

**Основные  
способы обработки  
металлов  
давлением**

Обработка металлов давлением

получение  
машиностроительных  
профилей

прокатка

прессование

волочение

получение  
фасонных  
заготовок

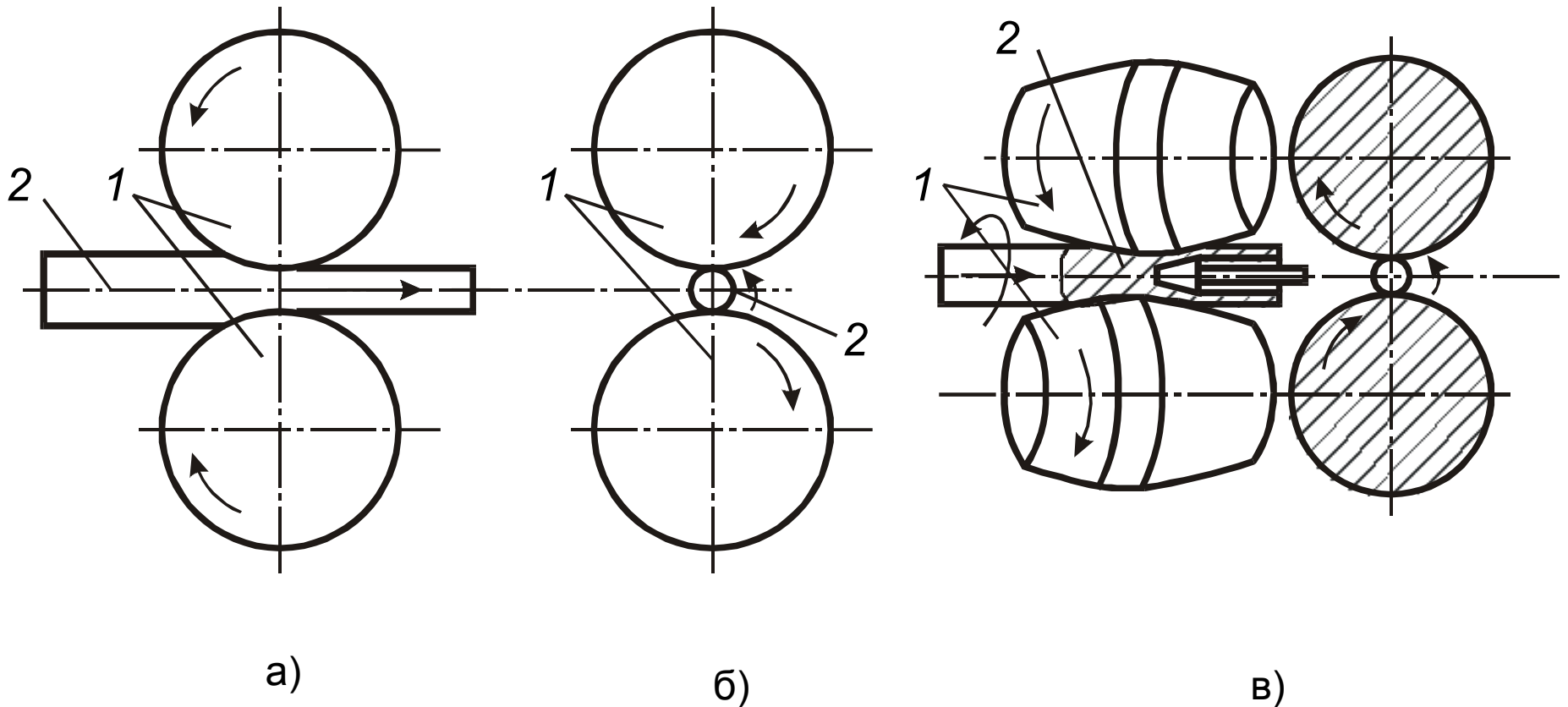
ковка

горячая объемная  
штамповка

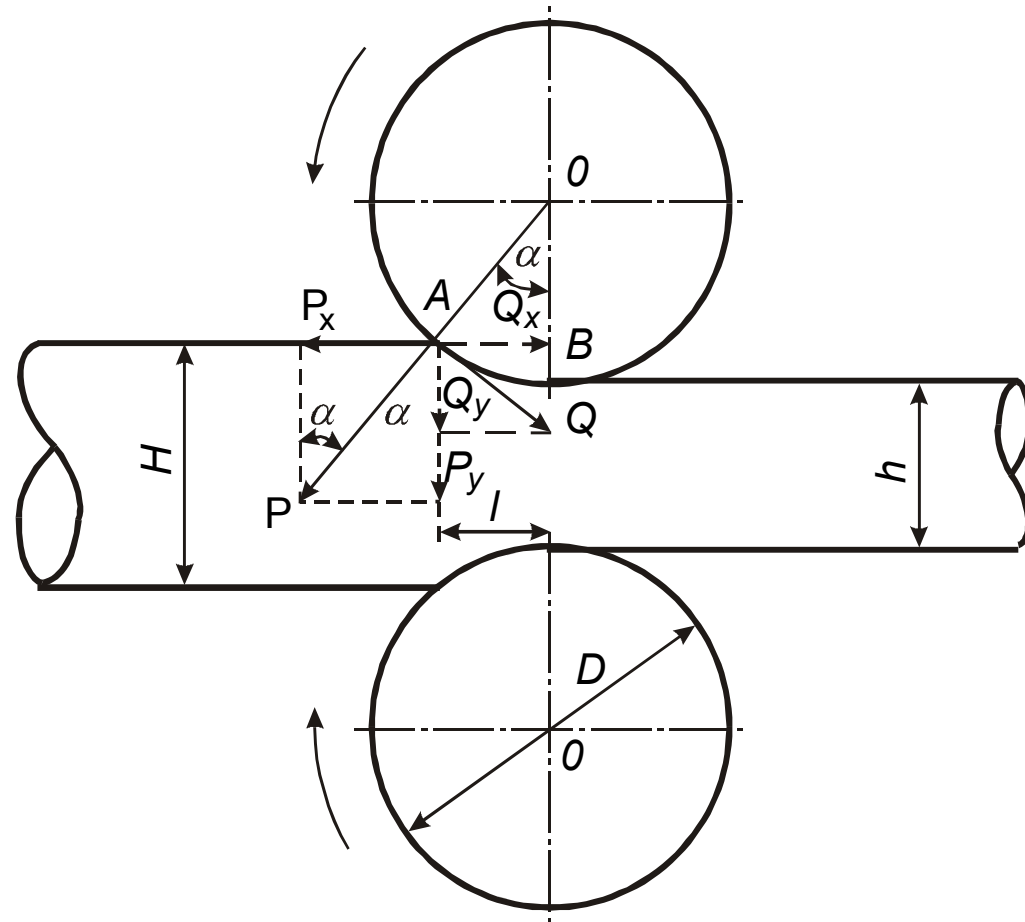
листовая штамповка

# 1. Получение машиностроительных профилей

# 1.1. Прокатка – процесс деформации между вращающимися валками



Очаг деформации – участок, на котором металл подвергается деформации.



$l_d = \pi D \alpha / 360^\circ$  - дуга захвата (AB);

$l$  - длина очага деформации;

$\alpha$  - угол захвата.

# Параметры деформации при прокатке

- абсолютное обжатие  $\Delta h = |H - h|$ ;
- степень деформации  $U = \frac{\Delta h}{H} \cdot 100\%$ ;
- коэффициент вытяжки  $\mu = \frac{L_1}{L_0} = \frac{F_0}{F_1}$ .

