

**Основные
способы обработки
металлов
давлением**

Обработка металлов давлением

получение
машиностроительных
профилей

прокатка

прессование

волочение

получение
фасонных
заготовок

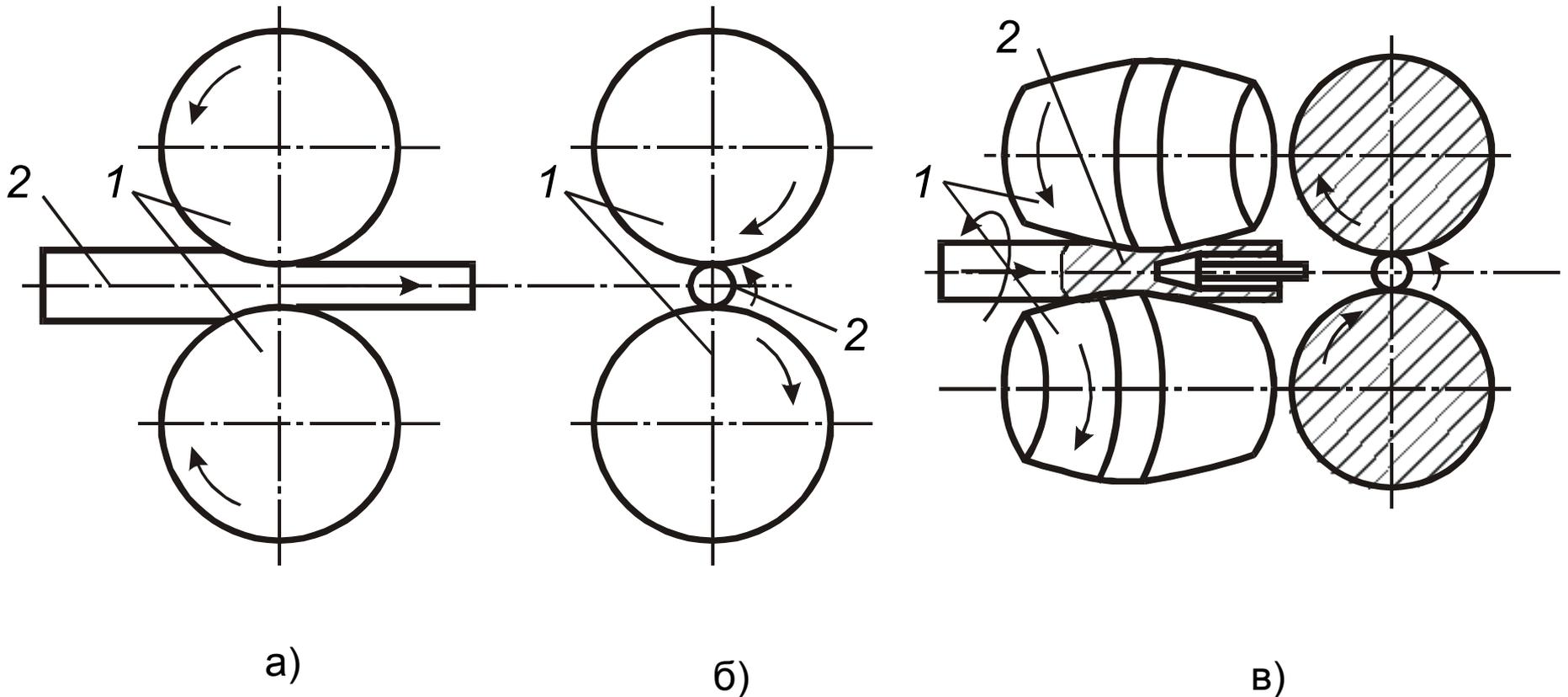
ковка

горячая объемная
штамповка

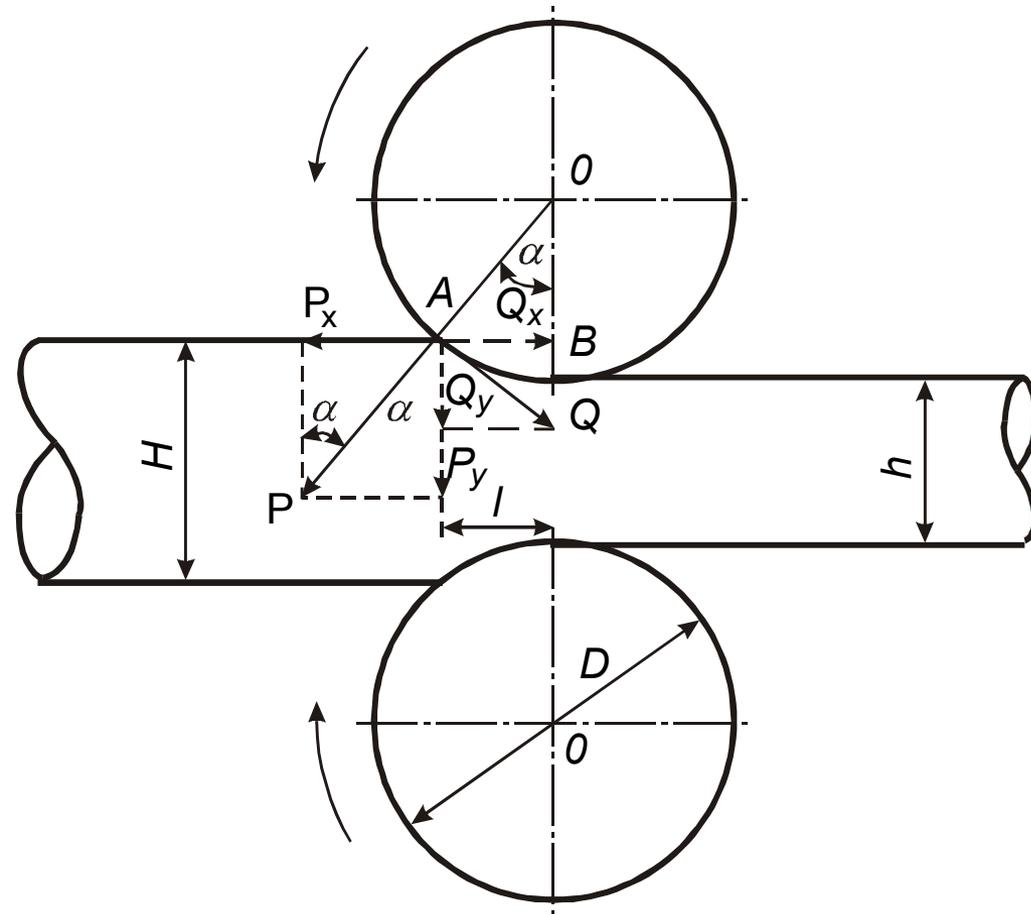
листовая штамповка

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;

α - 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

$$Q_x > P_x;$$

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

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

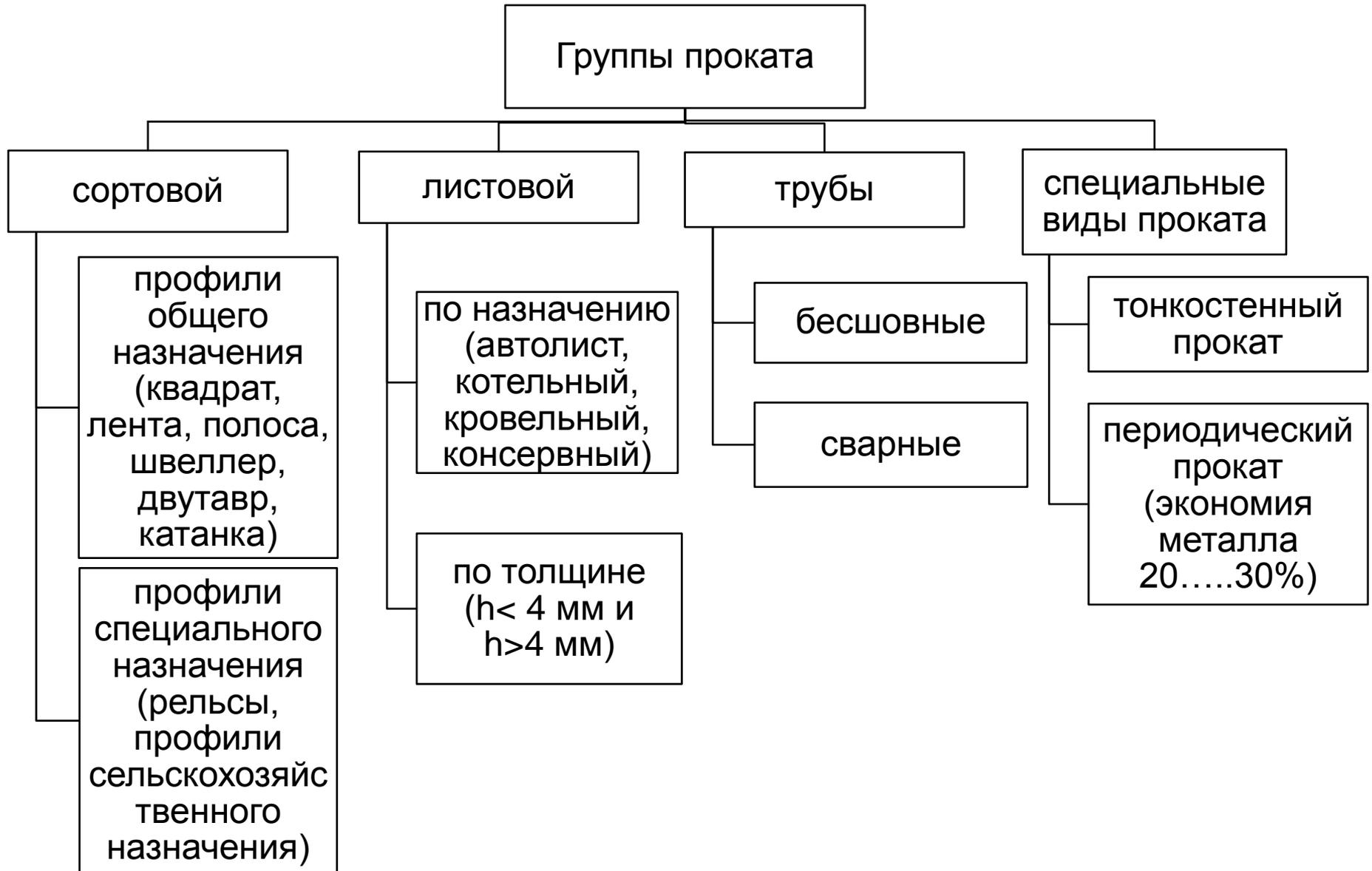
$$f > \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\varphi > \alpha.$$

