

# Лекция № 4

# Механические свойства материалов.

## Диаграммы растяжения и сжатия.

***Прочность*** – способность материалов воспринимать внешние механические воздействия, не разрушаясь.

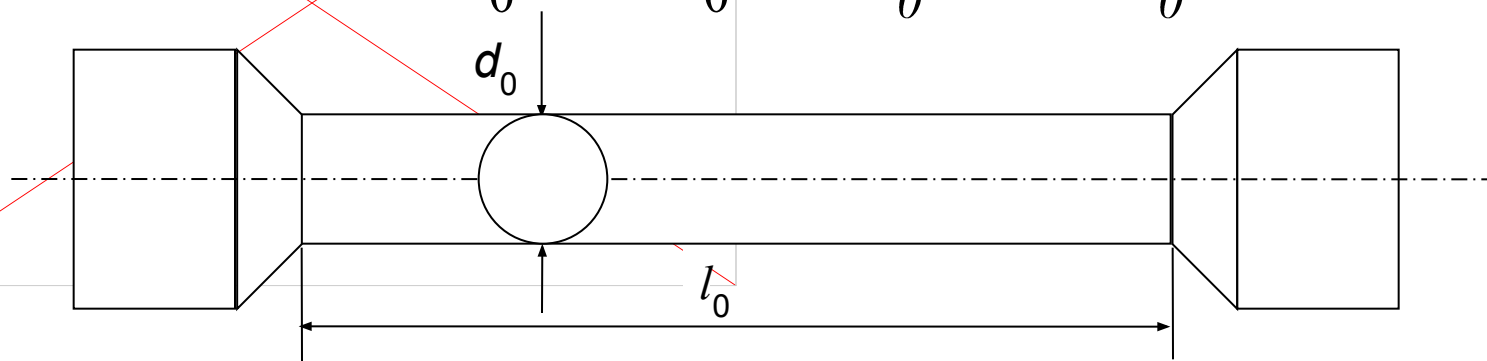
***Пластичность*** – способность материалов получать значительные остаточные деформации, не разрушаясь.

***Упругость*** – способность материалов восстанавливать первоначальную форму и размеры после снятия действия нагрузки

***Твёрдость*** – способность материалов сопротивляться проникновению в него другого тела, не разрушаясь.

Механические характеристики материала необходимы для инженерных расчётов и определяются экспериментально путем испытания стандартных образцов на растяжение, сжатие, кручение, изгиб, срез, смятие и т.д.

Для металлов проводят испытания на растяжение на цилиндрических (реже на плоских) **пяти-** или **десятикратных** образцах с соотношением:  $l_0 = 5d_0$  или  $l_0 = 10d_0$



где:  $l_0$  - первоначальная длина рабочей части образца;  
 $d_0$  - первоначальный диаметр рабочей части образца.

Испытания проводят на разрывных машинах, регистрирующих величину растягивающей силы  $F$  и абсолютного удлинения образца  $\Delta l$ .

Регистрационная аппаратура: **тензометры** – приборы, регистрирующие деформацию.

Специальное устройство – осциллограф – вычерчивает график зависимости между  $F$  и  $\Delta l$ .

Получаемый график носит название **первичной диаграммы растяжения**.