# Условие захвата заготовки валками

$$Q_x > P_x;$$

$$Q \cdot \cos \alpha > P \cdot \sin \alpha;$$

$$P \cdot f \cdot \cos \alpha > P \cdot \sin \alpha;$$

$$f > \operatorname{tg} \alpha;$$

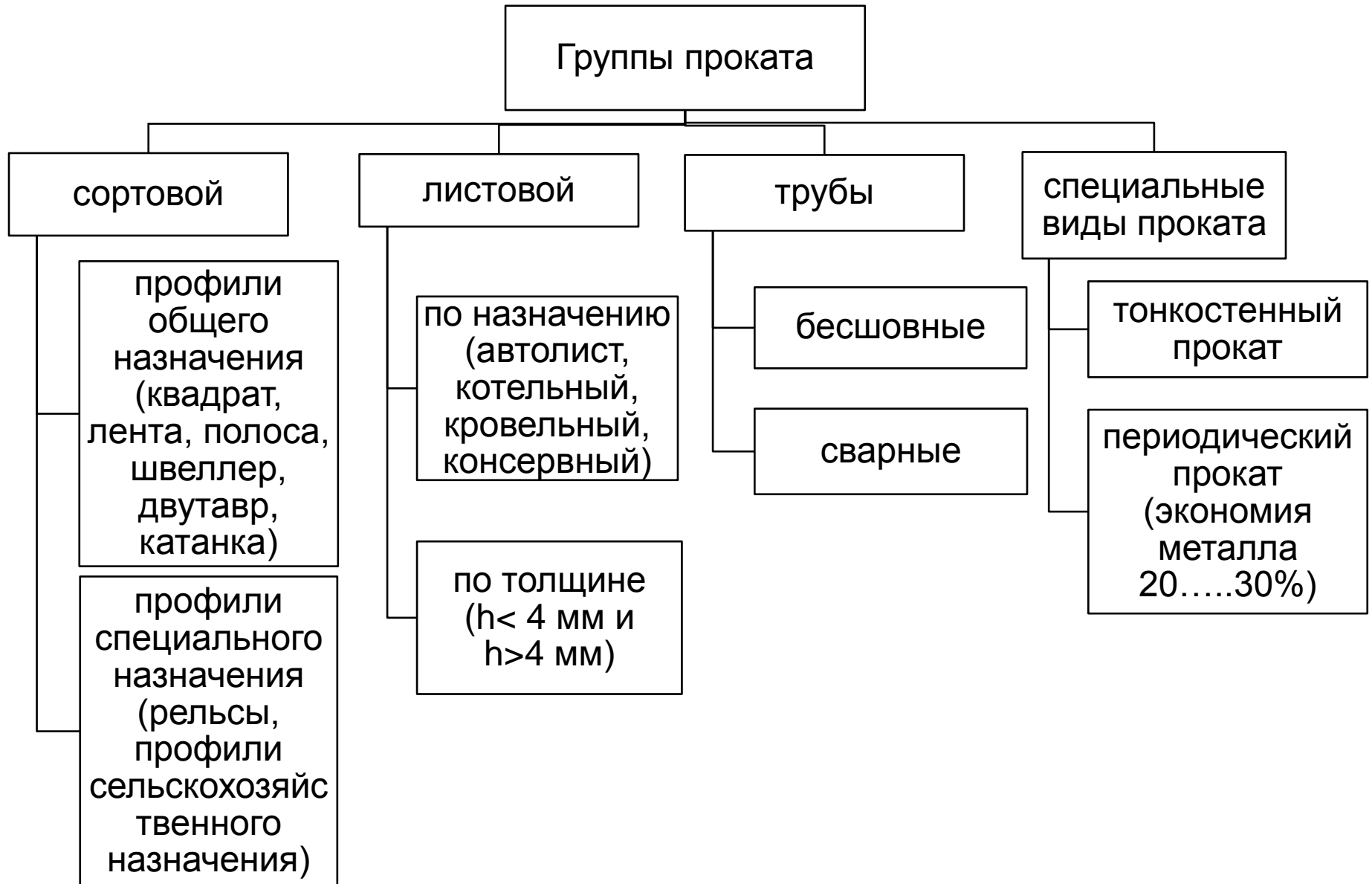
$$\varphi > \alpha.$$

# Максимальный угол захвата

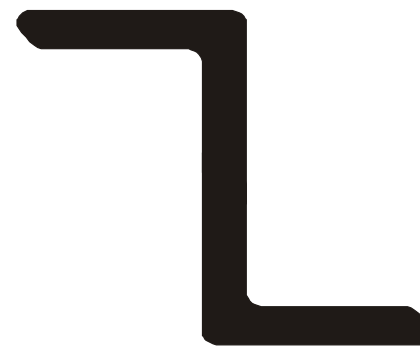
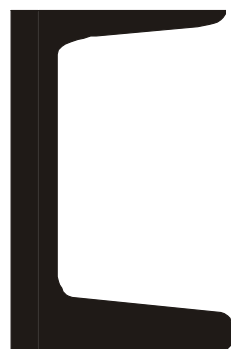
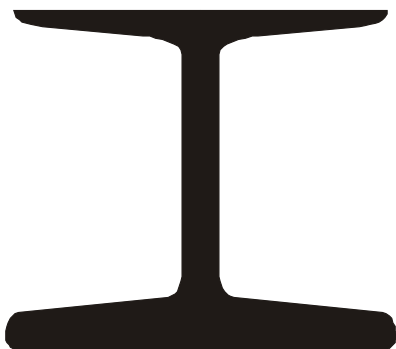
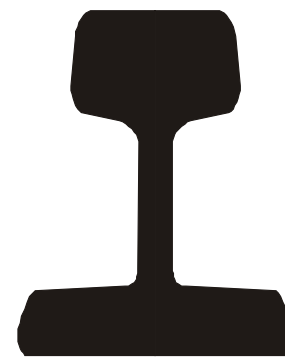
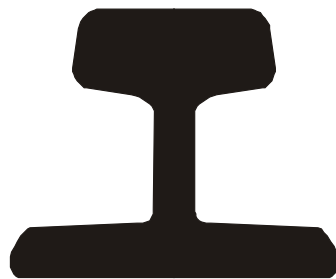
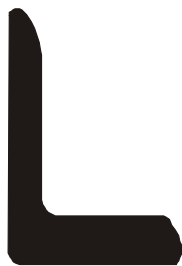
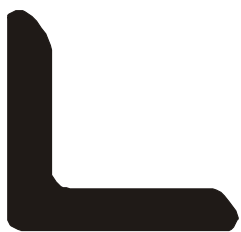
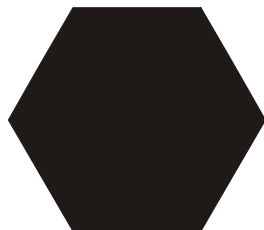
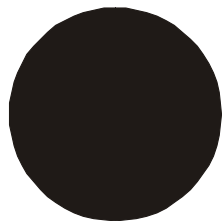
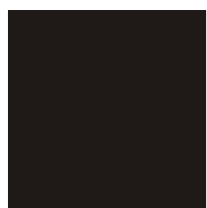
- горячая прокатка: 15.....22°;
- холодная прокатка: 3.....8°.



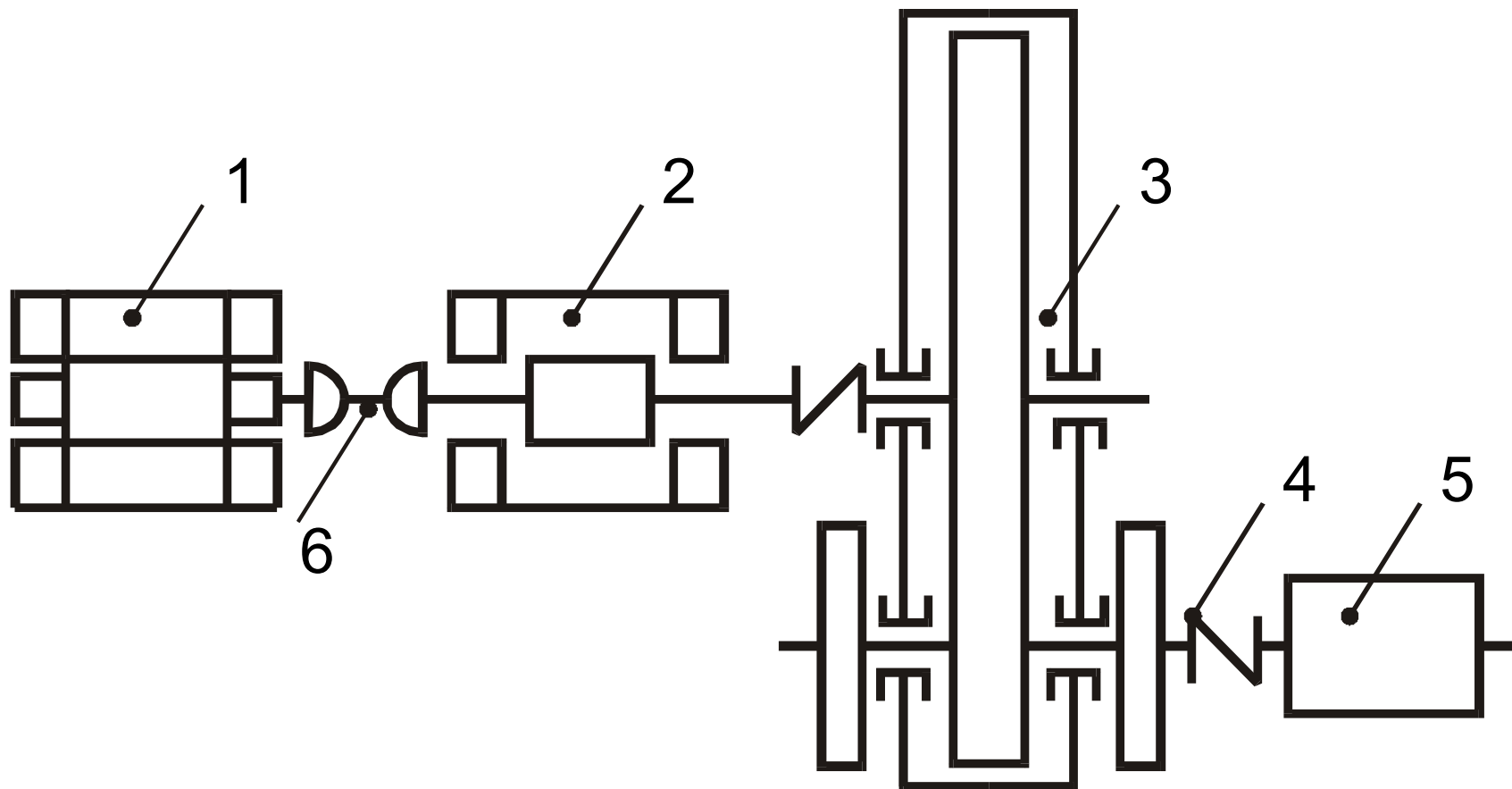
# Сортамент – изделия полученные прокаткой.



# Некоторые виды прокатной продукции

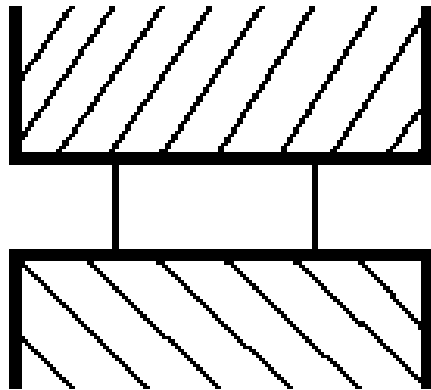


Прокатный стан – комплекс технологических машин – орудий, обеспечивающих полученные изделия прокаткой.