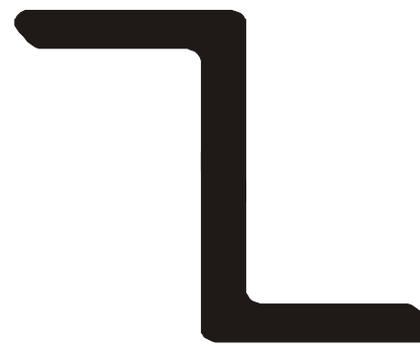
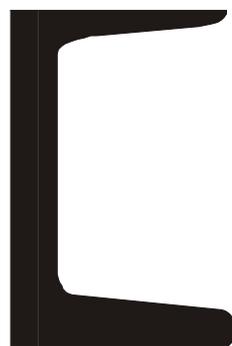
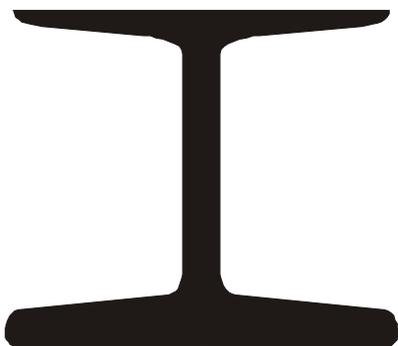
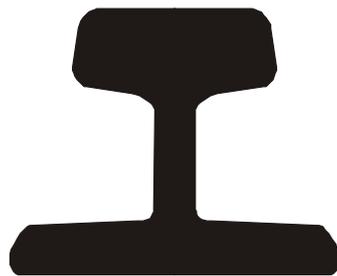
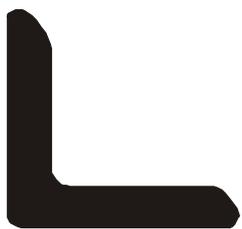
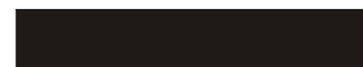
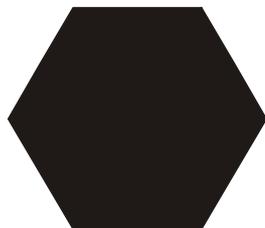
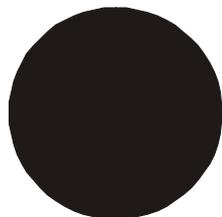
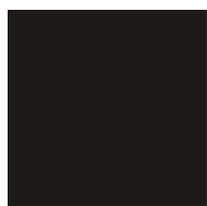
Максимальный угол захвата

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

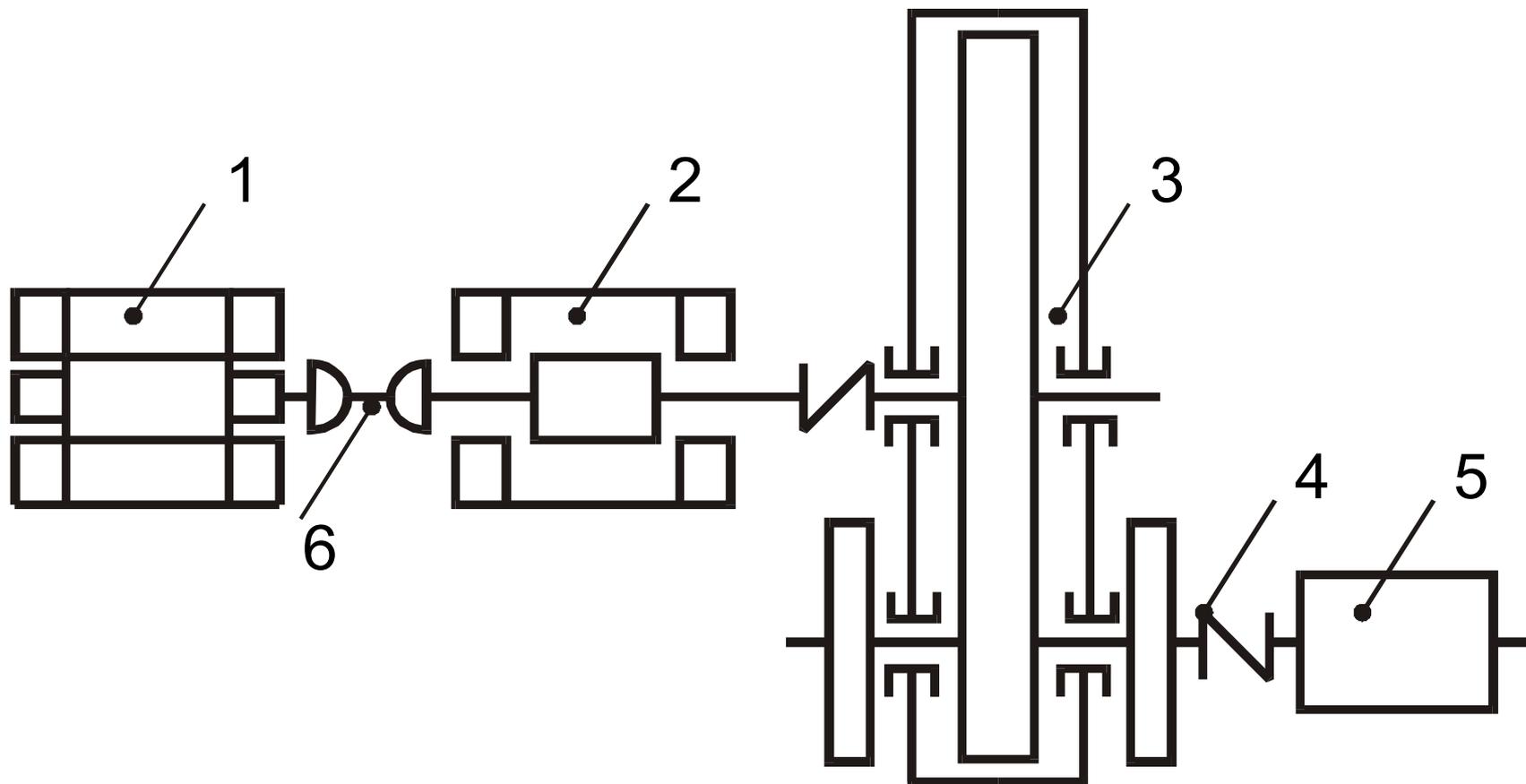
Сортамент – изделия полученные прокаткой.



Некоторые виды прокатной продукции

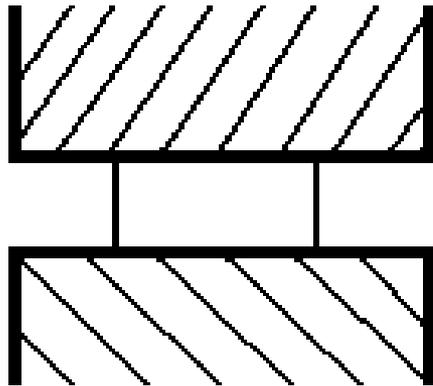


Прокатный стан – комплекс технологических машин – орудий, обеспечивающих полученные изделия прокаткой.



