

The background of the slide is a blurred photograph of an industrial facility, likely a metal processing plant. It shows various pieces of machinery, pipes, and structural elements in shades of blue and grey, with some yellowish light reflecting off surfaces. The overall scene is out of focus, emphasizing the text in the foreground.

# **ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ (ОМД)**

# Обработка металлов давлением

**Обработка металлов давлением** заключается в пластическом изменении формы и размеров деталей посредством их деформирования.

Основные задачи пластического деформирования:

- формообразование;
- улучшение структуры металла с целью повышения его физико-механических свойств.

Исходными материалами ОМД являются слитки или заготовки массой 3...8 т, редко до 300 т (для получения специальных поковок).

# Область применения ОМД

В автомобиле- и тракторостроении широко используется продукция прокатного производства: лист, трубы, сортовой прокат.

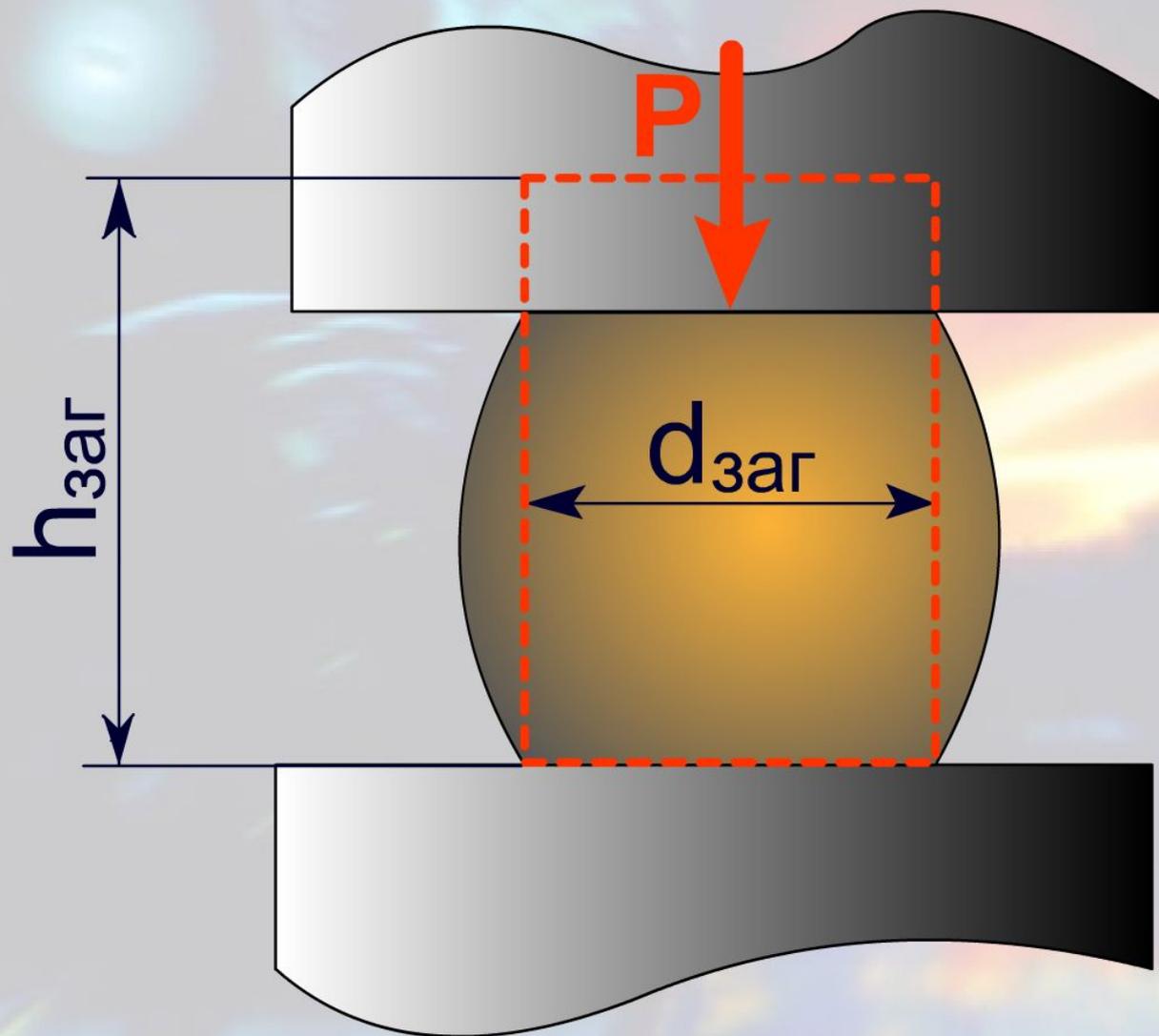
Методом объемной штамповки получают заготовки для ответственных деталей (коленчатые валы, крестовины кардана, шатуны и т.д.).



Листовая штамповка используется при изготовлении кузовов легковых автомобилей, кабин грузовых автомобилей и тракторов и т.д.