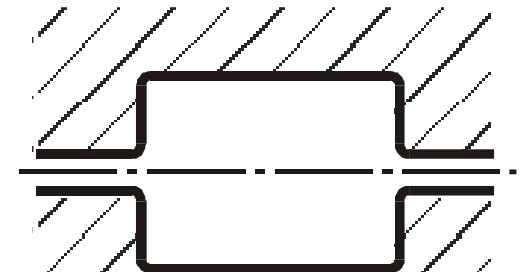


# Прокатные валки

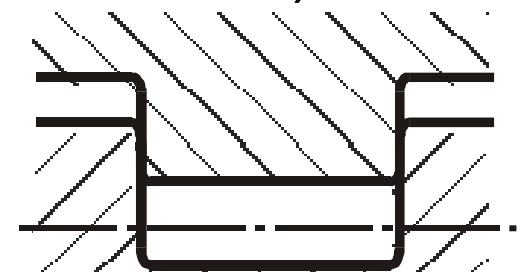
гладкие



калиброванные

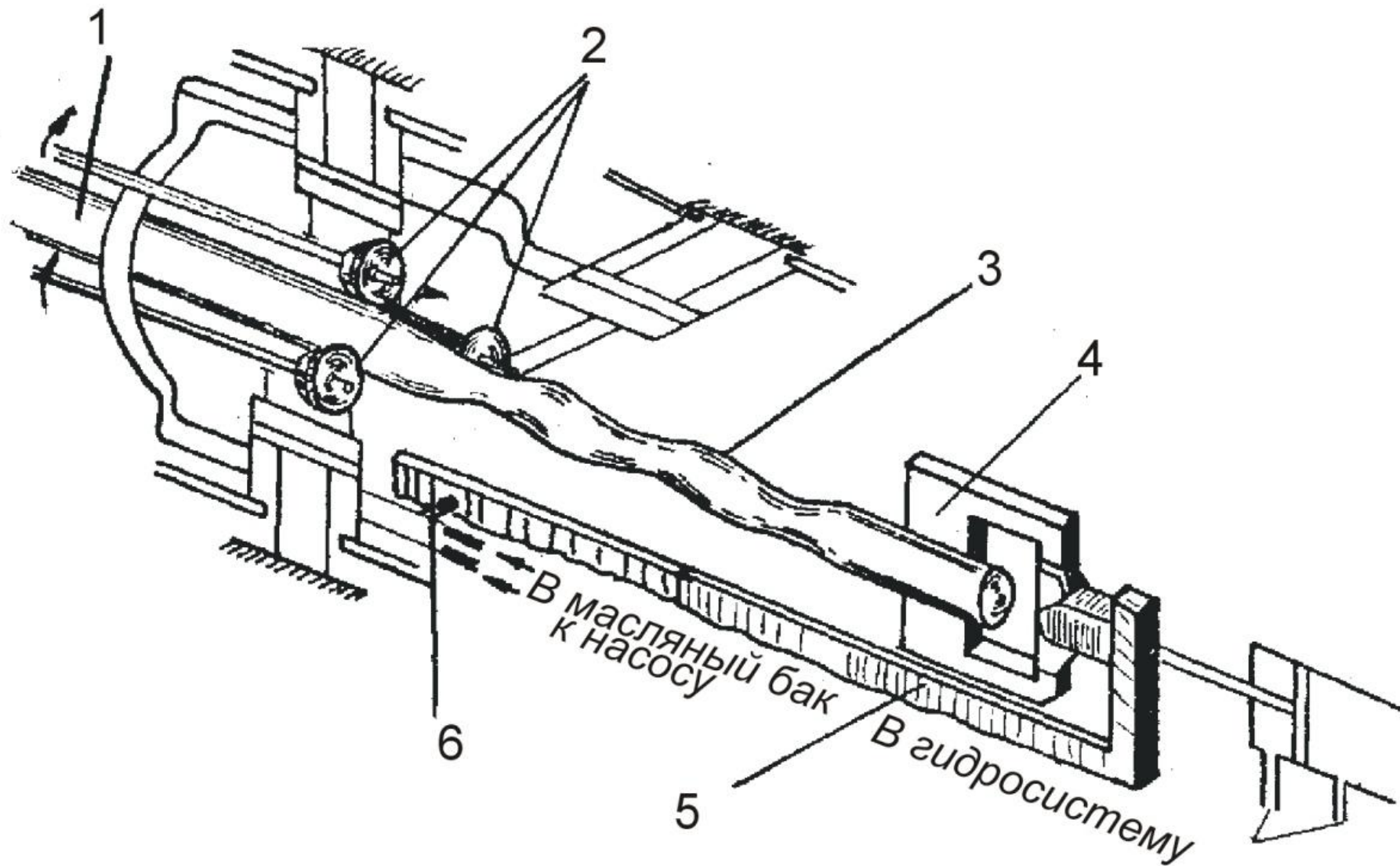


а)

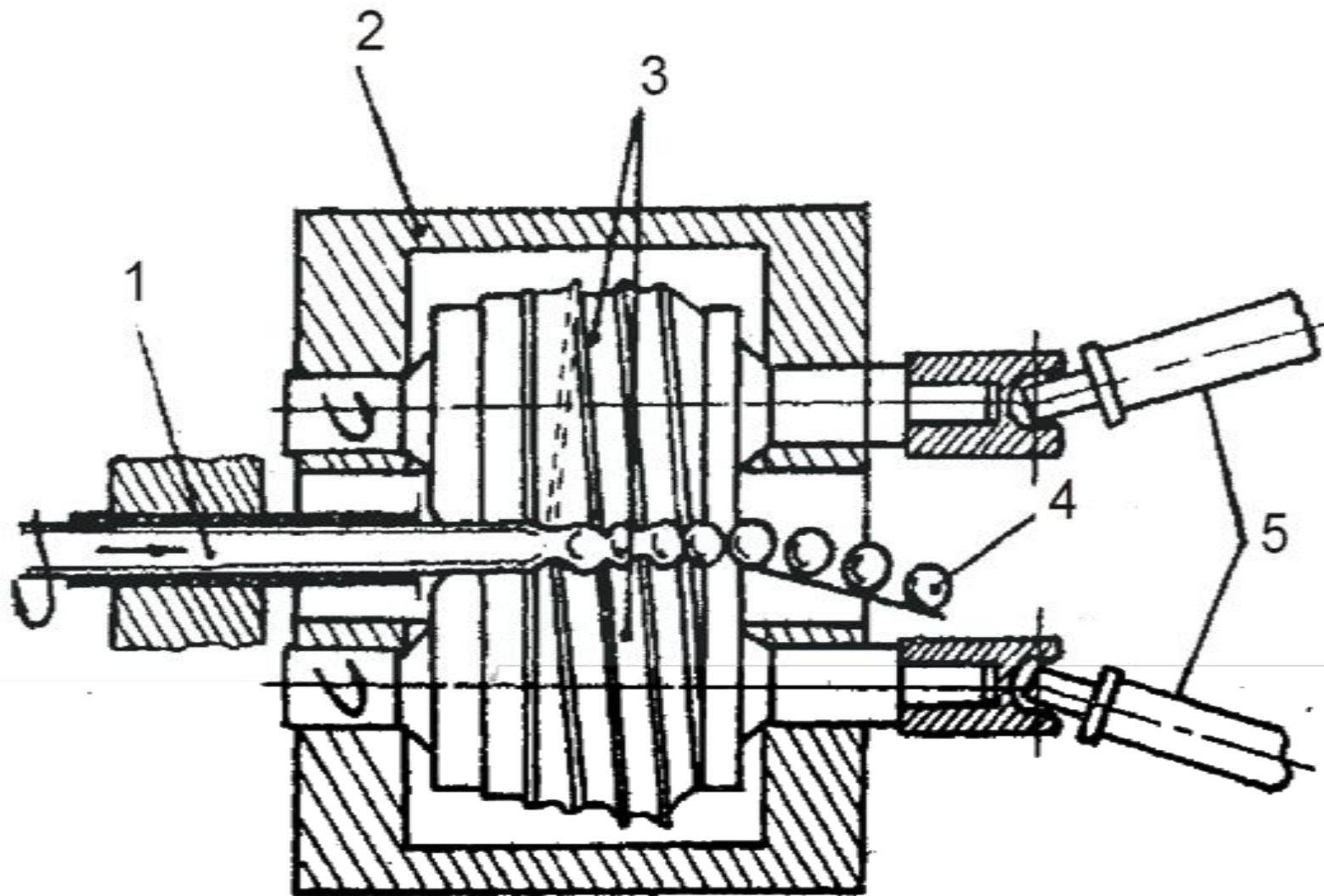


б)