Прокатные валки

гладкие



калиброванные

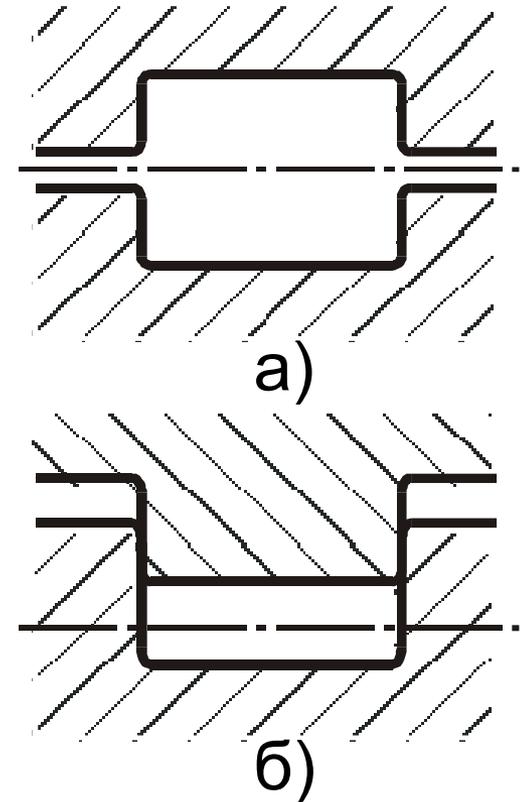


Схема трехвалкового стана поперечно-винтовой прокатки для производства