**Деформация** - способность металла получать остаточное изменение формы и размера без разрушения.



# Величина деформации при обработке давлением

Абсолютные деформации:

$$\Delta h = h_0 - h_1 \text{ - обжатие}$$

$$\Delta l = l_1 - l_0 \text{ - удлинение}$$

$$\Delta b = b_1 - b_0 \text{ - уширение}$$

Относительные деформации:

$$\varepsilon_h = (h_0 - h_1) / h_0 = \Delta h / h_0$$

- относительное

обжатие

$$\varepsilon_b = (b_1 - b_0) / b_0 = \Delta b / b_0$$

- относительное

уширение

$$\varepsilon_l = (l_1 - l_0) / l_0 = \Delta l / l_0$$

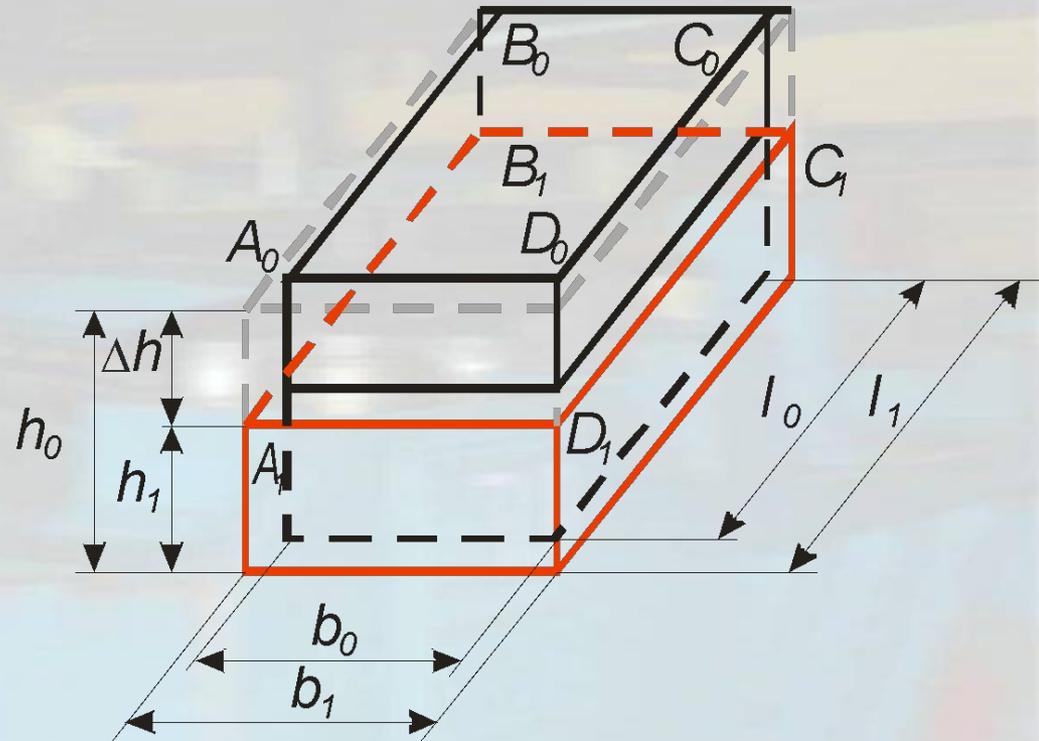
- относительное удлинение

Коэффициенты деформации

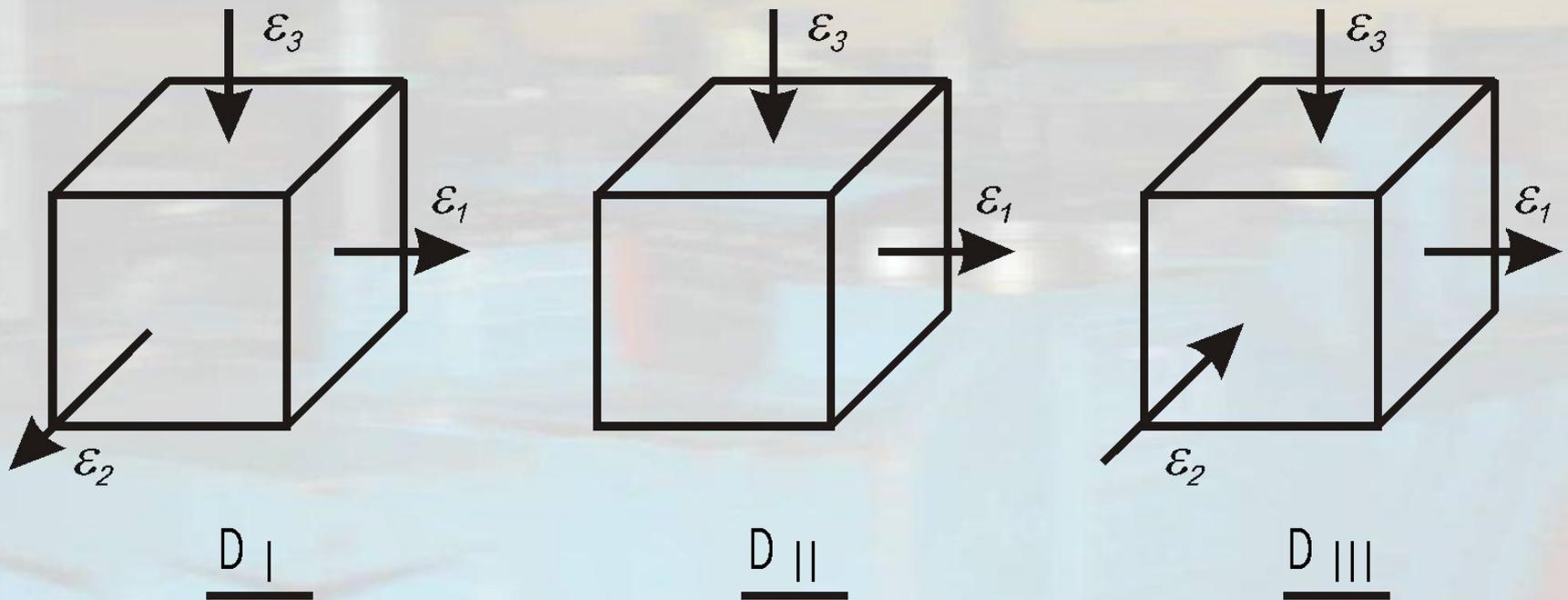
$$\eta = h_1 / h_0 \text{ - коэффициент обжатия}$$