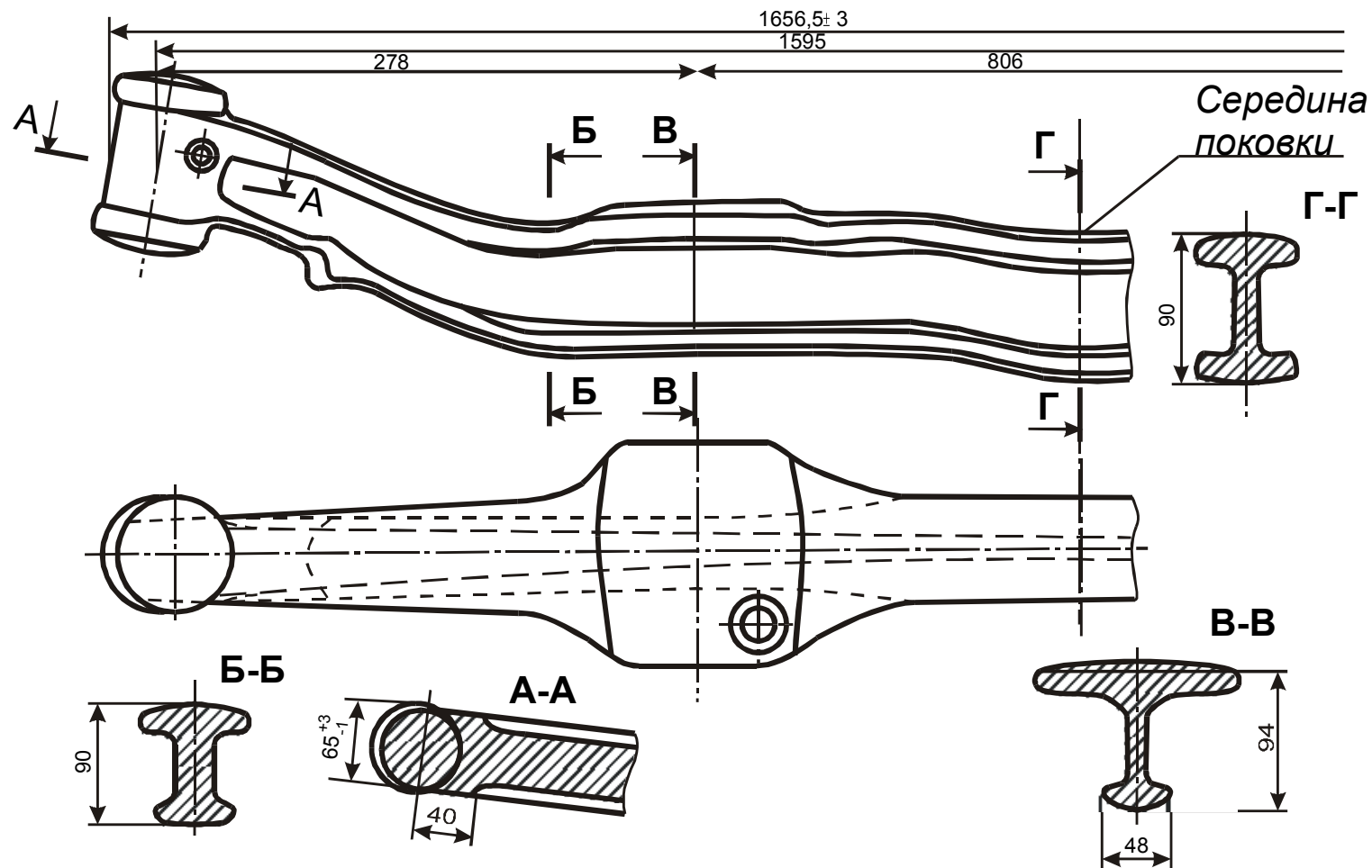
# Схема трехвалкового стана поперечно-винтовой прокатки для производства заготовок шаров подшипников



# Схема двухвалкового стана для прокатки шаров шарикоподшипников

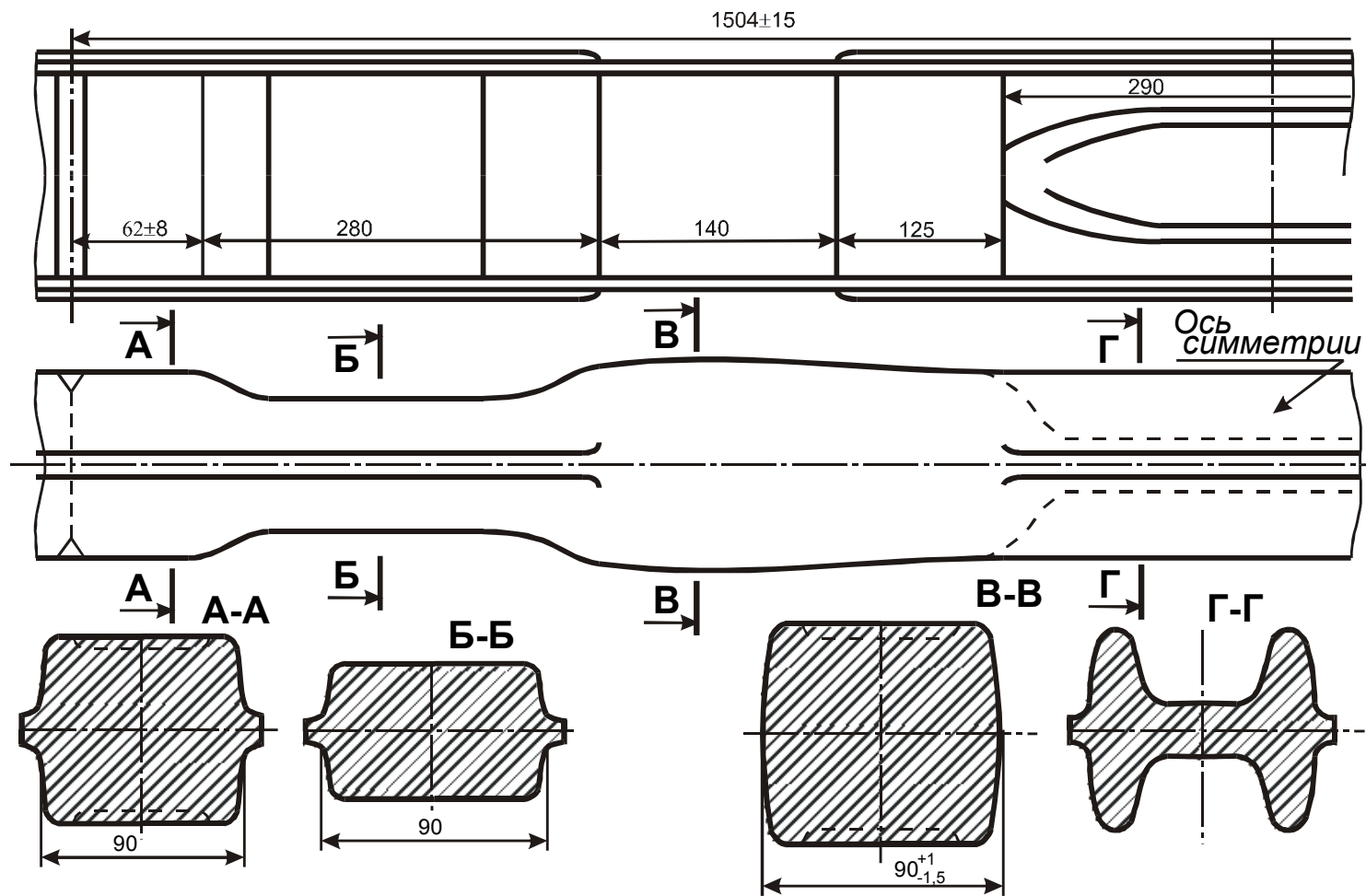


# Пример использования периодического стального профиля



Чертеж поковки передней оси грузового автомобиля

# Пример использования периодического стального профиля

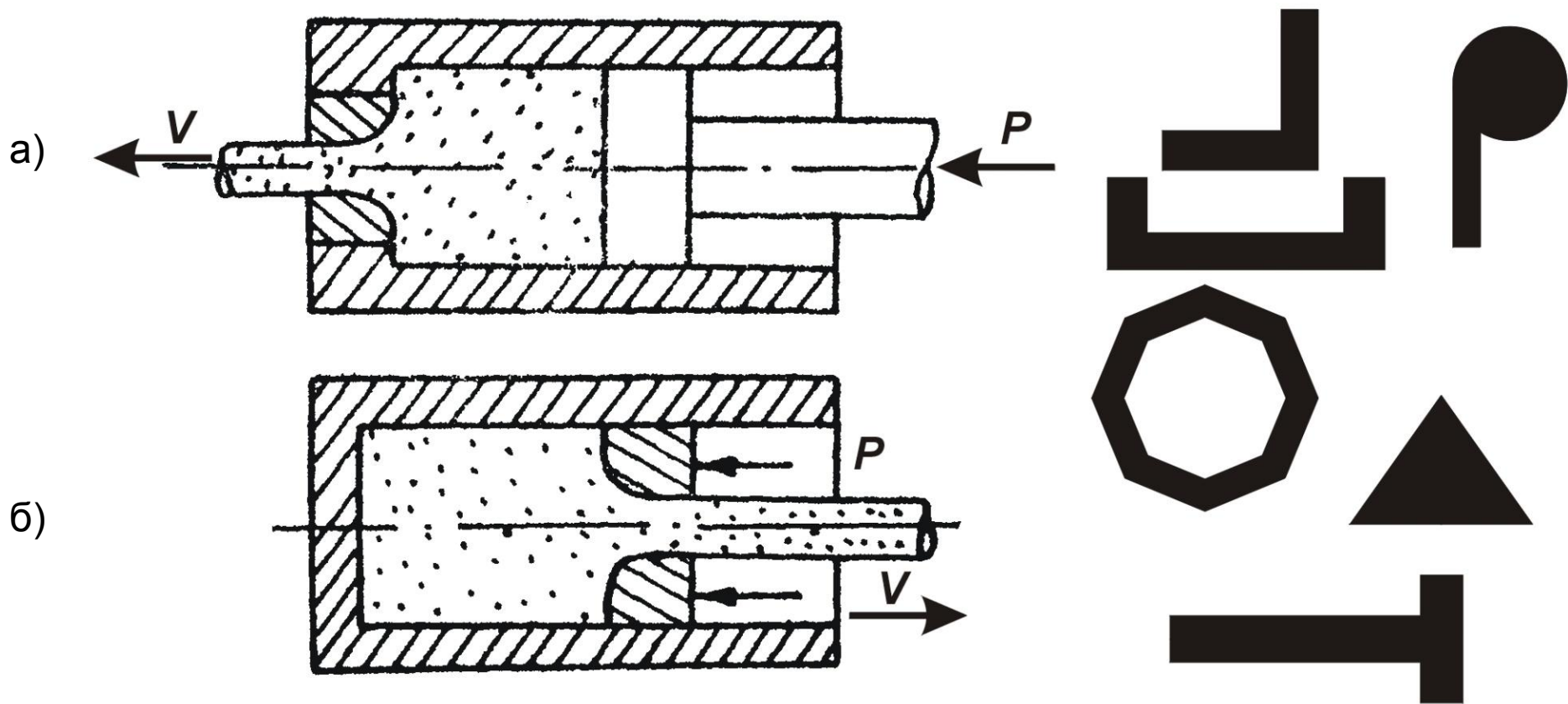


Периодический стальной профиль для изготовления передней оси  
грузового автомобиля



**1.2. Прессование – способ обработки металлов давлением, заключающийся в выдавливании металла из замкнутого контейнера через отверстие матрицы, соответствующее сечению получаемого профиля.**

# Схемы и профили прессования



# Параметры деформации при прессовании:

- степень деформации  $U = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\%$ ;
- коэффициент вытяжки  $\mu = \frac{F_0}{F_1}$ .