заготовок шаров подшипников

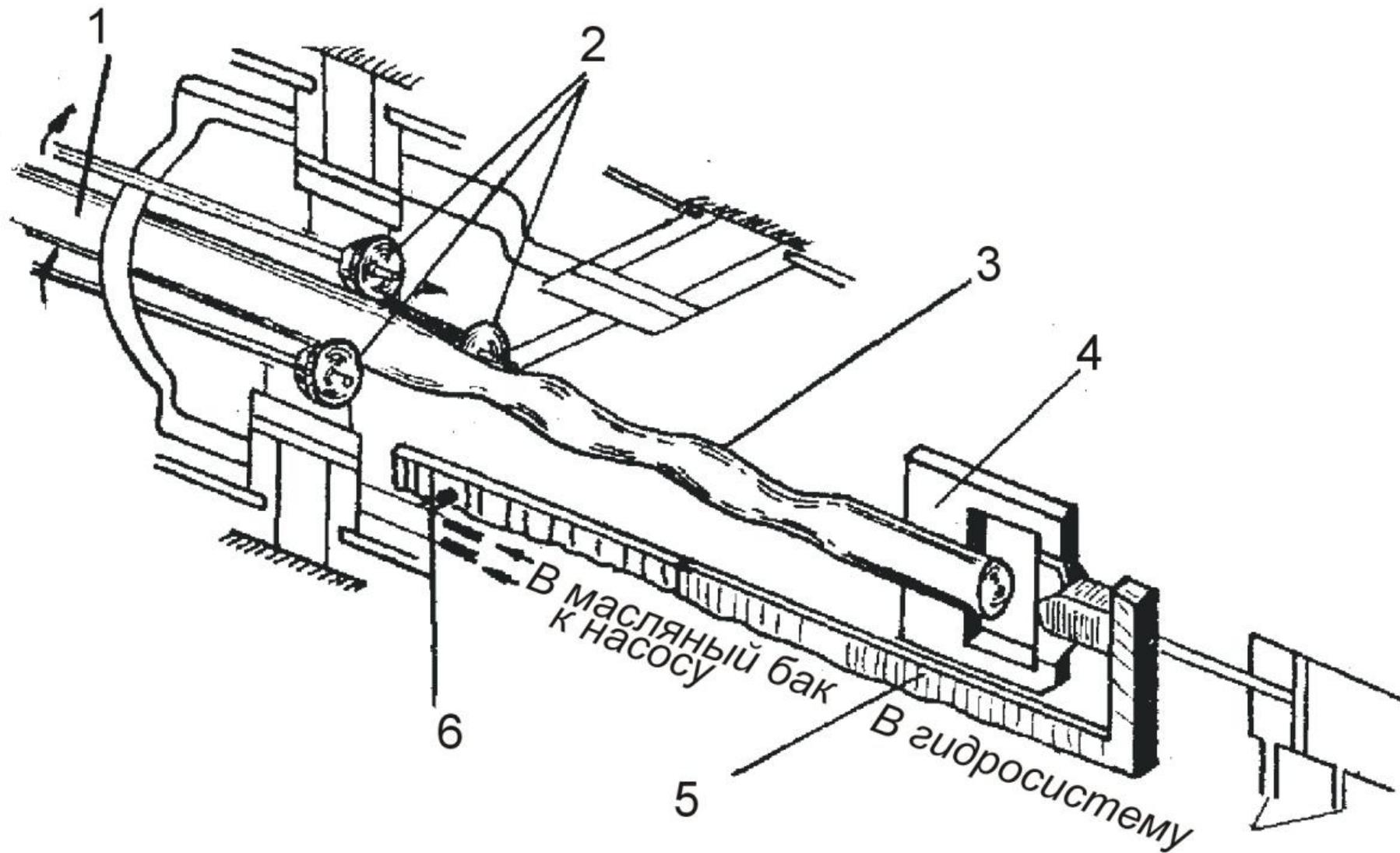
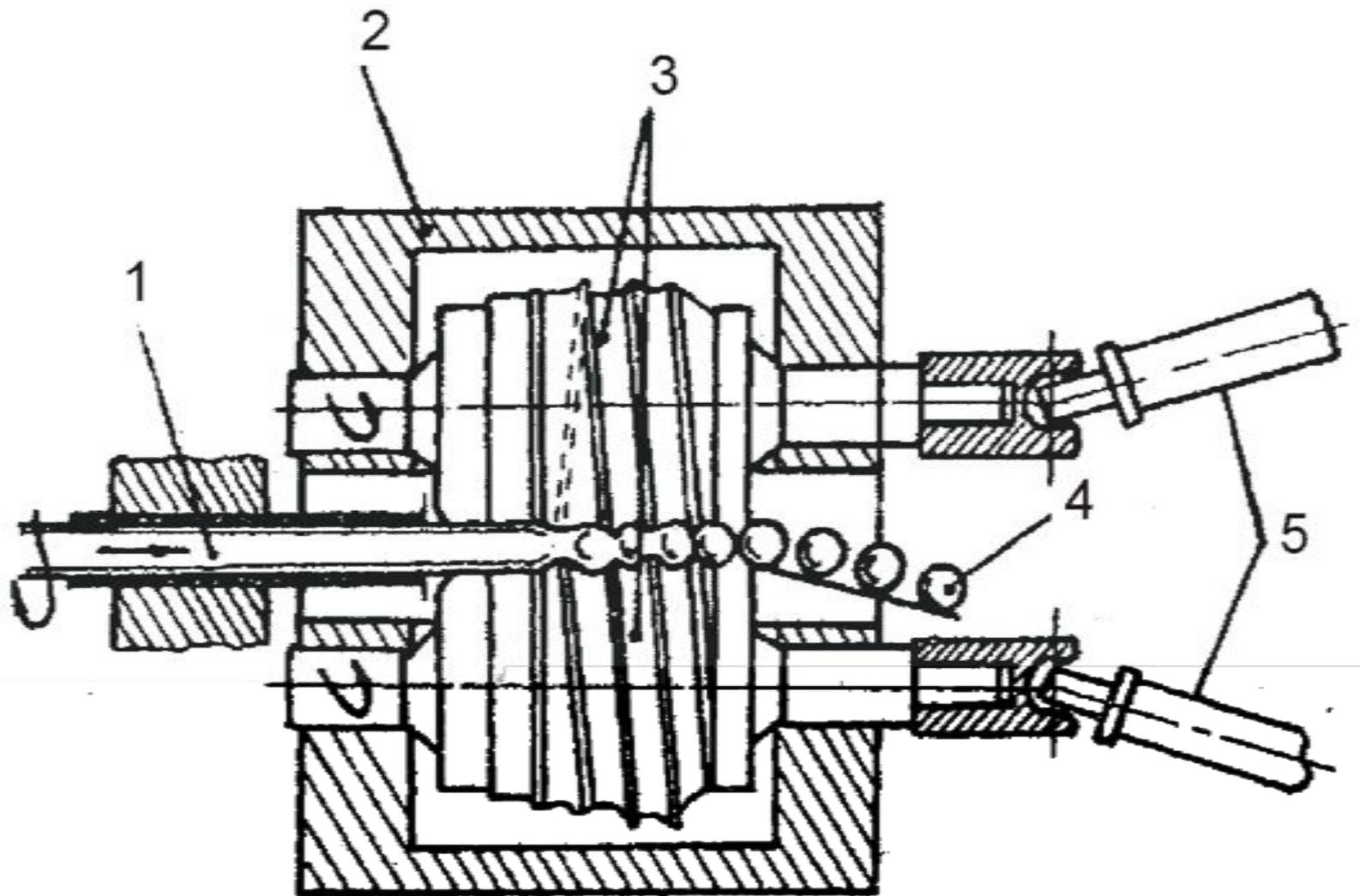
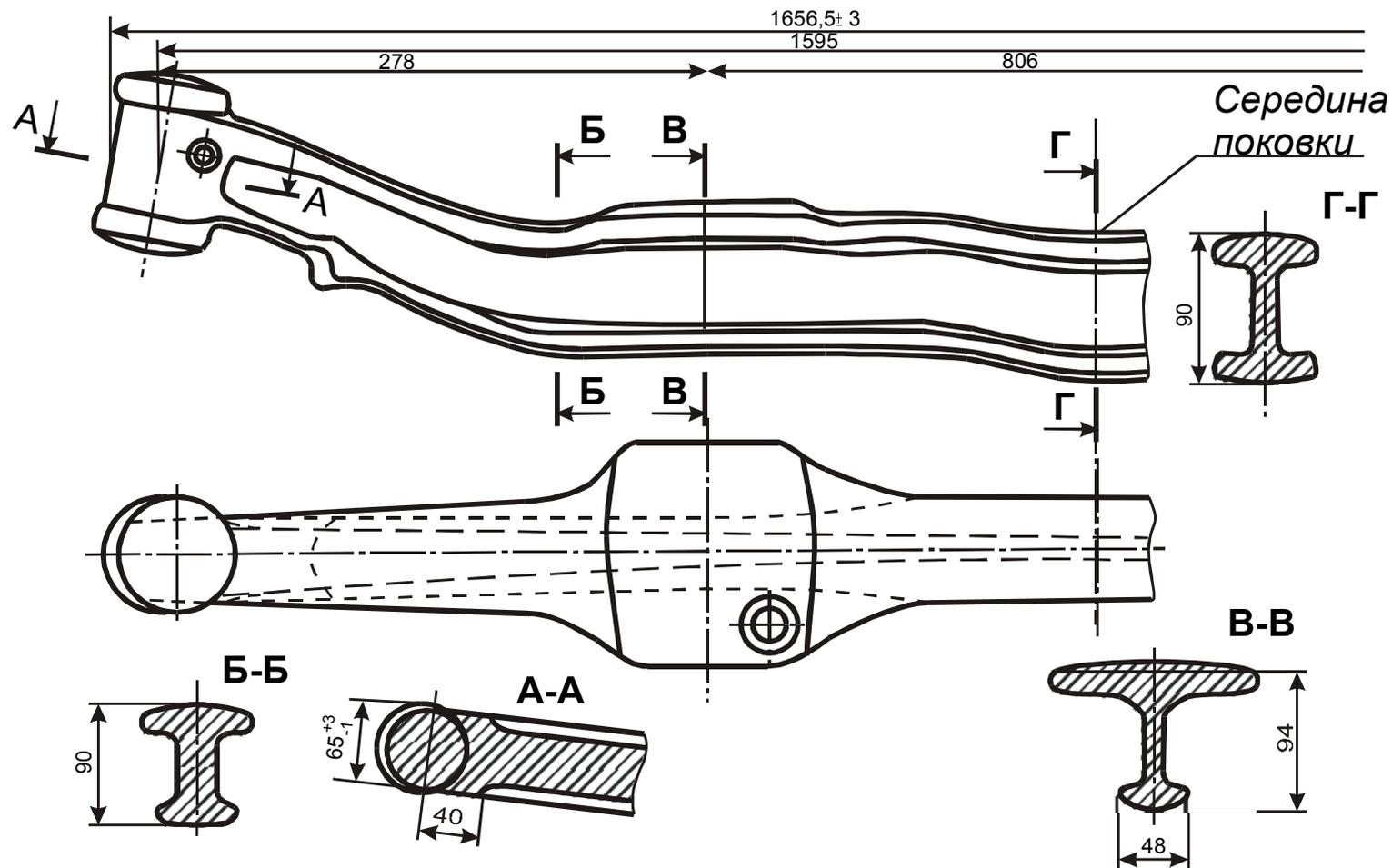