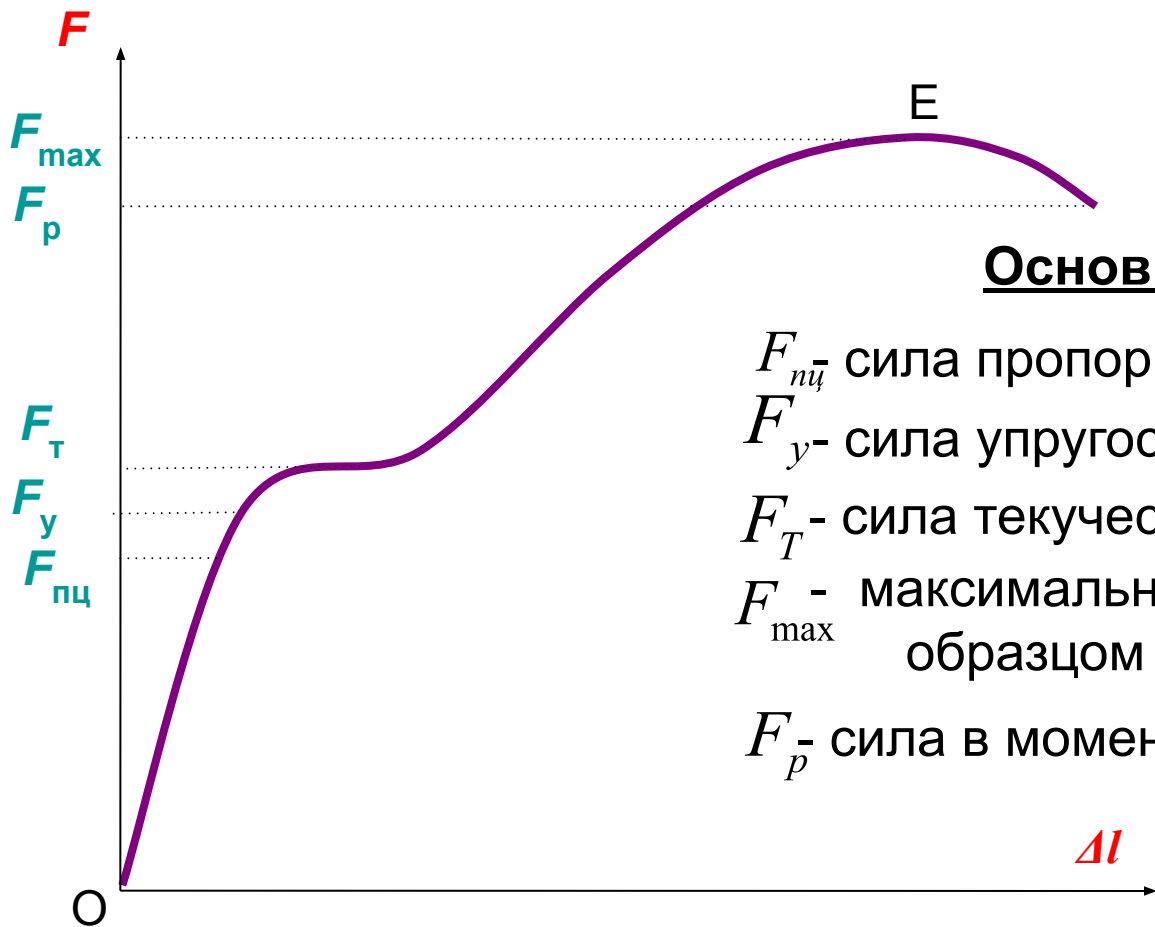






# Первичная диаграмма растяжения

(построена для образца из малоуглеродистой стали марки ВСт3).



## Основные характерные точки:

$F_{п\bar{ц}}$  - сила пропорциональности;

$F_y$  - сила упругости;

$F_T$  - сила текучести;

$F_{max}$  - максимальная сила, выдерживаемая образцом до разрушения;

$F_p$  - сила в момент разрыва.

Для удобства дальнейшей обработки первичную диаграмму растяжения перестраивают в координатах  $\sigma - \varepsilon$ .

Для этого используют следующие соотношения:

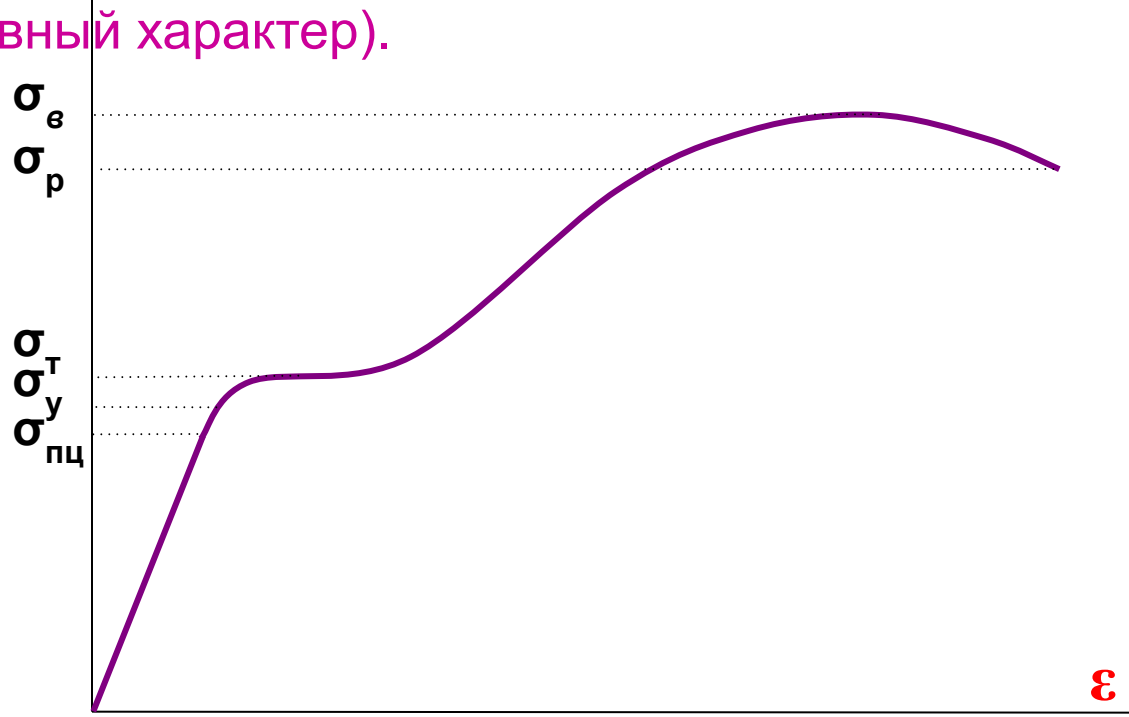
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

где:  $A_0$  – первоначальная площадь образца.

# Условная диаграмма растяжения

(при её построении не учитывается изменение площади поперечного сечения образца и поэтому величины напряжений носят условный характер).



Основные  
характерные  
точки:

$$\sigma_{nc} = \frac{F_{nc}}{A_0} - \text{предел пропорциональности}; \quad \sigma_y = \frac{F_y}{A_0} - \text{предел упругости};$$