Особенность – условия  
всестороннего сжатия.

## Преимущества

- возможность подвергать деформации малопластичные материалы;
- позволяет получать профили сколь угодно сложной формы;
- более экономичный, чем прокатка;
- высокая гибкость перехода от одного профиля к другому путем замены матрицы;
- точность профилей намного выше, чем при прокатке.

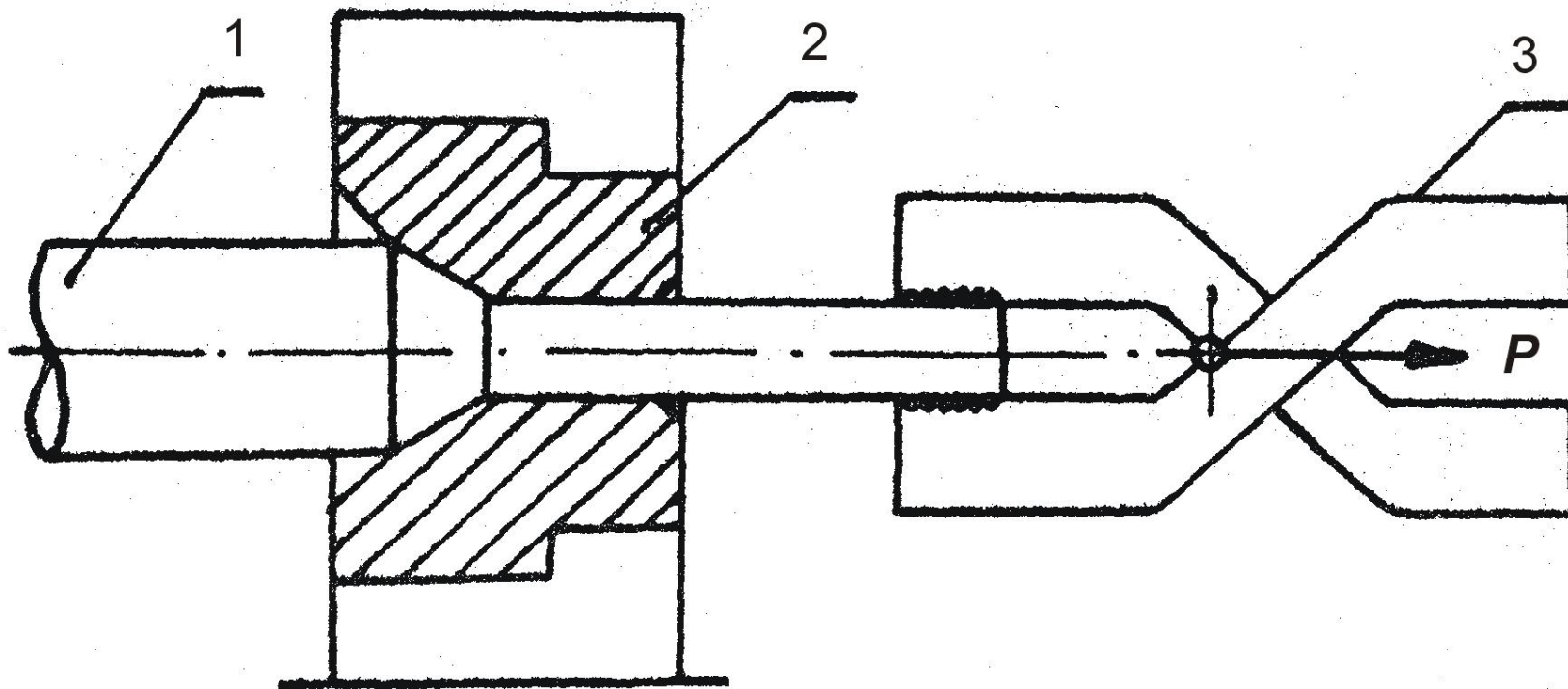
Оборудование для прессования:  
гидравлические прессы  
горизонтального и вертикального  
действия.

Усилие прессов:  
от 300 тс (3,0 МН)  
до 25000 тс (250 МН);  
 $U = 10 \dots 90\%$ .

## 1.3. Волочение –

процесс протягивания заготовки  
через отверстие с целью  
уменьшения размеров ее  
поперечного сечения и  
соответствующего увеличения  
длины.

# Схема волочения



$$P < P_{\text{разрыва}}$$

# Параметр деформации при волочении

- коэффициент уменьшения диаметра  $K = \frac{d}{D}$ .

$$K = 0,8 \dots 0,85.$$



Матрицы (волоки, или фильеры) -  
инструмент с отверстием, через  
которое производится  
протягивание заготовки  
(материал матрицы:  
инструментальная сталь; твердые  
сплавы; алмаз).

# Преимущества

- нет окалины, продукция получается с чистой поверхностью и точными размерами;
- происходит холодная пластическая деформация заготовки, сопровождающаяся упрочнением металла (наклепом).

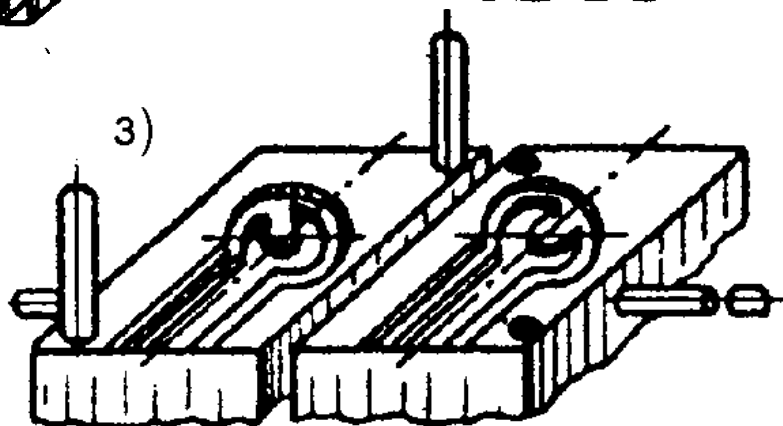
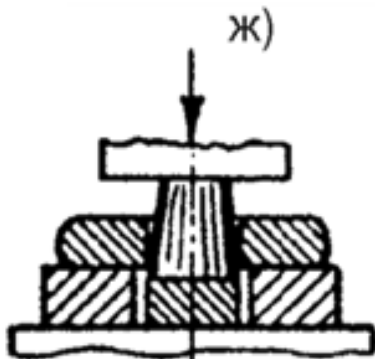
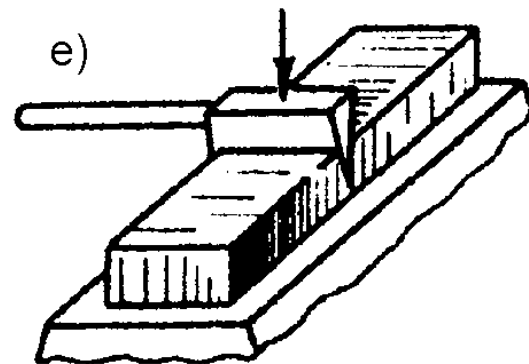
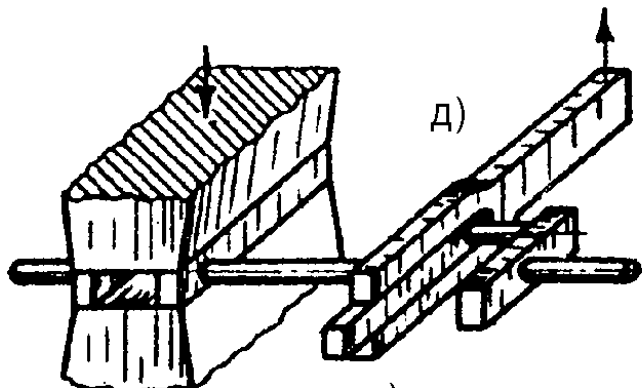
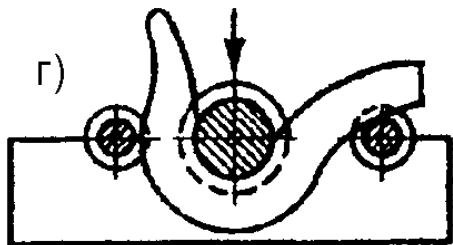
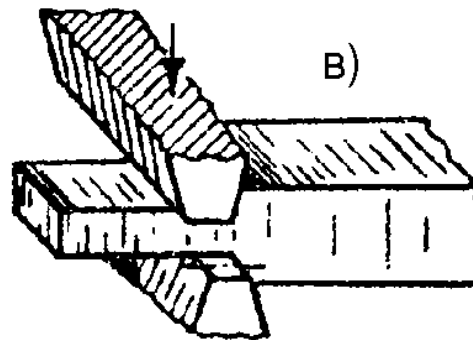
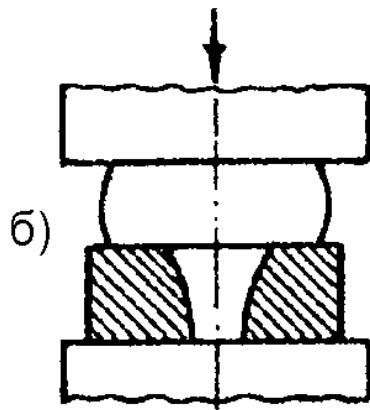
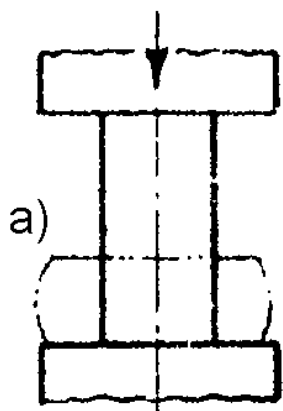
# Методом волочения:

- получают стальную проволоку диаметром от 0,002 до 10 мм;
- проводят калибровку труб диаметром от капиллярных до 500 мм;
- производят профили из цветных сплавов круглого, квадратного, сегментного и других сечений, а также трубы.