Схема двухвалкового стана для прокатки шаров шарикоподшипников

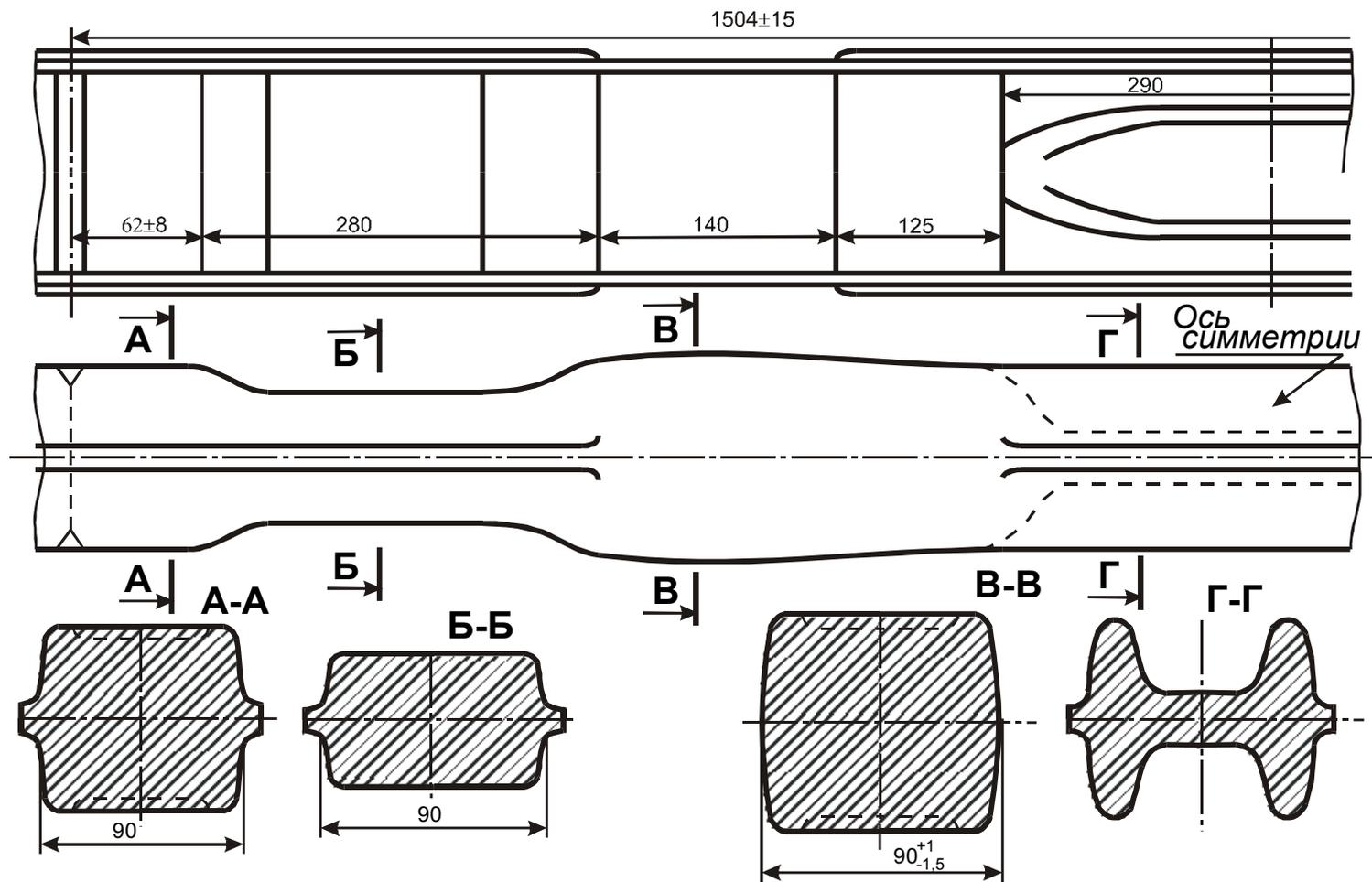


Пример использования периодического стального профиля



Чертеж поковки передней оси грузового автомобиля

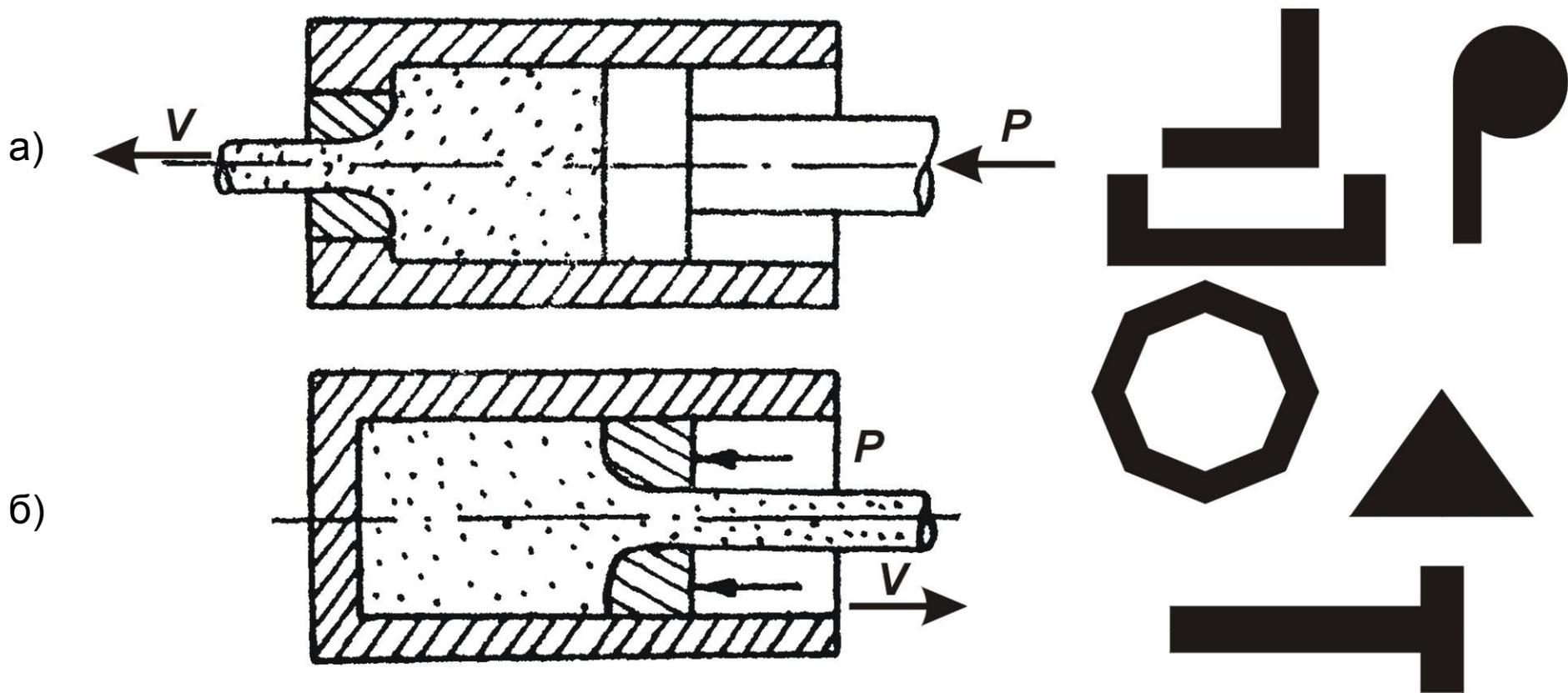
Пример использования периодического стального профиля



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

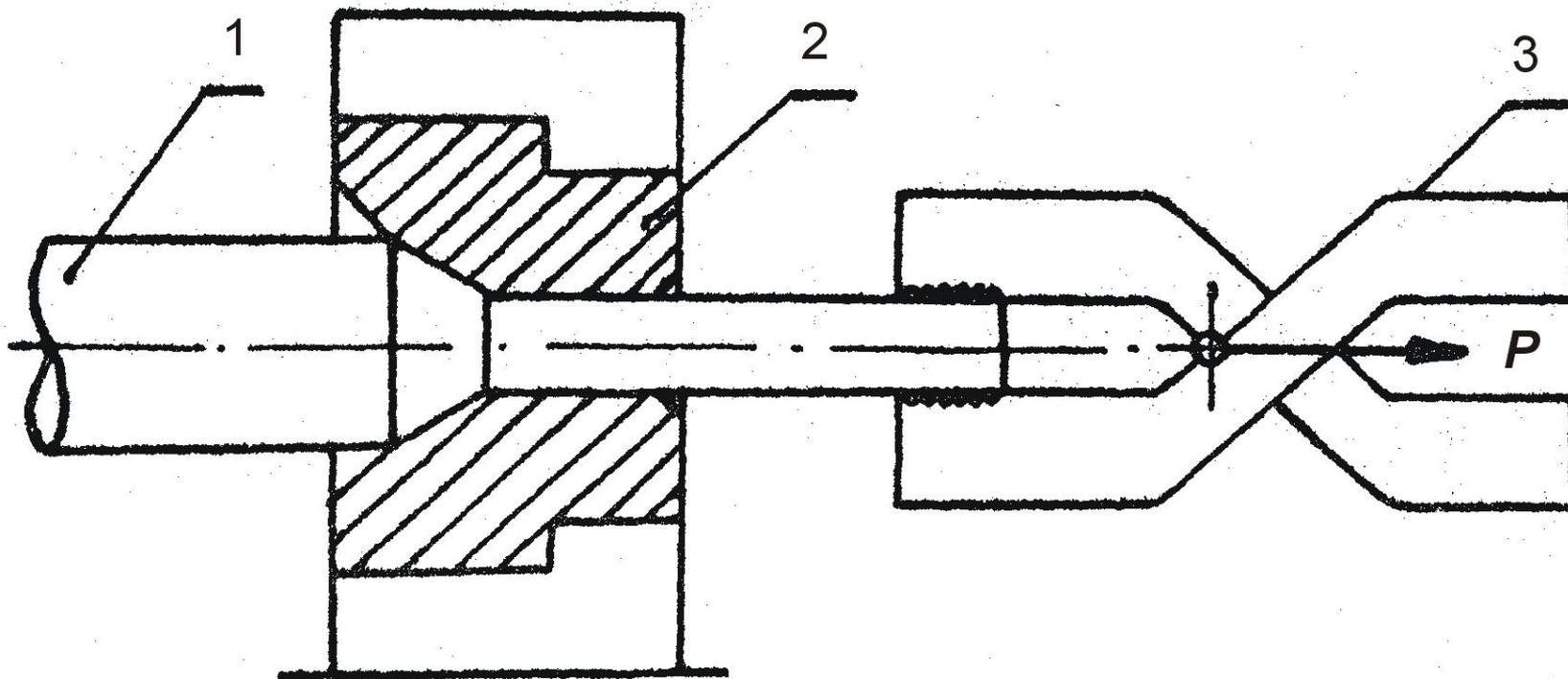
- возможность подвергать деформации малопластичные материалы;
- позволяет получать профили сколь угодно сложной формы;
- более экономичный, чем прокатка;
- высокая гибкость перехода от одного профиля к другому путем замены матрицы;
- точность профилей намного выше, чем при прокатке.

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).