$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0} - \text{предел текучести}; \quad \sigma_B = \frac{F_{\max}}{A_0} - \text{предел прочности};$$
$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_0} - \text{напряжение в момент разрыва.}$$

$\sigma_{пц}$  – **предел пропорциональности** – напряжение, до которого строго выполняется **закон Гука** - деформации упругие, т.е. исчезают после снятия нагрузки.

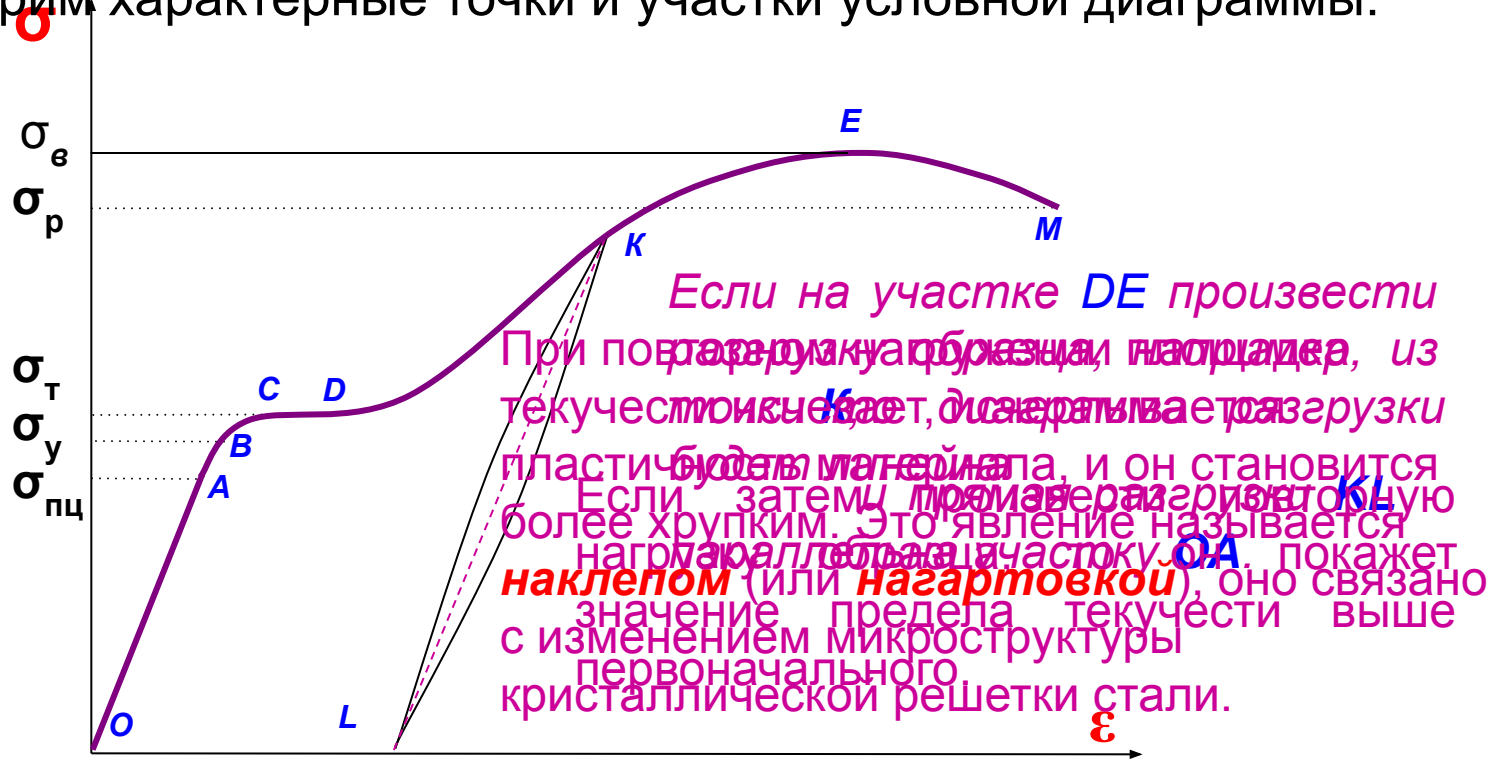
$\sigma_y$  – **предел упругости** – напряжение, до которого **закон Гука** выполняется с незначительным отклонением, деформации считаются упругими.