$$\mu = l_1 / l_0 \text{ - коэффициент удлинения (вытяжка)}$$

$$\beta = b_1 / b_0 \text{ - коэффициент уширения}$$



# Схемы деформации



# Основные законы пластической деформации

- Закон постоянства объема

Используется: при определении объема исходного металла; определения числа переходов.

- Закон наименьшего сопротивления

Используется: при определении формы поперечного сечения заготовки.

- Закон подобия

Используется: при моделировании обработки крупногабаритных заготовок.

# Закон постоянства объема

При первичной обработке давлением плотность металла изменяется 0,1...0,2%, за счет упругого уменьшения межатомных расстояний, которым можно пренебречь.

$$h_1 \cdot b_1 \cdot l_1 = h_2 \cdot b_2 \cdot l_2 \quad \frac{h_1 \cdot b_1 \cdot l_1}{h_2 \cdot b_2 \cdot l_2} = 1$$

Логарифмируя полученное уравнение, найдем:

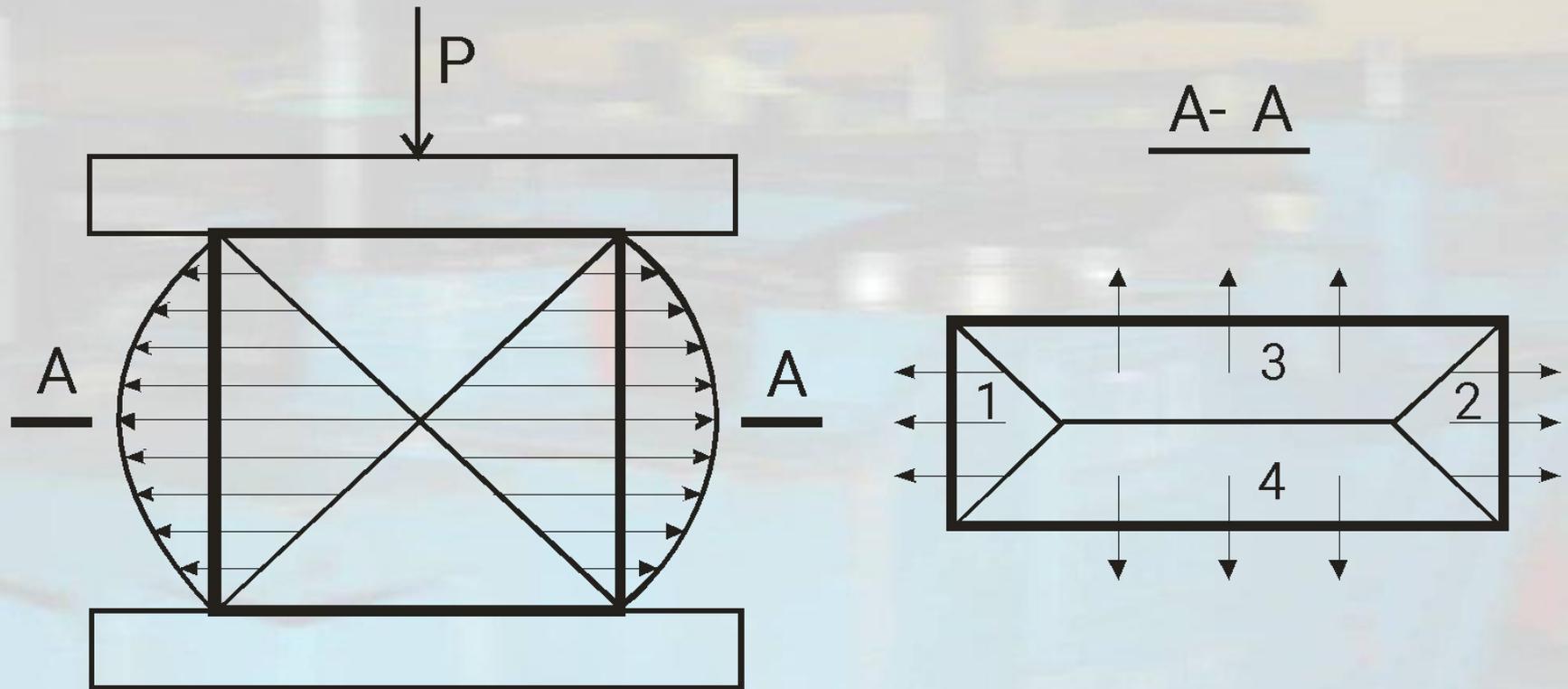
$$\ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) + \ln\left(\frac{b_1}{b_2}\right) + \ln\left(\frac{l_1}{l_2}\right) = 0 \quad \text{или}$$