# 2. Получение фасонных заготовок

**2.1. Ковка –  
способ горячей обработки  
металлов давлением, при  
котором деформация происходит  
под действием ударной нагрузки  
молота или нажатия прессы.**

# Схемы основных операций ковки



«+» сравнительно небольшое  
сопротивление металла  
деформированию;

«-» низкая производительность и  
невысокая точность поковок,  
большие припуски.

Единственный способ получения  
крупных поковок (валы  
гидротурбин, турбинные диски,  
валы прокатных станов).



# Параметр деформации при ковке

• коэффициент уковки  $\gamma = \frac{F_0}{F_1}$  :

✓ при осадке  $\gamma = \frac{F_{\text{изд}}}{F_{\text{заг}}}$  ;

✓ при вытяжке кузнечной  $\gamma = \frac{F_{\text{заг}}}{F_{\text{изд}}}$  .

$\gamma = 2,5 \dots 3,0$  - для конструкционных сталей;

$\gamma = 10 \dots 12$  - для высоколегированных сталей.

# Оборудование дляковки

машины  
динамического типа  
(молоты)

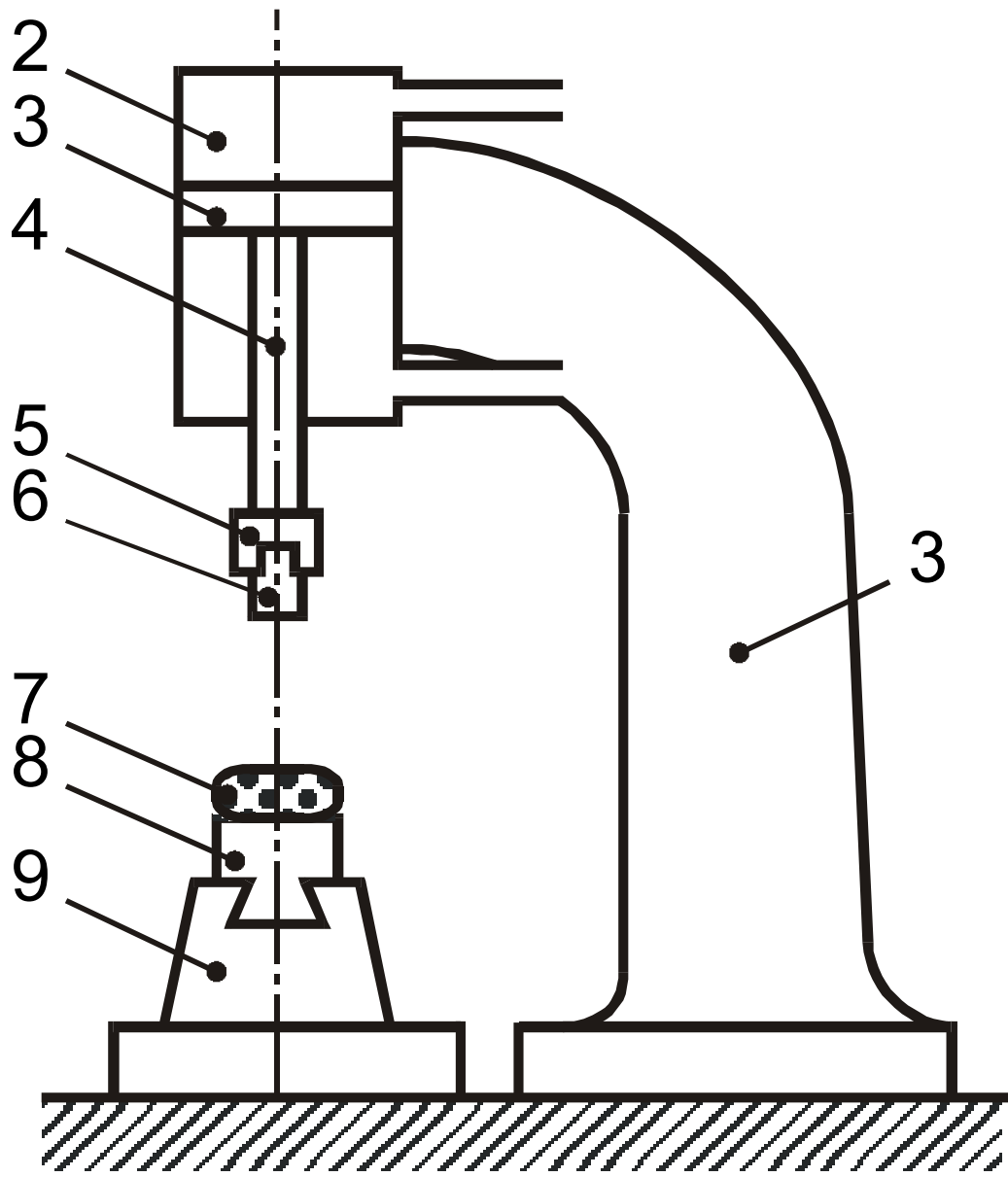
машины  
статического действия  
(гидравлические прессы)

по принципу работы:  
- простого действия;  
- двойного действия.

по конструкции стоек:  
- одностоечные;  
- двустоечные  
(арочные);  
- мостовые.

- пневматические  
(от 100 до 1000 кг);  
- паровоздушные  
(от 1 до 5 т).

# Принципиальная схема ковочного молота



Энергия удара

$$E = \frac{m \cdot V^2}{2}.$$

КПД

$$\eta = \frac{E_{\text{д}}}{E}.$$

# Оптимальное соотношение для ковочного молота

$$\frac{M}{m} = 1 \quad \eta = 0,5;$$

$$\frac{M}{m} = 15 \quad \eta = 0,94;$$

$$\frac{M}{m} = 30 \quad \eta = 0,98.$$

## 2.2. Горячая объемная штамповка –

штамповка изделий или заготовок из сортового проката с обусловленным значительным перераспределением металла в поперечном сечении исходной заготовки.

Объемная штамповка - кузнечный процесс, при котором течение металла ограничено поверхностью полости штампа.

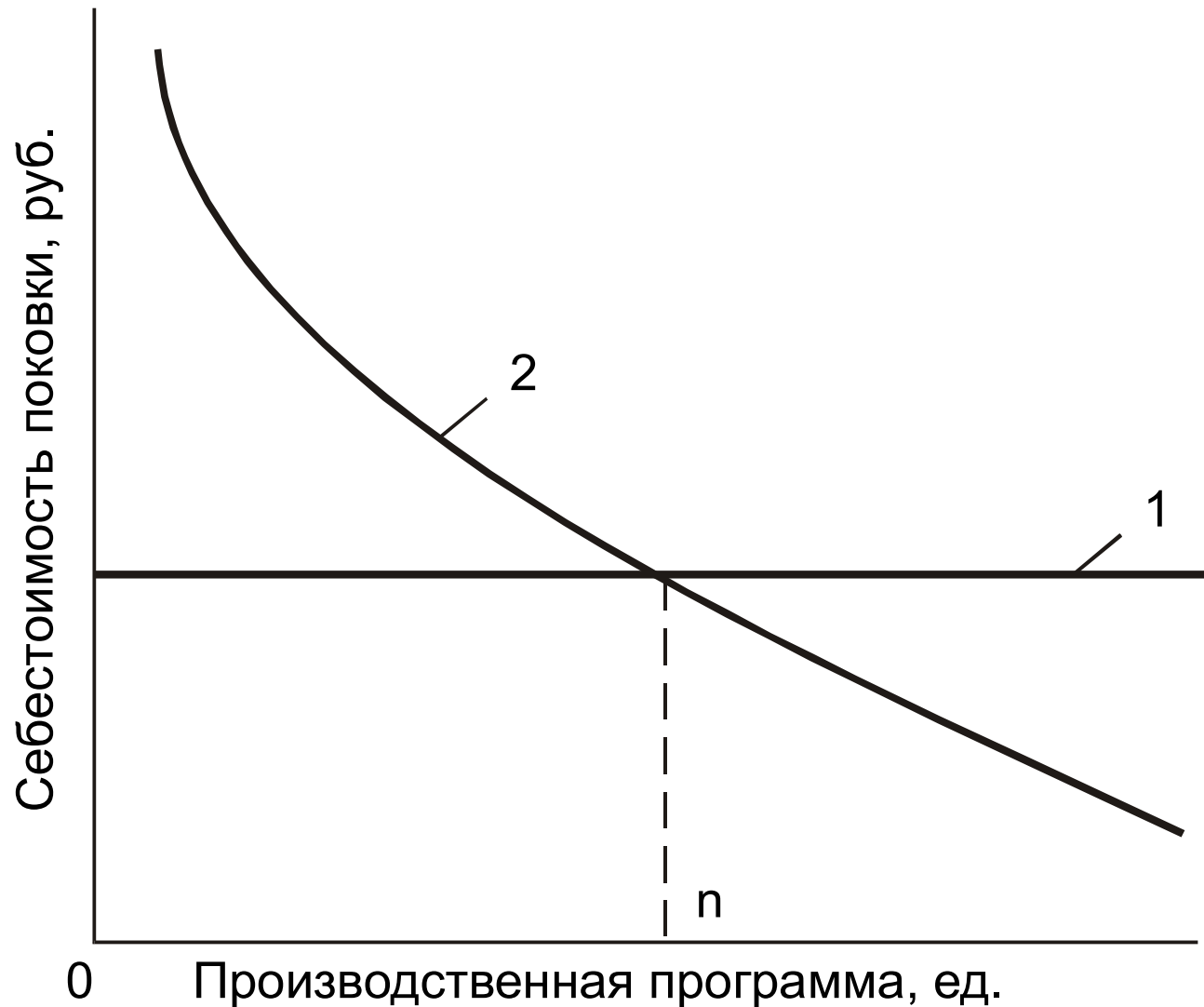
# Преимущества

- высокая производительность;
- высокая точность заготовок и чистота поверхности;
- экономия металла и сокращение затрат на механическую обработку;
- получение заготовок сложной конфигурации.