$\sigma_T$  – **предел текучести** – напряжение, при котором при постоянной нагрузке наблюдается заметный рост остаточных (пластических) деформаций, не исчезающих после снятия нагрузки.

$\sigma_B$  – **предел прочности (временное сопротивление)** – максимальное напряжение, которое может выдержать образец до разрушения;

$\sigma_p$  – **напряжение**, при котором происходит фактическое **разрушение образца**.

Рассмотрим характерные точки и участки условной диаграммы:



$OA$  – участок прямой линейной пропорциональности между  $\sigma$  и

$\epsilon$   
 $B$  – точка, соответствующая пределу упругости.

$OB$  – область упругих (обратимых) деформаций.

$C$  – точка, соответствующая наступлению предела текучести.

$CD$  – площадка текучести.

$DE$  – зона упрочнения (пологий криволинейный участок).

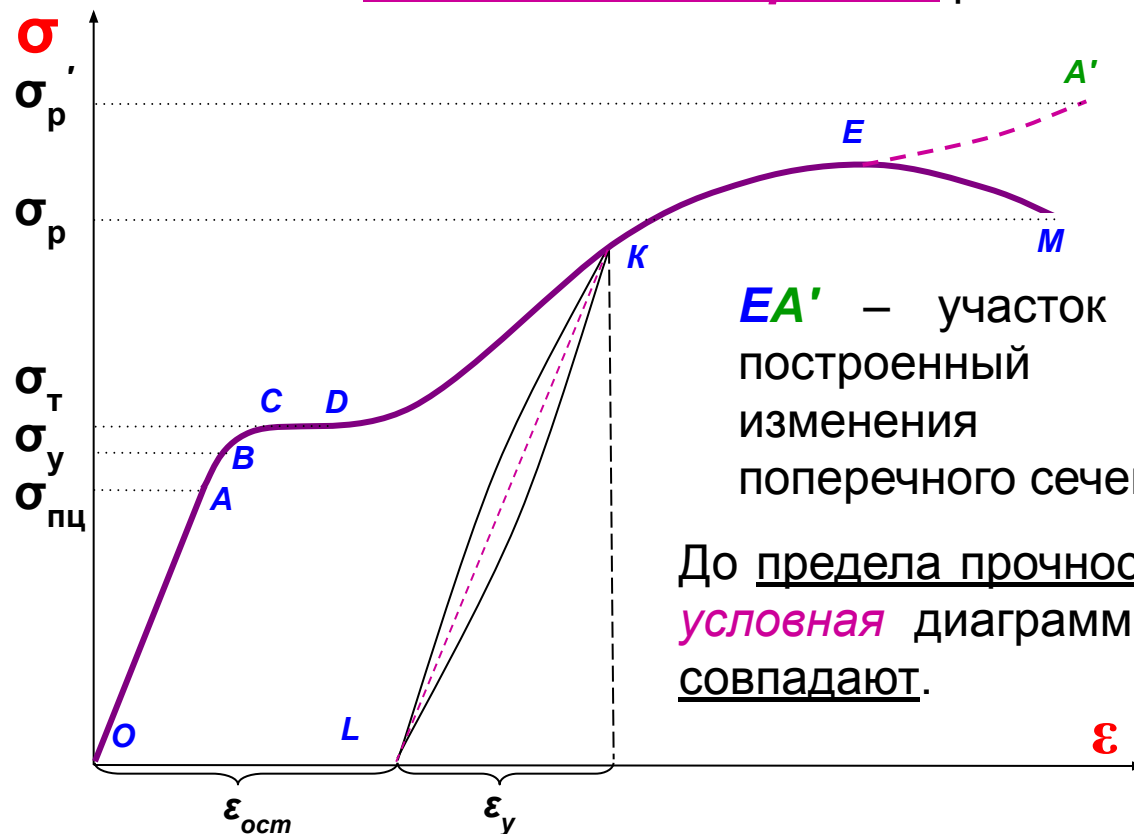
$KLK$  – петля гистерезиса (разгрузка и повторная нагрузка образца).

$E$  – наивысшая точка диаграммы, соответствующая пределу прочности.

$BCDE$  – участок общей текучести.  $EM$  – зона местной текучести.

$M$  – точка разрушения образца.

Пунктиром обозначена **истинная диаграмма** растяжения образца.



**EA'** – участок диаграммы, построенный с учетом изменения площади поперечного сечения образца.

До предела прочности **истинная** и **условная** диаграммы практически совпадают.

Полная деформация образца будет складываться из остаточной и упругой деформаций:  $\epsilon = \epsilon_{ост} + \epsilon_y$

Экспериментально показано, что при образовании «шейки» площадь поперечного сечения образца уменьшается, происходит падение нагрузки.

Если учитывать это явление, то можно определить истинное напряжение в момент разрыва образца:  $\sigma_{p'} = \frac{F_p}{A_{ш}}$  где:  $A_{ш}$  – площадь «шейки».

**Основные механические характеристики материала, используемые в расчетах на прочность:**

$\sigma_T$  – предел текучести;  $\sigma_v$  – предел прочности.

**Основные характеристики пластичности материала:**

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% \quad \text{– относительное удлинение}$$

$$\psi = \frac{A_0 - A_{ш}}{A_0} \cdot 100\% \quad \text{– относительное сужение.}$$

*Пример:* для стали марки ВСт3

$$\delta = 20 \div 28\% , \quad \psi = 60 \div 70\%$$

Многие материалы не имеют ярко выраженной площадки текучести.

Для них в расчетах на прочность принимается

**условный предел текучести**  $\sigma_{0,2}$

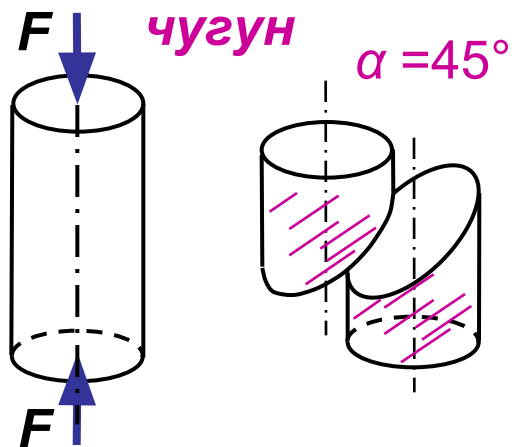
соответствующий напряжению, при котором остаточные деформации составляют 0,2% от первоначальной (расчетной) длины образца.