$$\varepsilon'_h + \varepsilon'_b + \varepsilon'_l = 0,$$

то есть при пластической деформации алгебраическая сумма трех главных деформаций равна 0.

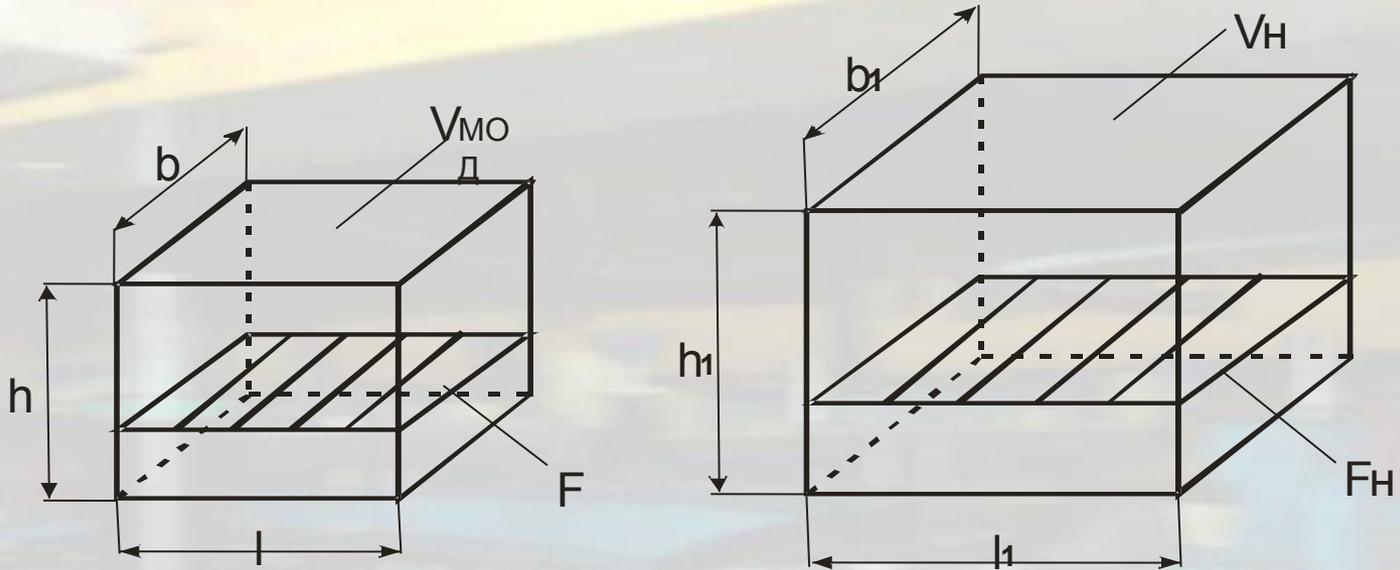
# Закон наименьшего сопротивления

Каждая элементарная частица деформируемого тела перемещается в направлении наименьшего сопротивления перпендикулярно действию нагрузки (сил).