# Недостатки

- высокая стоимость инструмента;
- узкоспециализированные цели;
- требуется большая мощность.

# Целесообразность применения



# Исходные материалы

- сортовой прокат;
- пресованные прутки;
- литые заготовки;
- прокат периодического профиля.



# Методы выполнения

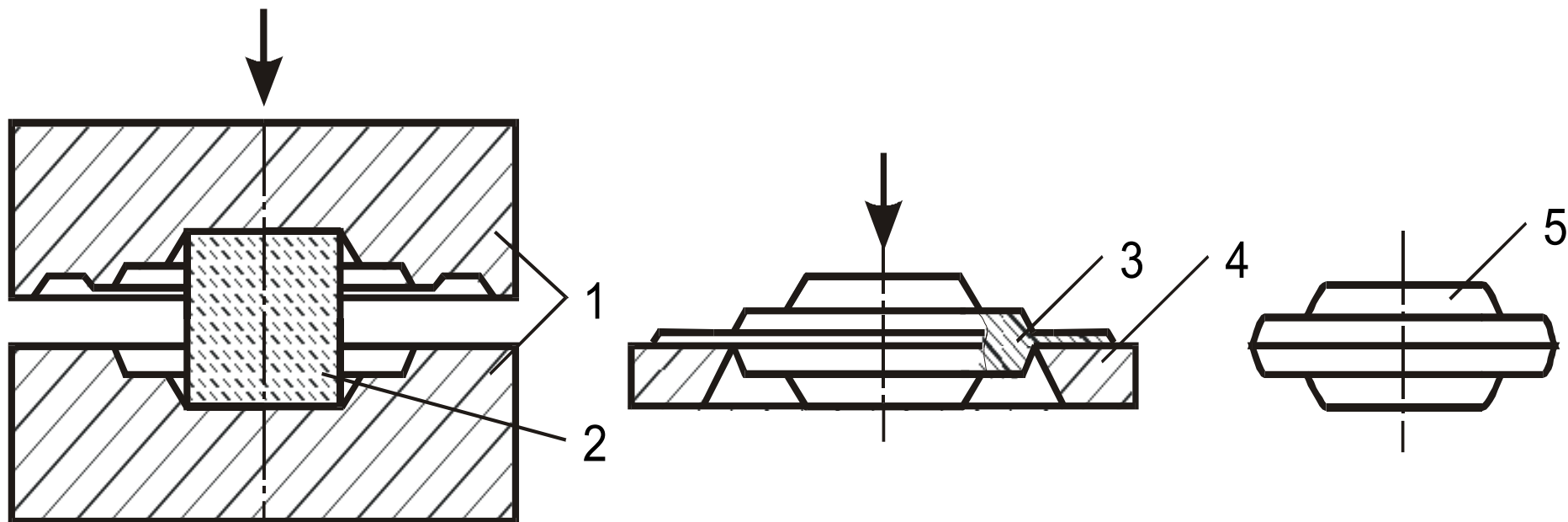
облойный  
(с заусенцем)  
в открытых штампах

$$m_{\text{заг}} > m_{\text{пок}}$$

безоблойный  
(без заусенца)  
в закрытых штампах

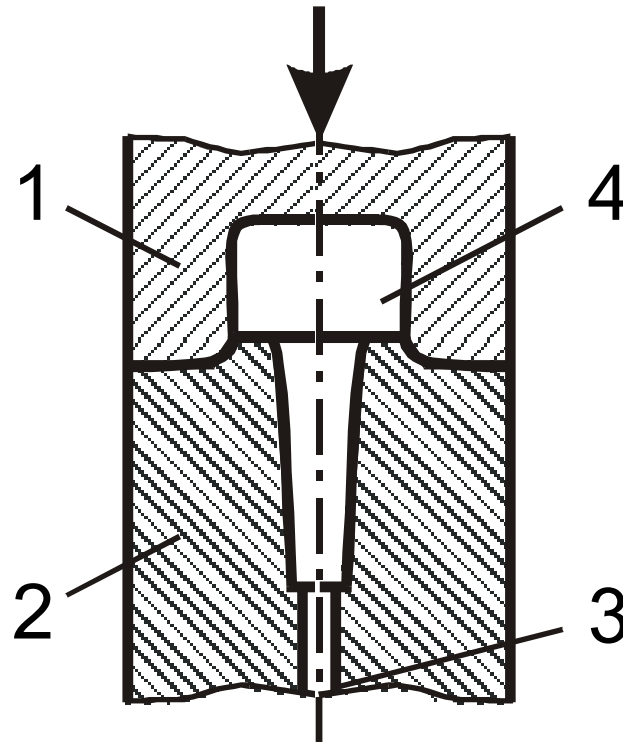
$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}}$$

# Облойный



- хорошее заполнение штампа;
- не требует точного расчета заготовки.

# Безоблойный



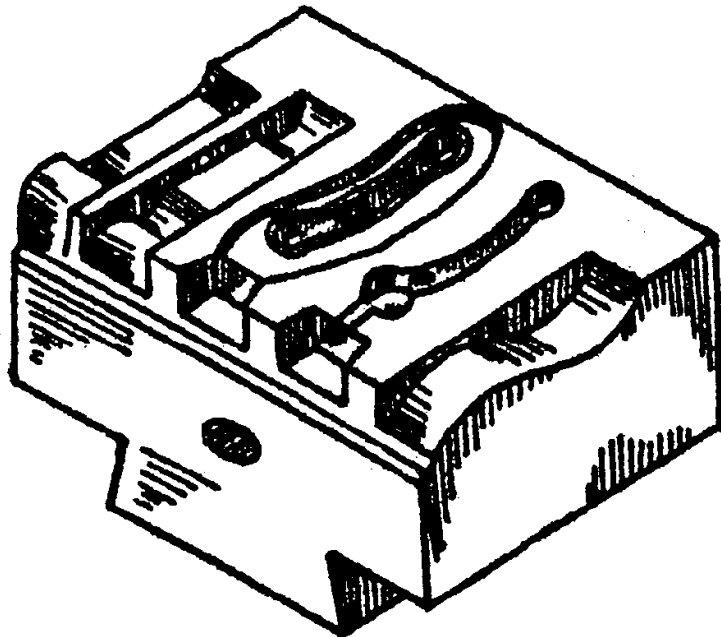
- пониженный расход металла;
- требует точного расчета заготовки.

# Штамповка в многоручьевых штампах

Ручей – полость штампа,  
имеющая форму  
изделия-поковки

заготовительные

штамповочные



черновой  
(предварительный)

чистовой  
(окончательный)

# Схема изменения формы заготовки шатуна

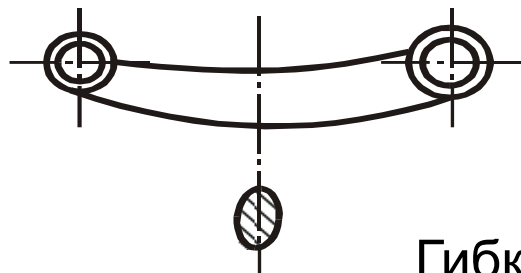
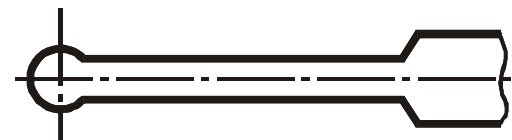
Поковка



Исходная заготовка



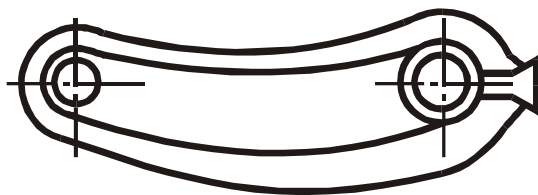
Протяжка



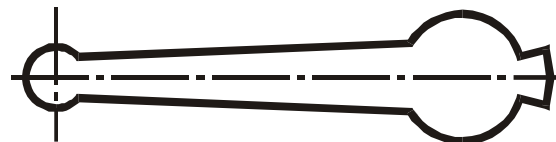
Гибка



Предварительная штамповка



Подкатка



Окончательная штамповка



# Оборудование

```
graph TD; A[Оборудование] --> B[штамповочные молоты  
(m=30 т;  
M/m=20-30)]; A --> C[гидравлические прессы  
(75000 тс)]; A --> D[кривошипные горячештамповочные прессы  
(630.....8000 МН)]; A --> E[горизонтально-ковочные машины  
(100.....3150 тс)];
```

