима заготовки; Р – усилие формовки.

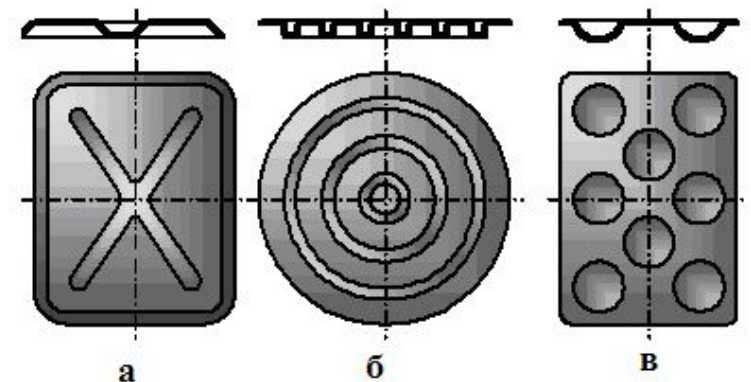


**Примеры продукции, получаемой формовкой:**

а – диагональные рёбра жёсткости;

б – кольцевые рёбра жёсткости;

в – сферические углубления



## **Преимущества:**

1. Изготовление прочных и жёстких изделий сложной формы, при мин. металлоёмкости.
2. Высокая точность штампуемых изделий.
3. Хорошее качество поверхности (исключает мех. обработку).
4. Небольшие отходы металла.
5. Высокая производительность.
6. Простота механизации и автоматизации процесса.
7. Сравнительно низкая себестоимость.

## **Недостатки листовой штамповки по сравнению с объемной:**

1. Листовой прокат дороже профилей той же массы (стакан, полученный холодным выдавливанием, дешевле такого же стакана, полученного листовой штамповкой).
2. Бóльшие проблемы с потерей устойчивости, которые приводят к искажению формы отштампованных изделий.
3. Невозможность получить углы без радиусных закруглений, которые обычно имеют значительную величину.

## V.I. Специальные способы обработки металлов давлением:

штамповка на ротационно-ковочных машинах;  
штамповка на ковочных вальцах (вальцовка);  
накатка зубчатых колес; раскатка;  
высадка на электровысадочных машинах;  
электромагнитная штамповка (штамповка в импульсном магнитном поле);  
электрогидравлическая штамповка,  
штамповка взрывом

### Штамповка на ротационно-ковочных машинах

- заключается в местном обжатии исходной заготовки по периметру

*Исходная заготовка* – пруток, труба.

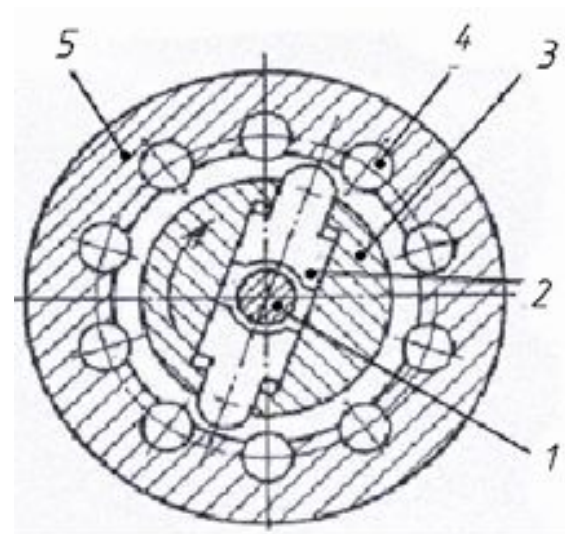
1 – заготовка в виде прутка или трубы; 2 – бойки;  
3 – шпиндель; 4 – ролики; 5 – обойма.

В исходное положение бойки возвращаются под действием центробежных сил.

Процесс ведется в холодном и горячем состояниях.

### *Продукция:*

швейные иглы ( $D$  до 0,3 мм), трубы ( $D$  320 мм),  
сплошные ступенчатые валы ( $D$  до 250 мм).

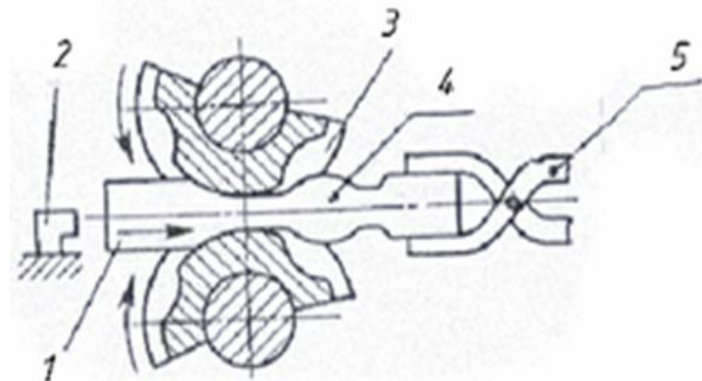


**Штамповка на ковочных вальцах (вальцовка)** – получение из листовых заготовок волнистой поверхности и других различных выступов