Направление течения металла при осадке прямоугольного бруса с большим коэффициентом трения

# Закон подобия



Соотношение соответствующих сторон:

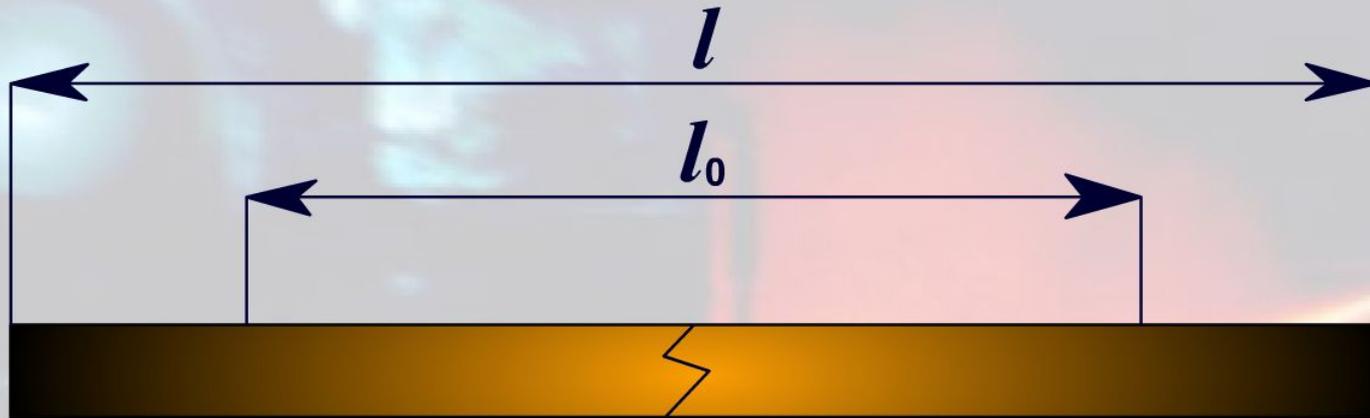
$$\frac{h}{h_1} = \frac{b}{b_1} = \frac{l}{l_1} = M$$

где  $M$  – масштаб моделирования.

Отношения полных усилий деформации пропорциональны отношению площадей сечения и равно квадрату масштабного моделирования:

$$\frac{P_H}{P_{\text{мод}}} = \frac{F_H}{F_{\text{мод}}} = M^2$$

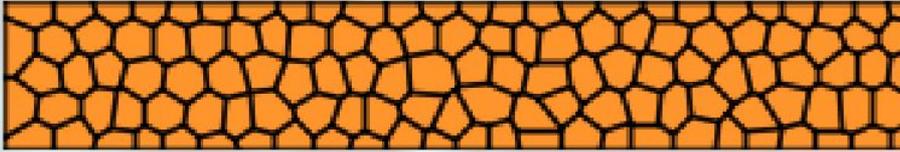
**Пластичность** - это способность материала получать остаточное изменение формы и размера без разрушения.



Относительное удлинение (%):

$$\delta = \frac{(l - l_0) 100}{l}$$

**Наклеп** - явление упрочнения металла при пластической деформации.



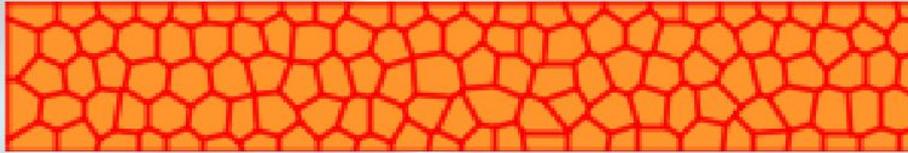
Заготовка до деформации



Заготовка после деформации

- +** Прочность и твердость металла повышаются.
- Пластичность и вязкость металла снижаются.

**Рекристаллизация** - явление зарождения и роста новых равноосных зерен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах.



Заготовка до деформации

Нагреваем заготовку до температуры  $T_p$  и деформируем:



Заготовка после деформации

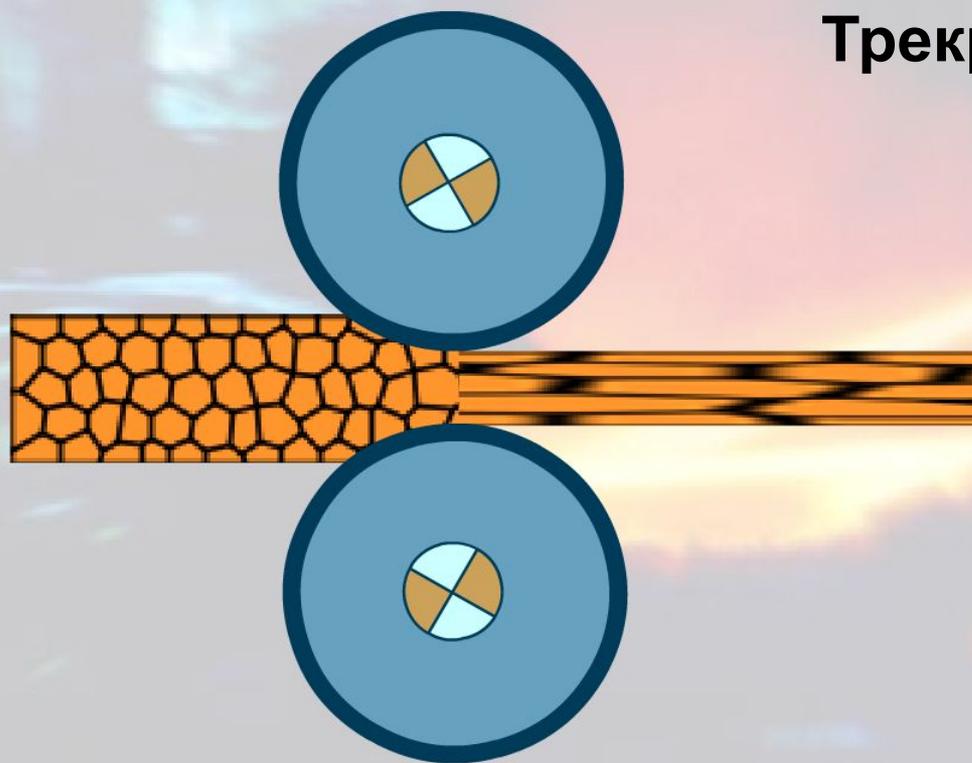
**Температура рекристаллизации** - температура нагрева металла, при которой в нагреваемом металле начинается процесс рекристаллизации.