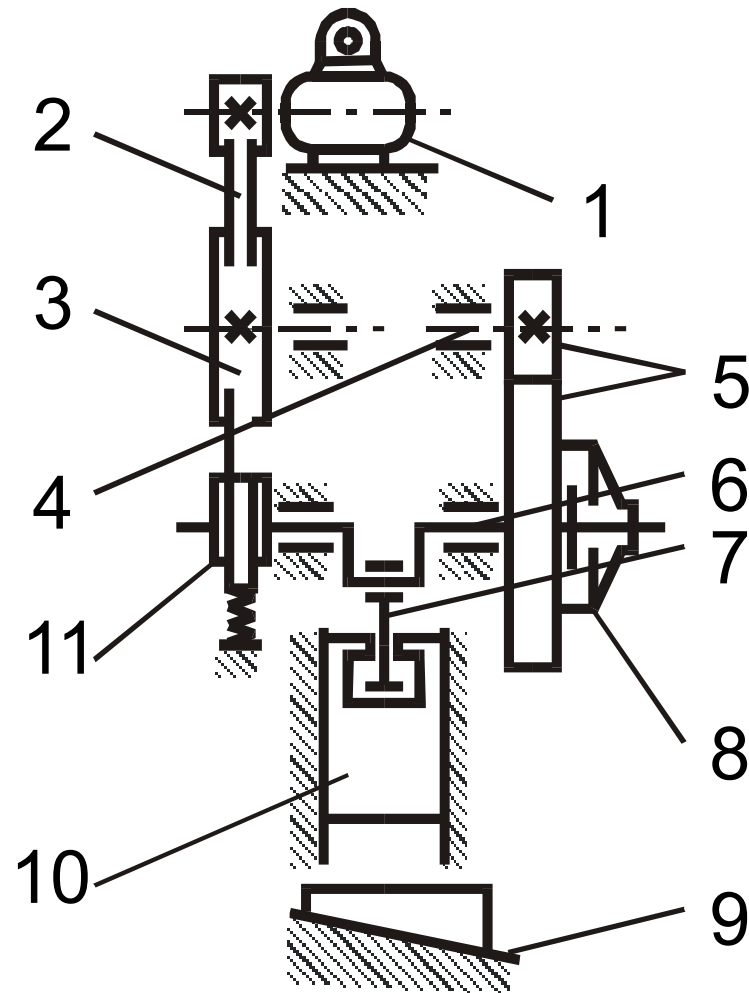
штамповочные  
молоты  
( $m=30$  т;  
 $M/m=20-30$ )

гидравлические  
прессы  
(75000 тс)

кривошипные  
горячештамповочные  
прессы  
(630.....8000 МН)

горизонтально-  
ковочные  
машины  
(100.....3150 тс)

# Кинематическая схема кривошипногорячештамповочного пресса



## 2.3. Листовая штамповка

### Преимущества

- небольшой вес деталей;
- экономичный расход металла;
- хорошая чистота поверхности изделий;
- возможность получения изделий сложной конфигурации в сочетании с пайкой, сваркой, клепкой.



# Материалы

```
graph TD; A[Материалы] --> B[металлические]; A --> C[неметаллические]; B --> D["- низкоуглеродистая сталь;  
- алюминиевые деформируемые сплавы;  
- сплавы на основе меди;  
- сплавы титана."]; C --> E["- картон;  
- кожа;  
- текстолит."];
```

металлические

- низкоуглеродистая сталь;
- алюминиевые деформируемые сплавы;
- сплавы на основе меди;
- сплавы титана.

неметаллические

- картон;
- кожа;
- текстолит.

# Операции

```
graph TD; A[Операции] --> B[разделительные]; A --> C[формообразующие]; B --> D["- отрезка;  
- вырубка;  
- пробивка."]; C --> E["- гибка;  
- вытяжка;  
- обжим;  
- отбортовка."];
```

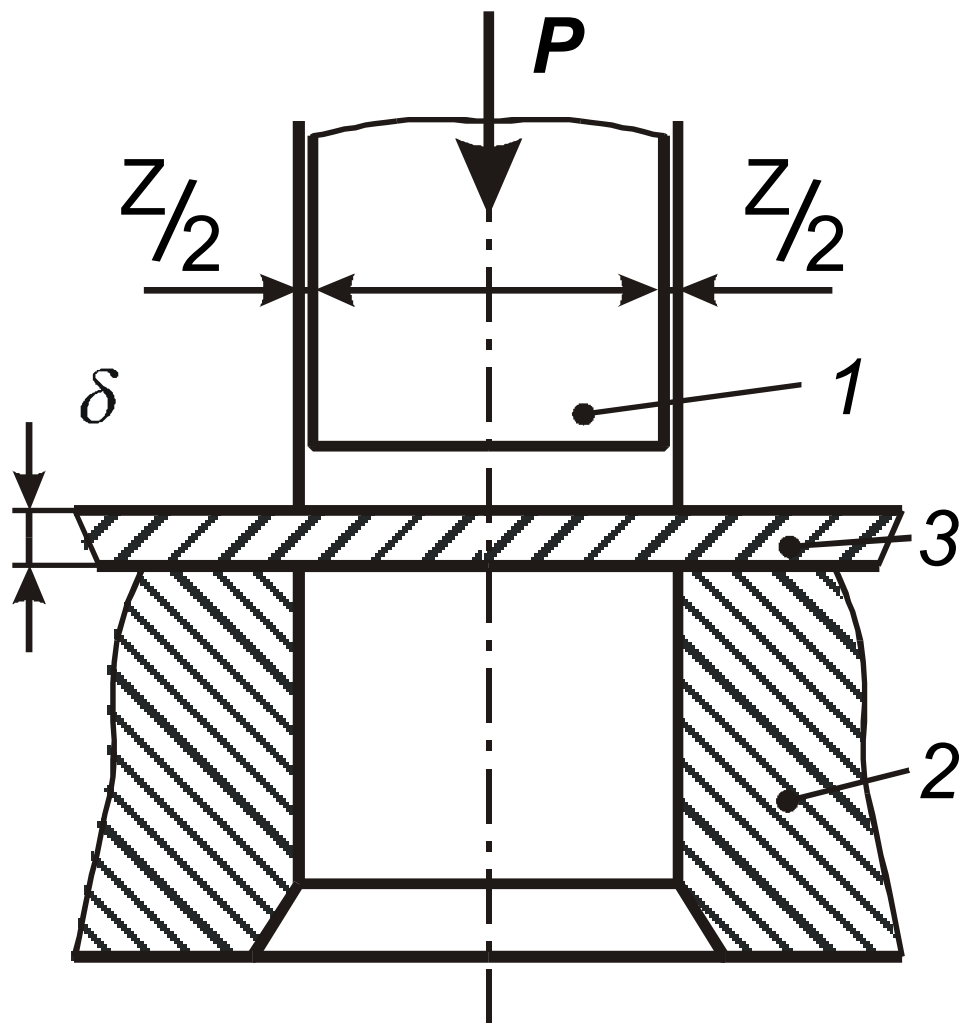
разделительные

- отрезка;
- вырубка;
- пробивка.

формообразующие

- гибка;
- вытяжка;
- обжим;
- отбортовка.

# Принципиальная схема вырубki



# Действительное усилие вырубki

$$P = (1,1 \dots 1,3) \cdot \Pi \cdot \delta \cdot \tau_{\text{ср}};$$

$\delta$  до 20 мм ;

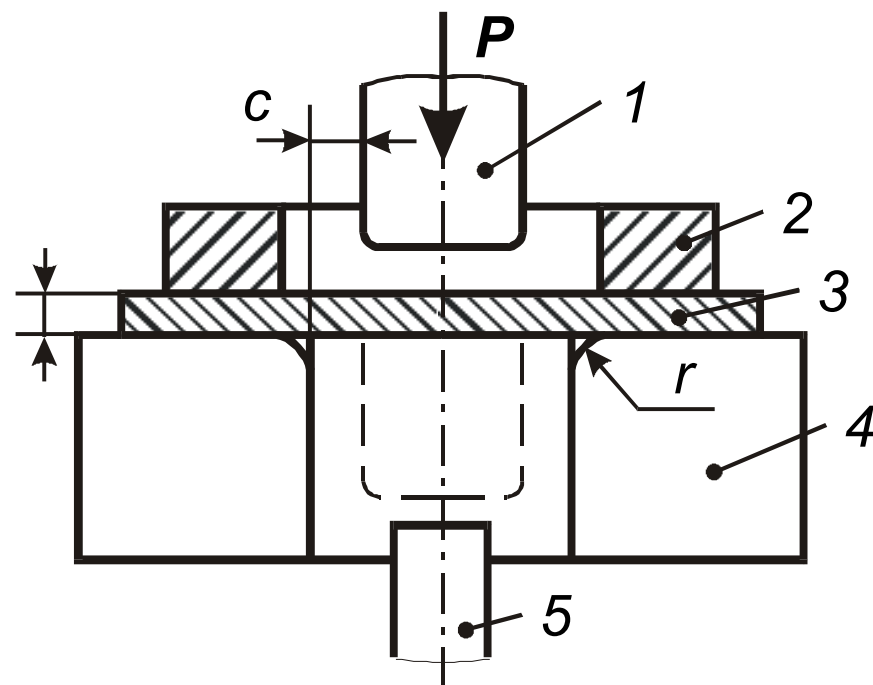
$$\tau_{\text{ср}} = (0,80 \dots 0,86) \cdot \sigma_{\text{в}}.$$

Оптимальный зазор

$$z = (0,05 \dots 0,1) \cdot \delta.$$

Вытяжка –  
процесс  
превращения  
плоской или полрой  
заготовки в открытое  
сверху полое  
изделие,  
осуществляемый с  
помощью вытяжных  
штампов.

Принципиальная  
схема вытяжного  
штампа



# Вытяжка

без утонения  
стенок

с утонением  
стенок

$$C = (1,05 \dots 1,2) \cdot \delta.$$

$$C < \delta;$$

$$r = (1 \dots 10) \cdot \delta.$$

Коэффициент вытяжки

$$K_v = \frac{D_{\text{заг}}}{d_{\text{изд}}} = 1,5 \dots 2.$$

# Устранение наклепа

- отжиг в электропечах шахтного типа;
- безокислительный отжиг;
- индукционный нагрев токами промышленной частоты.

## Литература:

Маслакова, Л. П. Применение обработки металлов давлением в автотракторостроении: учеб. пособие / Л.П. Маслакова, Д.С. Фатюхин. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 105 с.