**Исходная заготовка** – пруток или лист.

1 - нагретая заготовка; 2 – упор; 3 – секторные штампы; 4 – поковка; 5 – захват

**Продукция:** Поковки звеньев цепей, гаечных ключей



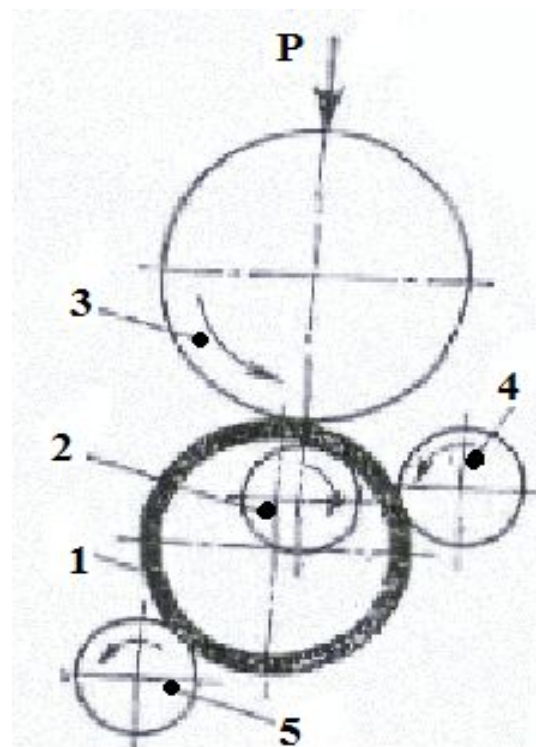
**Раскатка** – увеличение диаметра заготовки в результате уменьшения толщины

**Исходная заготовка** - кольцо с меньшим диаметром и большей толщиной стенки, чем у получаемой поковки.

1 – заготовка; 2 и 3 – валки; 4 – направляющий ролик; 5 – контрольный ролик; Р – сжимающая сила.

**Продукция:**

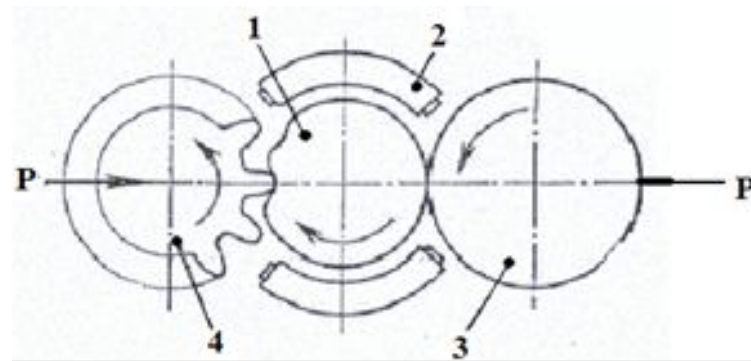
Кольца (в т.ч. подшипников) с наружным  $D$  70...700 мм и шириной 20...180 мм.





## Накатка зубчатых колес

- 1 - заготовка;
- 2 – индуктор для нагрева ТВЧ;
- 3 – ролик для накатки внешней поверхности зубьев;
- 4 – валок.



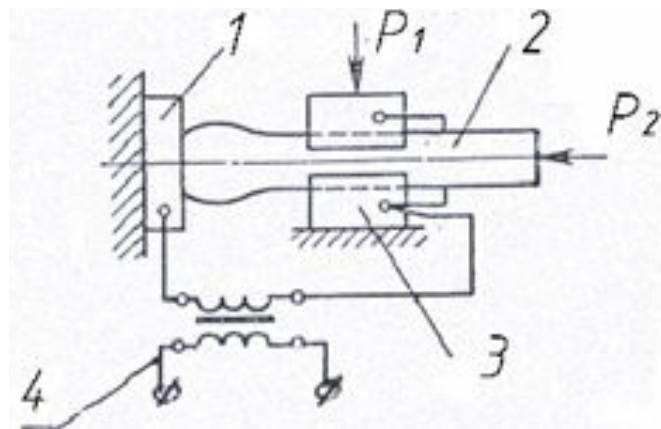
## Высадка на электровысадочных машинах

*Исходная заготовка* – труба, пруток.

- 1 – упор;
- 2 – заготовка;
- 3 – радиальный скользящий электроконтакт;
- 4 - источник тока.