$$T_p = a T_{пл},$$

где  $a$ -коэффициент, зависящий от состава и структуры металла;

$T_{пл}$ -температура плавления.

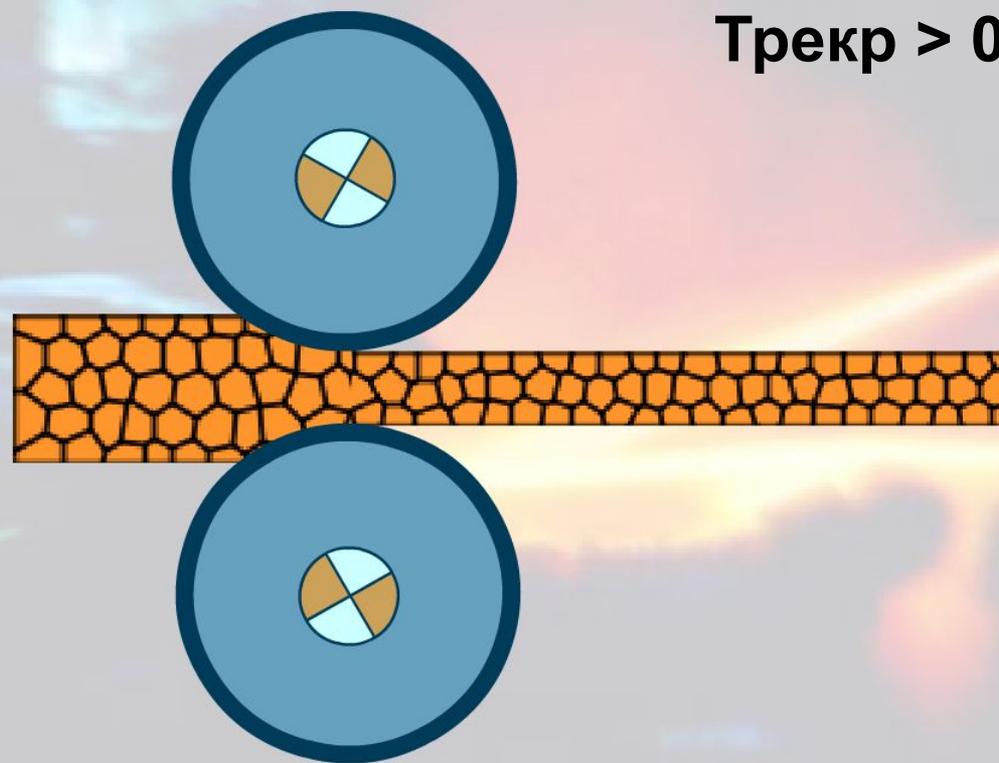
# Схема изменения микроструктуры металла при холодной деформации