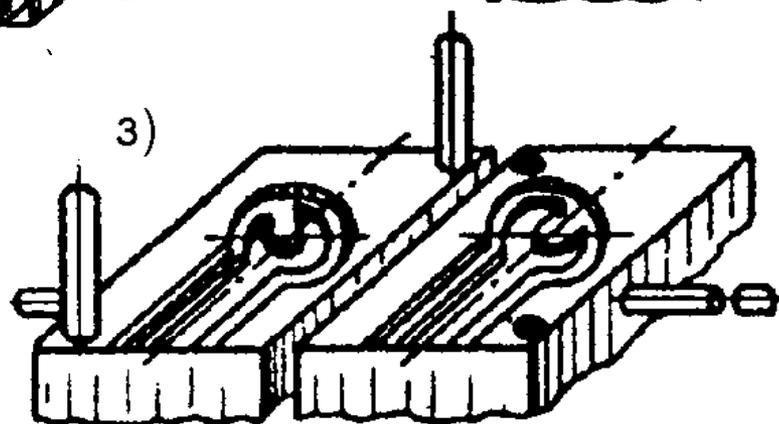
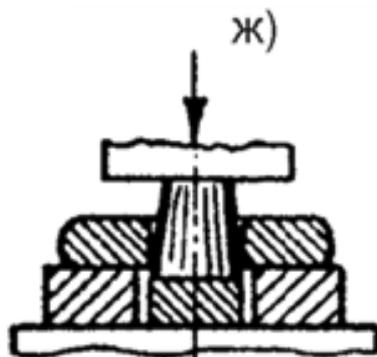
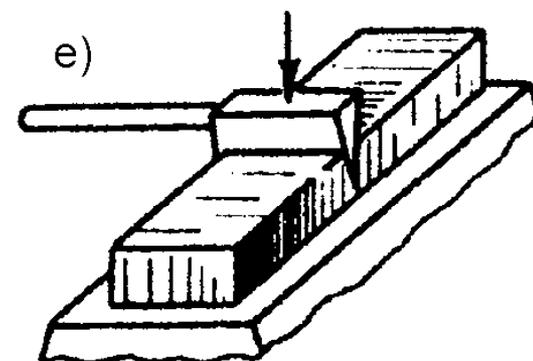
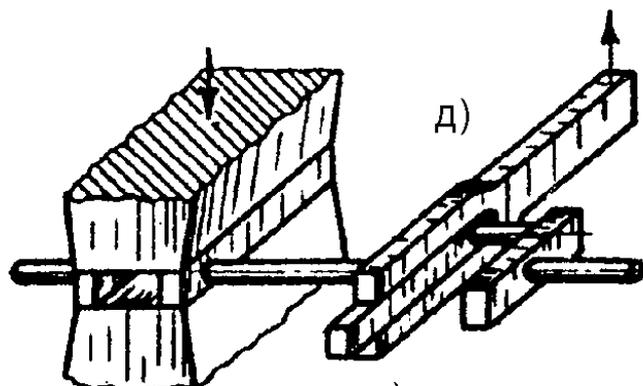
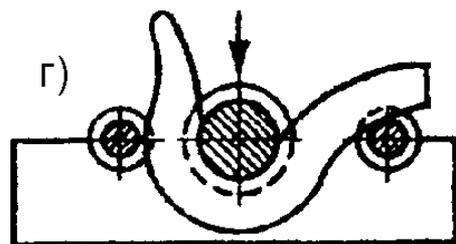
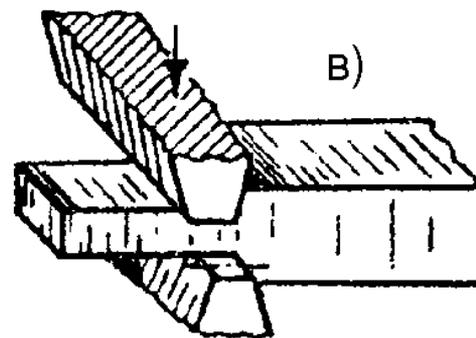
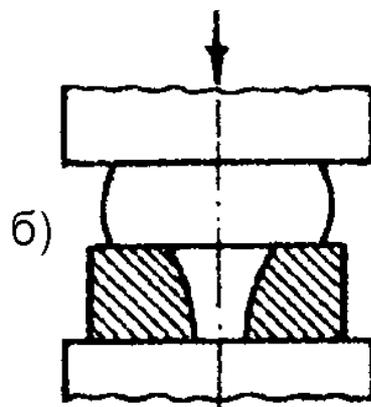
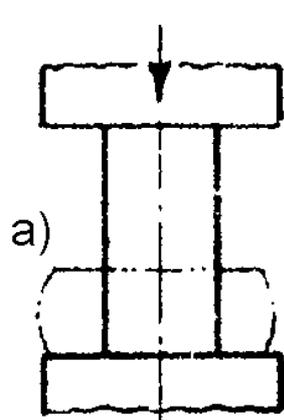
Методом волочения:

- 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 $Y = \frac{F_0}{F_1}$:

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

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

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

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

Оборудование дляковки

машины
динамического типа
(молоты)

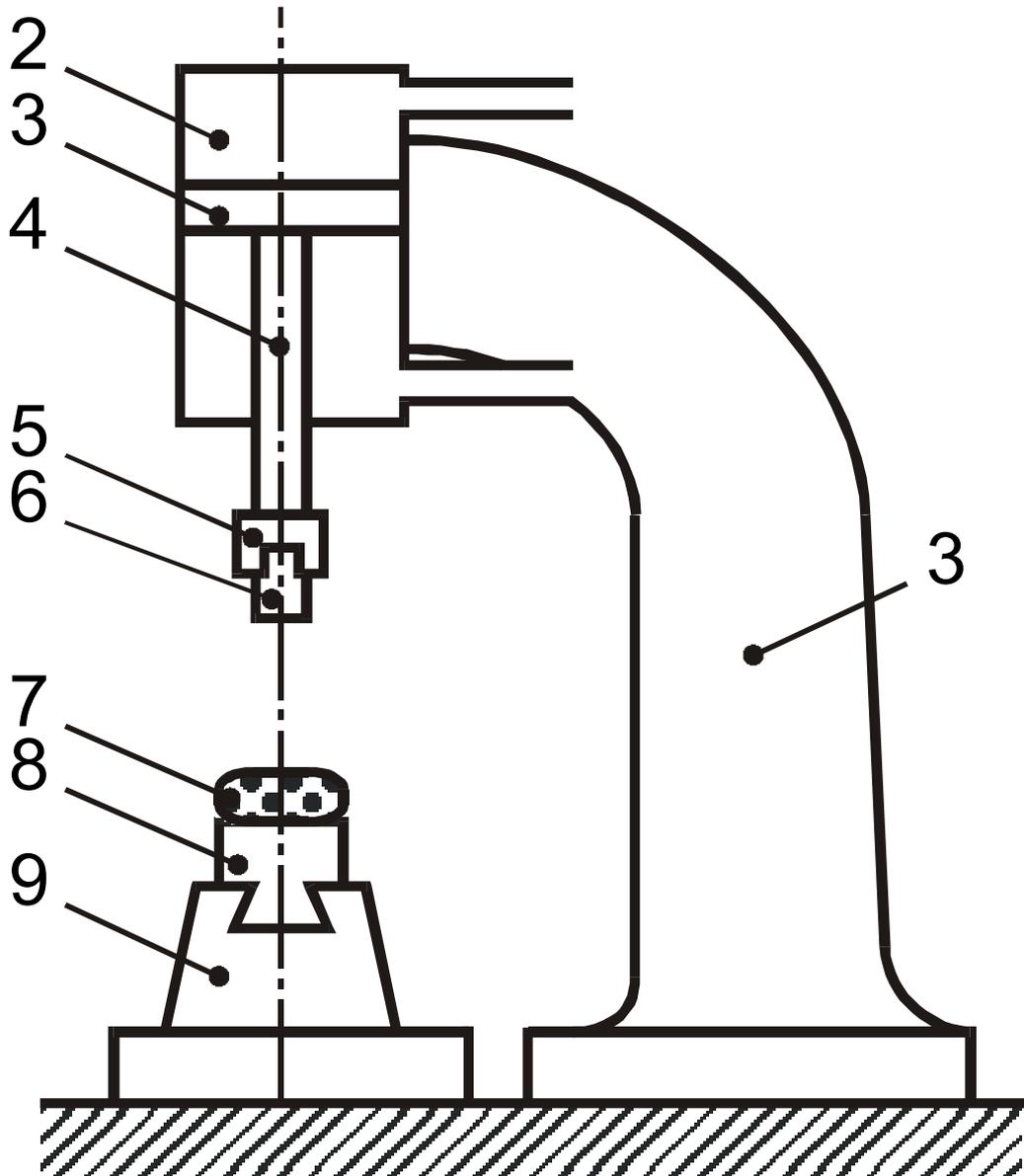
машины
статического действия
(гидравлические прессы)

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.