$P_1$  – усилие зажима;  $P_2$  – усилие деформации.

*Продукция:* Валы и трубы с концевыми утолщениями.

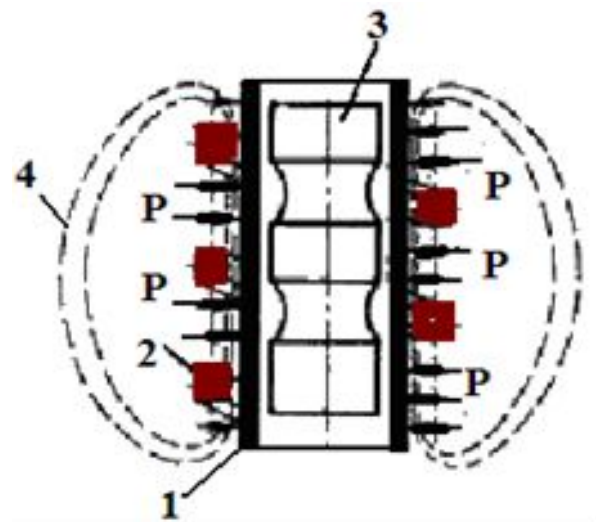


## Электромагнитная штамповка (штамповка в импульсном магнитном поле)

основана на преобразовании электрической энергии в механическую.

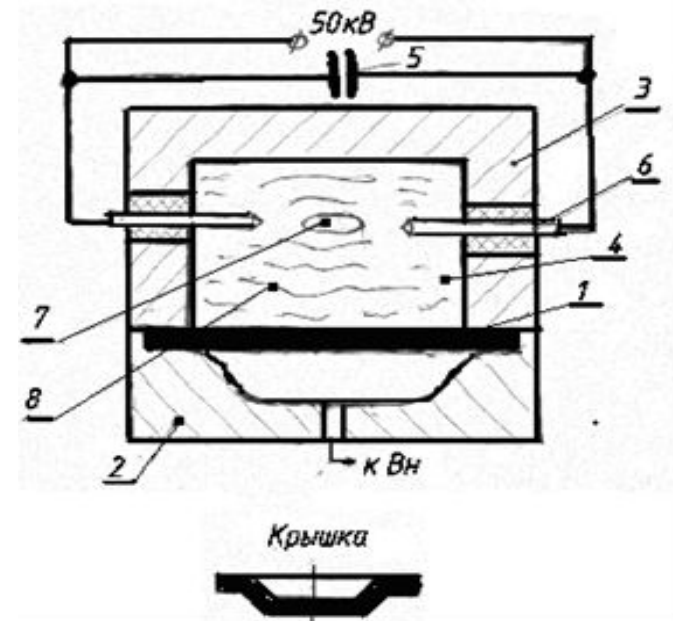
- 1 - полая заготовка;
- 2 – соленоид;
- 3 – матрица;
- 4 – магнитное поле;

$P$  – механические силы



**Электрогидравлическая штамповка крышки** – деформация заготовки с высокой скоростью под действием ударных волн.

1 - листовая заготовка; 2 – матрица; 3 – крышка;  
4 – полость; 5 – конденсатор; 6 – электроды;  
7 – воздушный пузырь; 8 – ударные волны.

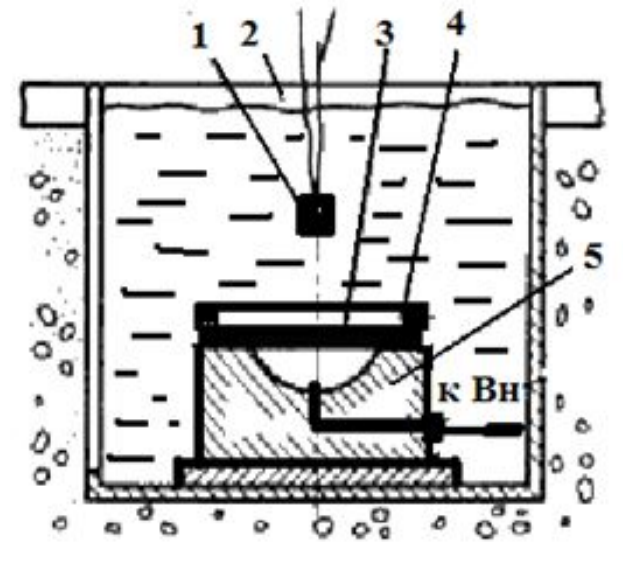


### **Продукция:**

Листовые изделия до 1м и толщиной до 12мм.

### **Штамповка взрывом**

1 – детонатор;  
2 – емкость с водой;  
3 – листовая заготовка;  
4 – прижим;  
5 – матрица.



Процесс штамповки длится тысячные доли секунды.