Трекр  $< 0,3 T_{пл}$

**Холодная деформация** - это деформация, которая происходит ниже температуры рекристаллизации.

# Схема изменения микроструктуры металла при горячей деформации

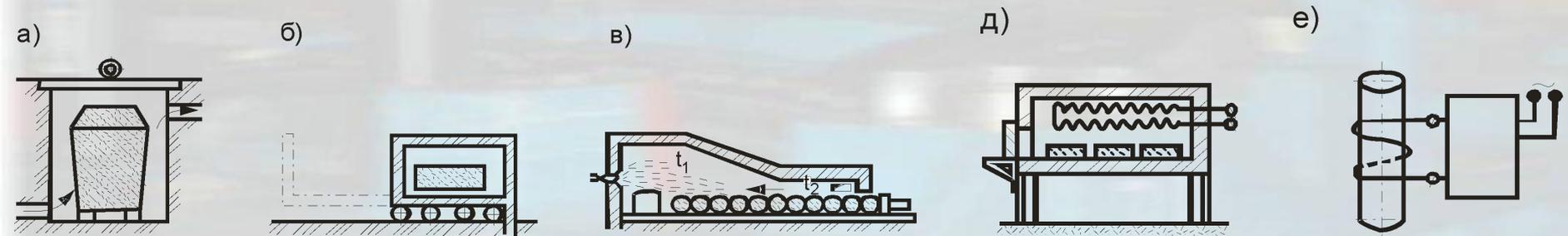


**Трекр > 0,6 Тпл**

**Горячая деформация** - это деформация, которая происходит выше температуры рекристаллизации.

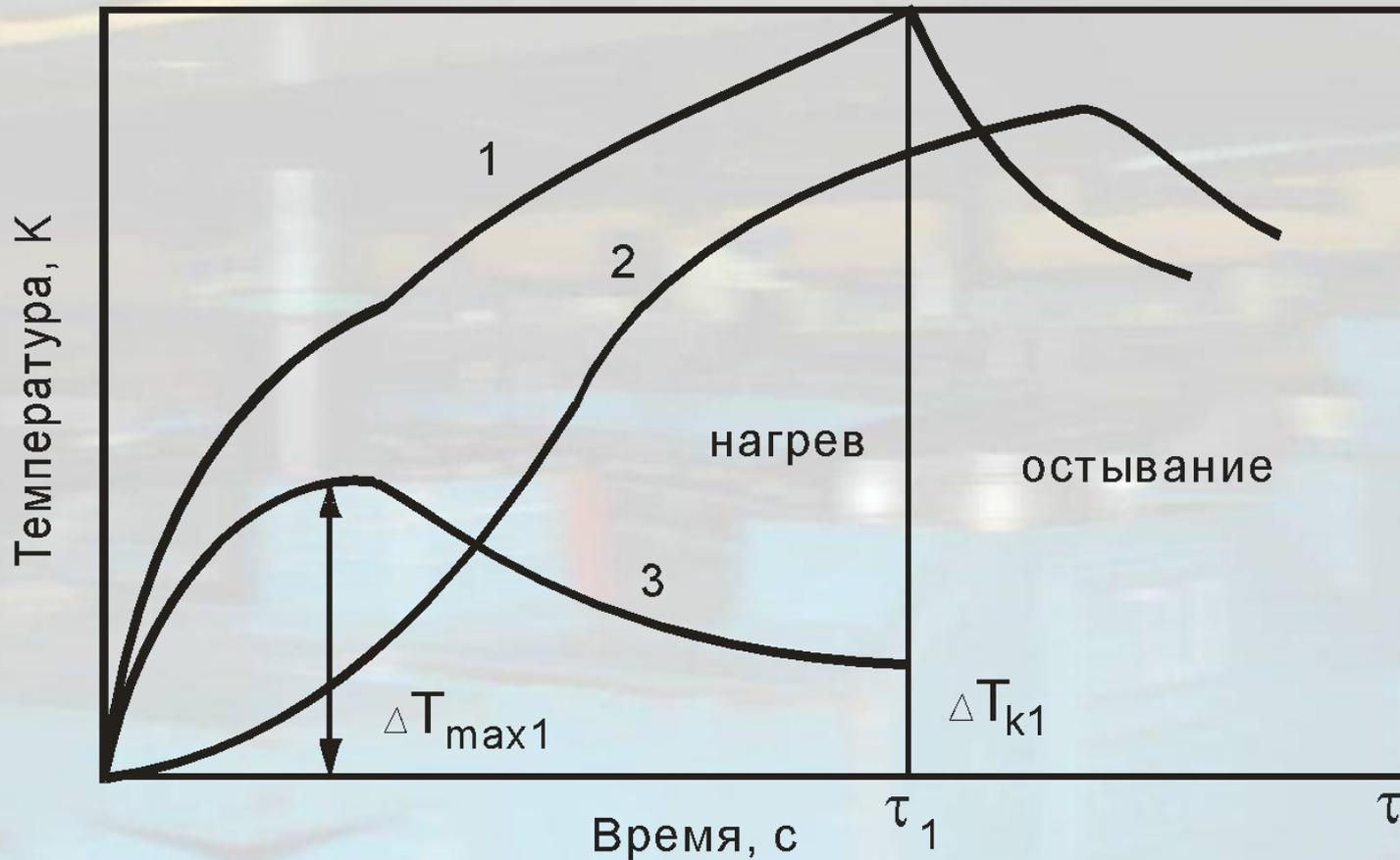
# Нагревательные устройства

- по источнику энергии (пламенные и электрические);
- по назначению (прокатные, термические, кузнечные);
- по принципу действия (камерные и методические).