**Хрупкость** – понятие, обратное пластичности.

**Хрупкость** – способность материала разрушаться без образования заметных остаточных деформаций.



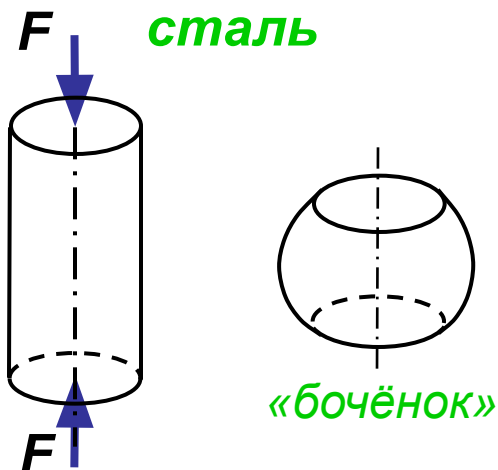
Возьмем для испытания на сжатие два одинаковых образца – **чугунный** и **стальной**.



Разрушение чугунного образца при сжатии начинается с образования трещин под углом  $45^\circ$  к образующей, что вызывается максимальными касательными напряжениями.

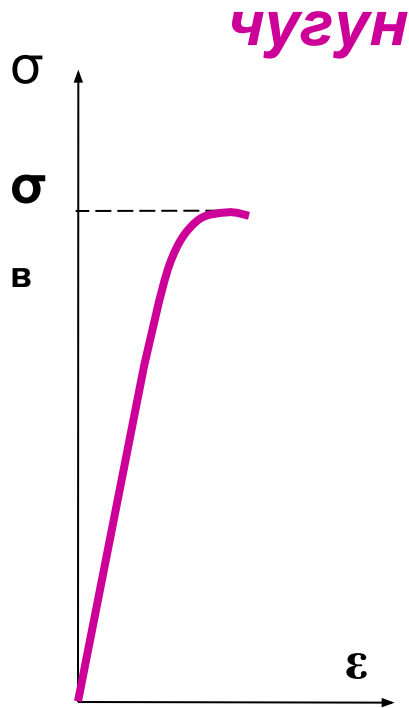
При этом на поверхности образуются заметные наклонные полосы, называемые **полосами Людерса-Чернова**.

Удлинение при разрушении для серого чугуна составляет приблизительно  $0,5 \div 0,6\%$  от первоначальной длины образца.

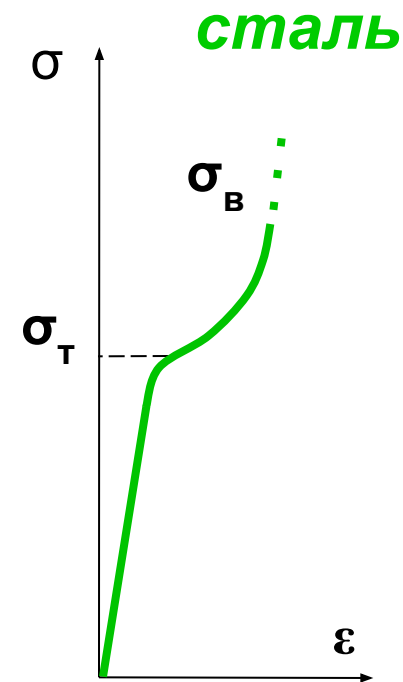


Стальной образец при сжатии приобретает бочкообразную форму и сплющивается.

# Диаграммы сжатия хрупких и пластичных материалов



При испытании на сжатие **хрупкие** материалы **не образуют площадки текучести** и разрушаются по достижении **предела прочности**.