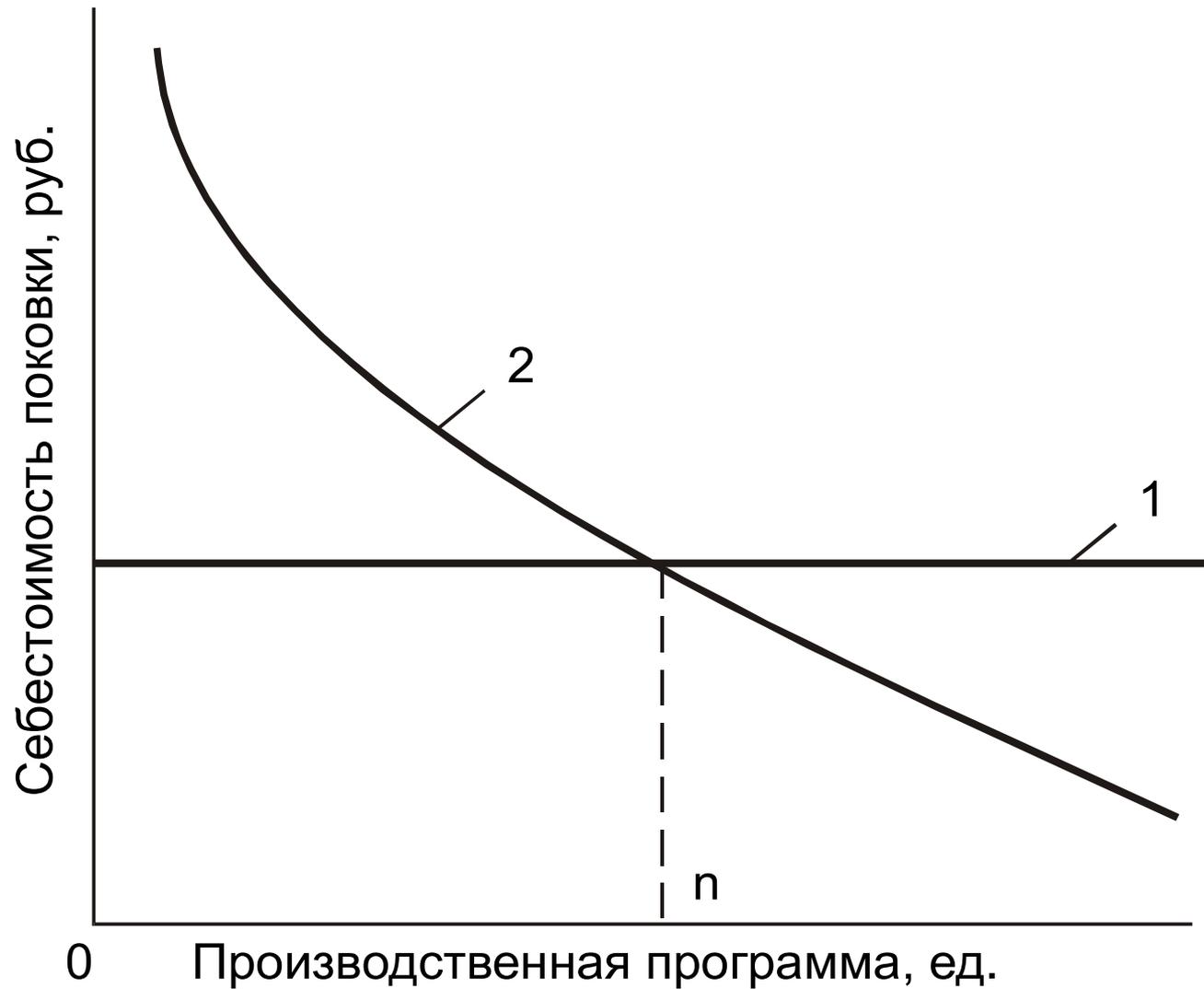
Преимущества

- 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

```
graph TD; A[Методы выполнения] --> B[облойный (с заусенцем) в открытых штампах]; A --> C[безоблойный (без заусенца) в закрытых штампах];
```

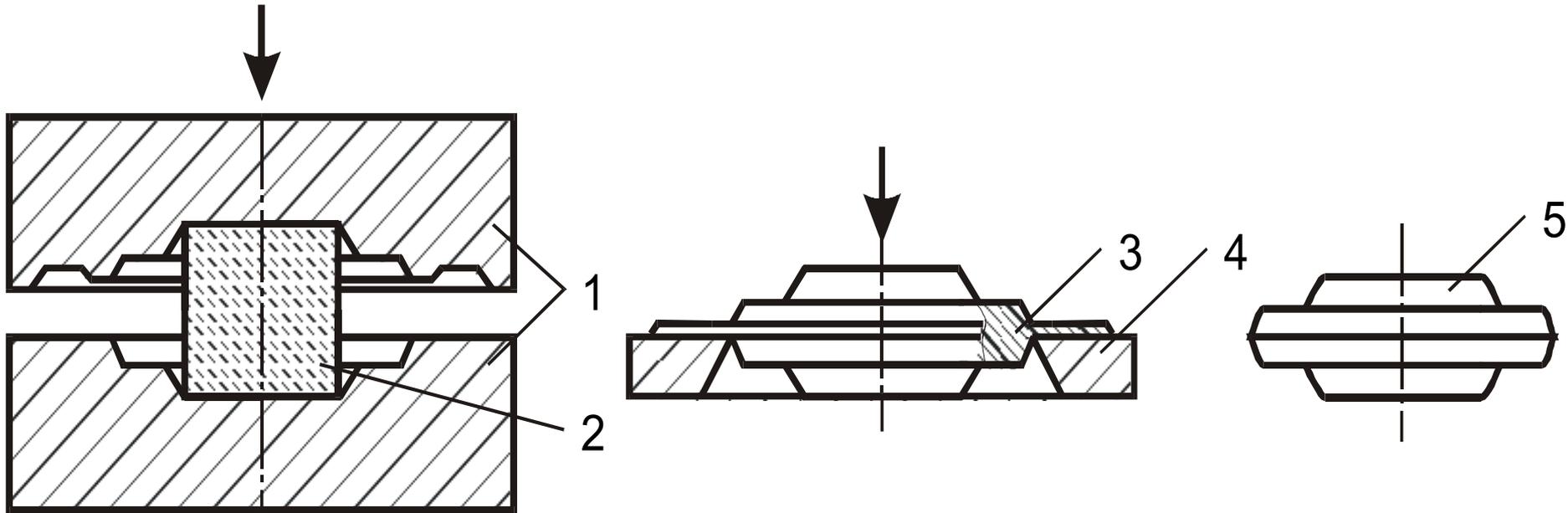
облойный
(с заусенцем)
в открытых штампах

$$m_{\text{заг}} > m_{\text{пок}}$$

безоблойный
(без заусенца)
в закрытых штампах

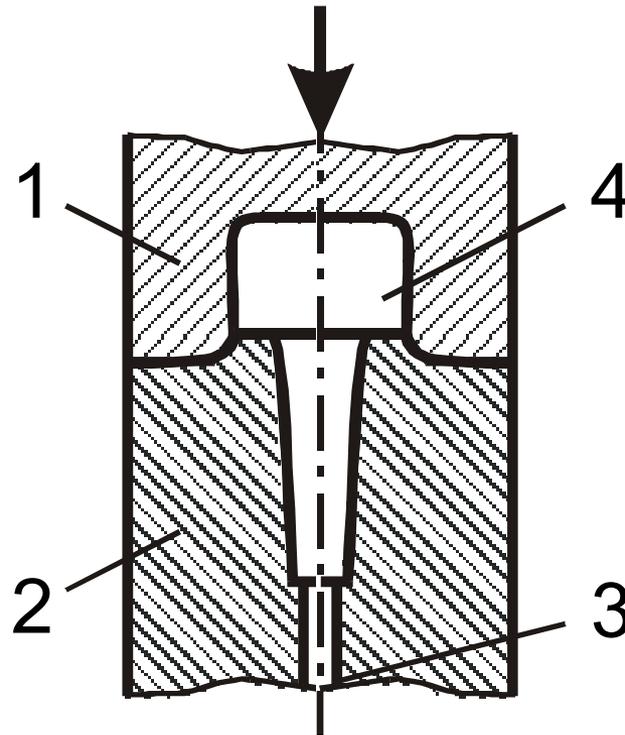
$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}}$$

Облойный



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

Безоблойный



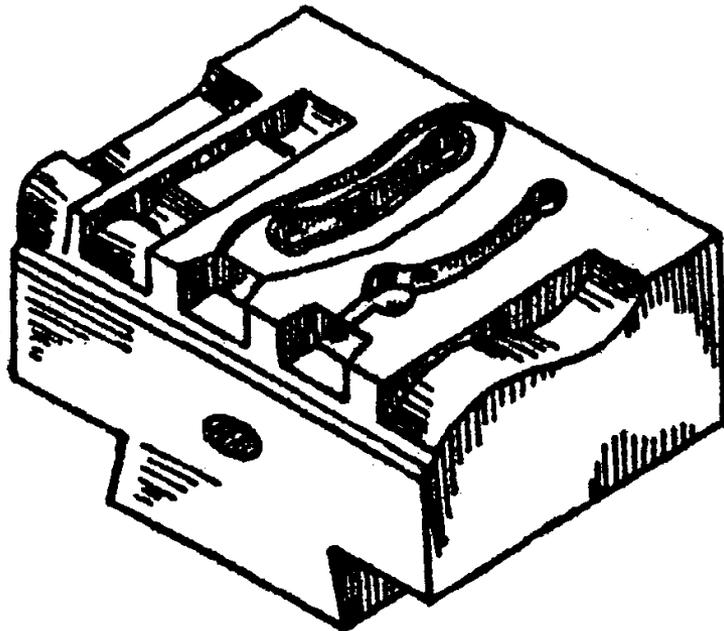
- пониженный расход металла;
- требует точного расчета заготовки.