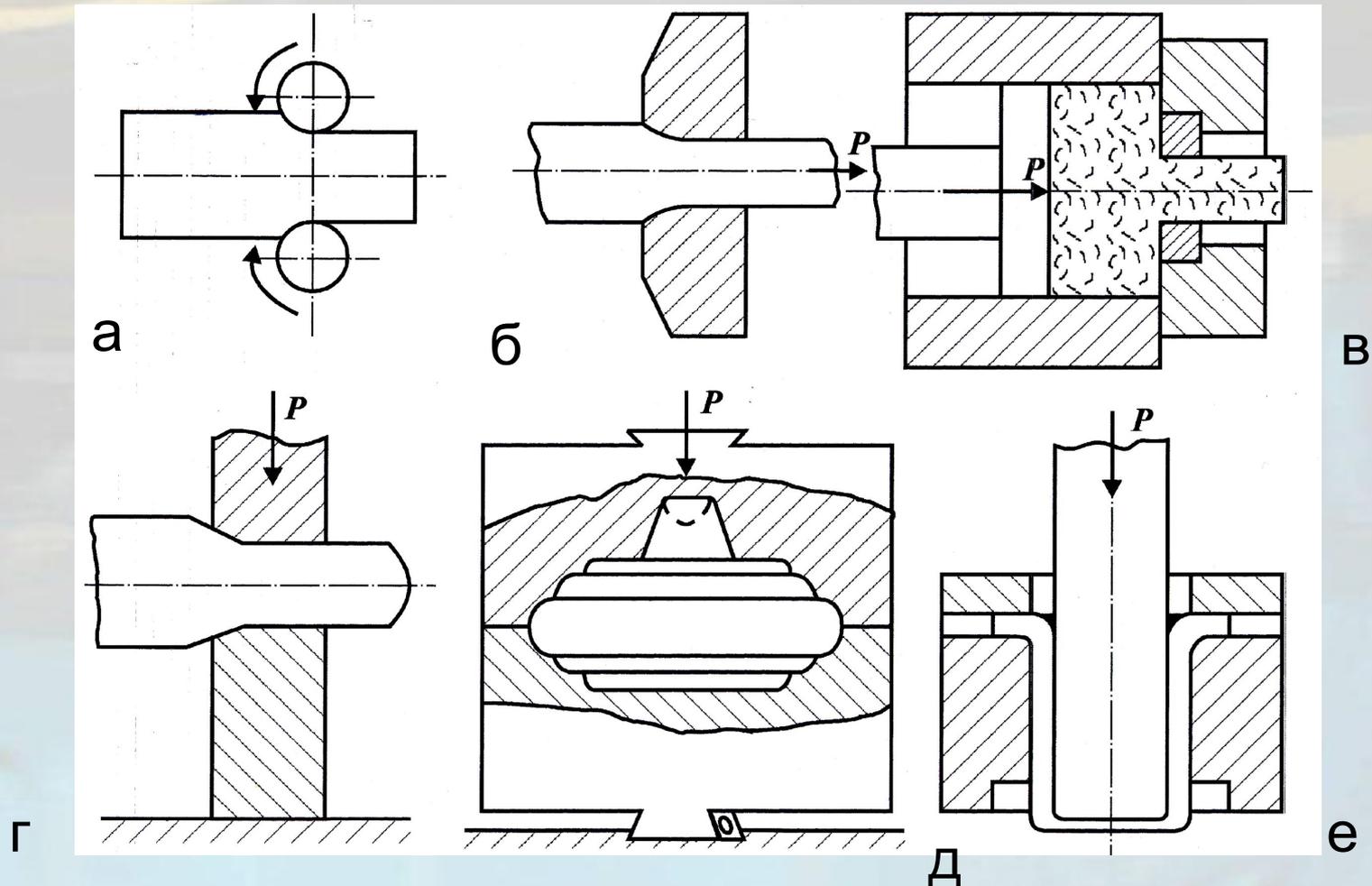
а – шахтная нагревательная печь; б – камерная печь с выдвижным подом; в – методическая печь; г – кузнечный горн; д – камерная электрическая печь; е – установка индукционного нагрева

# График нагрева заготовки



- 1 – температура поверхности;
- 2 – температура сердцевины;
- 3 – разность температур между поверхностью и сердцевиной

# Основные способы обработки давлением



а – прокатка; б – волочение; в – прессование; г – свободная ковка;  
д – объемная штамповка; е – листовая штамповка

# Основные способы обработки давлением

- **Прокатка** заключается в обжатии заготовки между двумя вращающимися валками прокатного стана, в результате чего толщина заготовки уменьшается, а длина и ширина увеличивается.
- **Волочение** заключается в протягивании заготовки через отверстие в матрице, площадь поперечного сечения заготовки уменьшается и получает форму сечения отверстия матрицы.
- **Прессование** заключается в продавливании заготовки, находящейся в замкнутой форме, через отверстие матрицы, форма и размеры которого определяют форму и сечение прессуемого изделия – прутков, труб и фасонных профилей.
- **Ковка** (свободная ковка) заключается в обжатии заготовки между верхним и нижним бойками с применением разнообразного кузнечного инструмента.

# Основные способы обработки давлением

## Основные способы обработки давлением

- **Штамповкой** называют процесс деформации металла в штампах. Различают объемную горячую и холодную листовую штамповку. При объемной штамповке предварительно нагретую заготовку деформируют в замкнутой полости штампа, формы и размеры которой определяют форму и размеры получаемой поковки.
- **Листовая штамповка** состоит в деформации в холодном состоянии листовой исходной заготовки в штампе, имеющем матрицы с прижимным кольцом и пуансоном.