Штамповка в многоручьевых штампах

Ручей – полость штампа,
имеющая форму
изделия-поковки

заготовительные

штамповочные

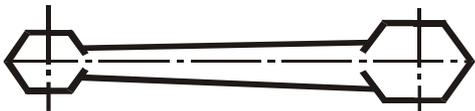


черновой
(предварительный)

чистовой
(окончательный)

Схема изменения формы заготовки шатуна

Поковка



Исходная заготовка



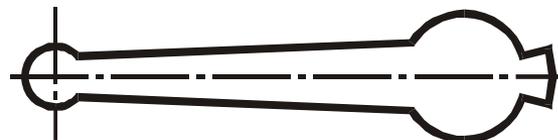
Протяжка



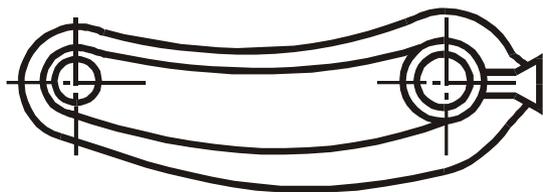
Гибка



Подкатка



Предварительная штамповка



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)];
```

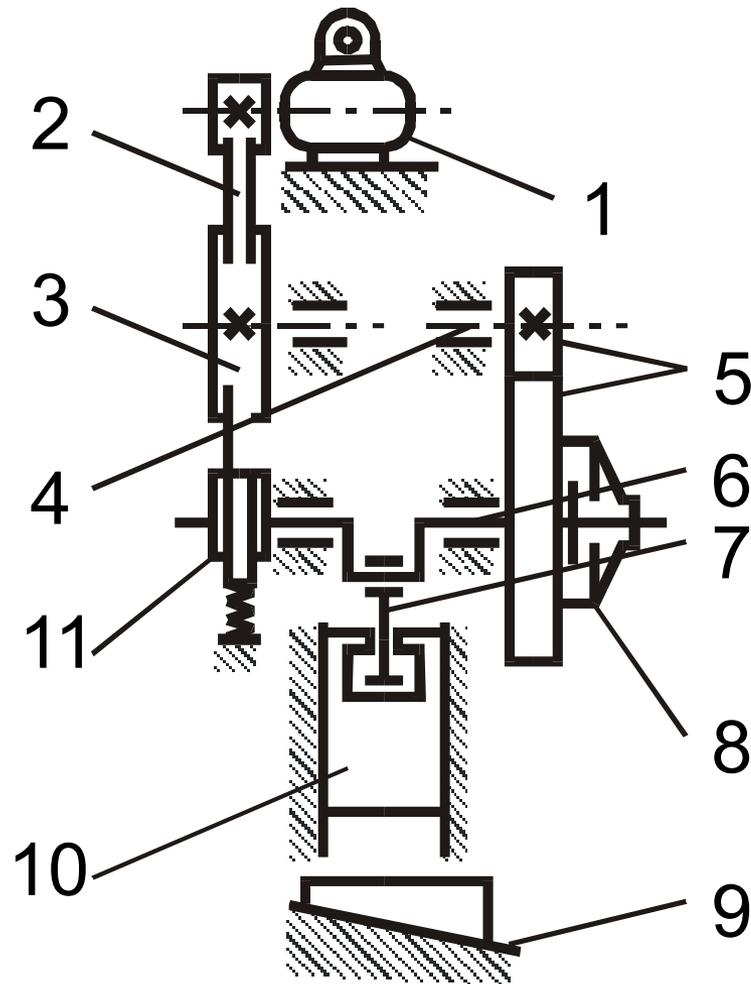
штамповочные
молоты
($m=30$ т;
 $M/m=20-30$)

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;"]; B --> E["- вырубка;"]; B --> F["- пробивка."]; C --> G["- гибка;"]; C --> H["- вытяжка;"]; C --> I["- обжим;"]; C --> J["- отбортовка."];
```

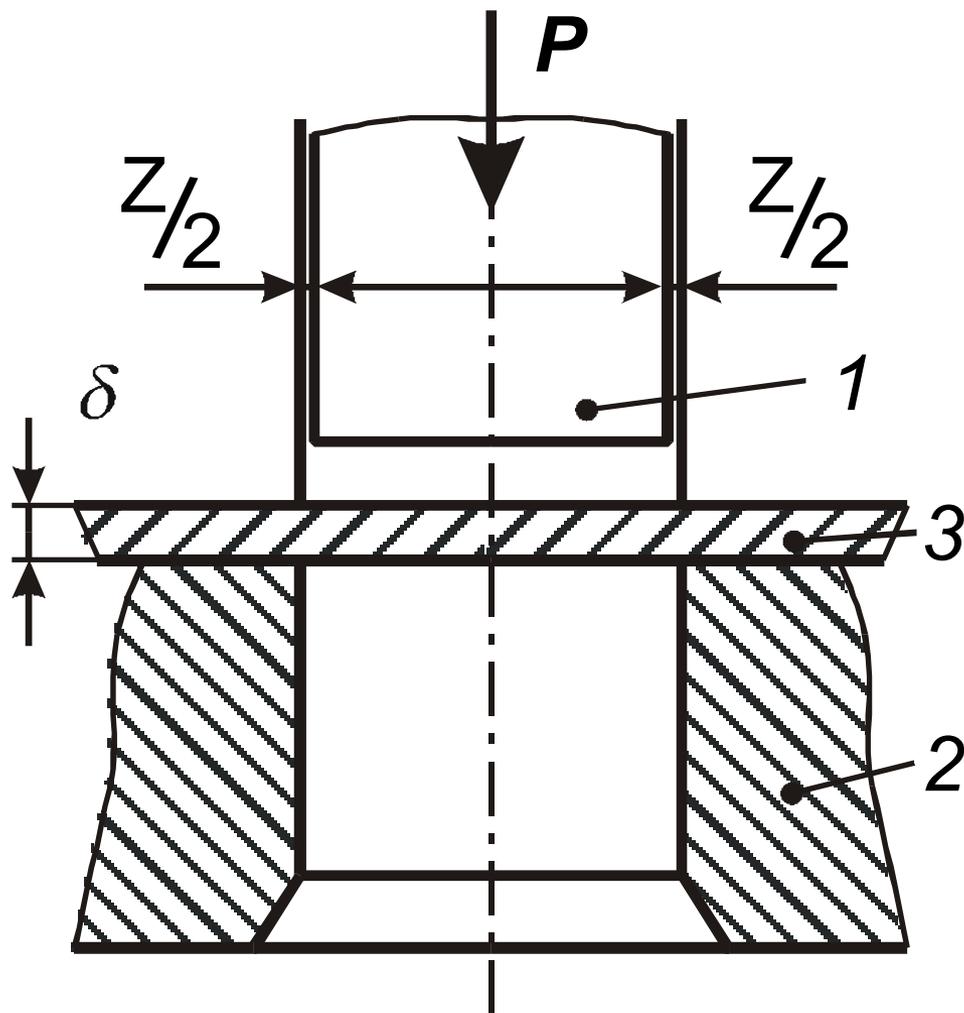
разделительные

- отрезка;
- вырубка;
- пробивка.

формообразующие

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

Принципиальная схема вырубki



Действительное усилие вырубki

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

δ до 20 мм ;

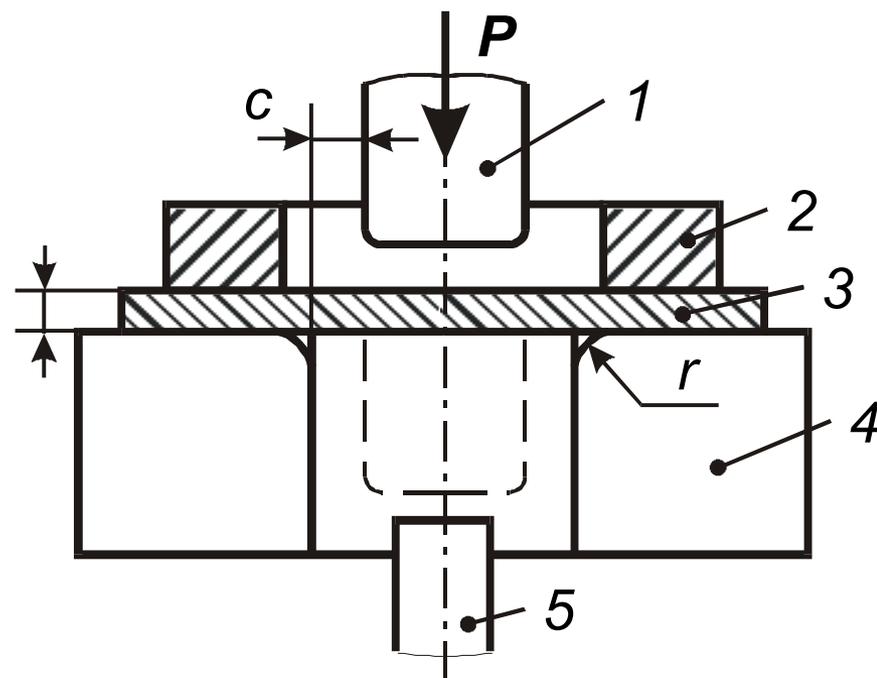
$$\tau_{\text{ср}} = (0,80 \dots 0,86) \cdot \sigma_{\text{в}}.$$

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.