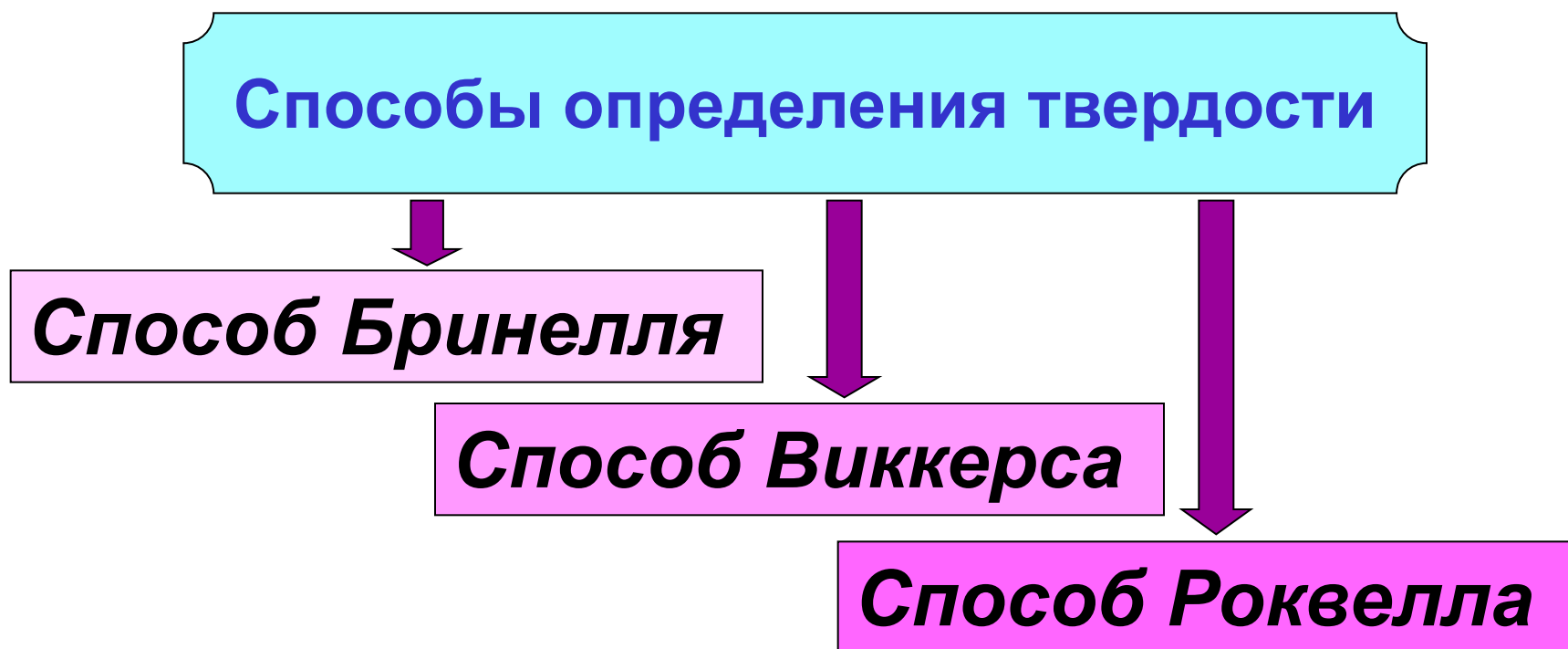


При испытании на сжатие **пластичных** материалов невозможно зафиксировать **предел текучести** и **предел прочности**. Предел текучести принимается равным условному.

# Определение твердости материалов

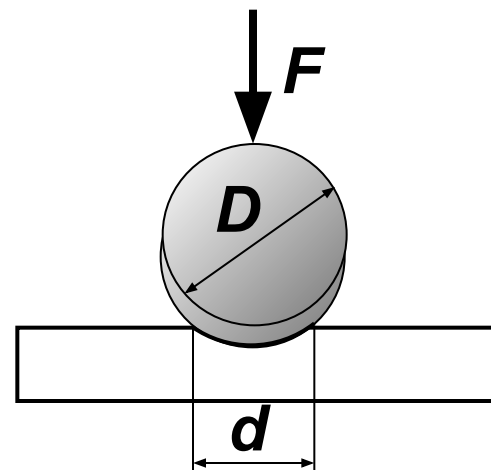
Косвенным методом определения предела прочности является измерение твердости.

Для определения твердости в поверхность материала с определенной силой вдавливается другое тело (*индентор*) и замеряется полученный отпечаток.



## Способ Бринелля:

вдавливание стального закаленного шарика.



Твердость по Бринеллю обозначается **HB**.

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

где:  $F$  – сила вдавливания индентора, ( $F = 2500 \text{ Н}$ );

$D$  – диаметр индентора;

$d$  – диаметр отпечатка.

Способ применяется для материалов малой твердости ( $HB < 4000 \text{ МПа}$ ).

## Способ Виккерса:

вдавливание алмазной четырёхгранной пирамидки  
с углом  $136^\circ$  между гранями (HV)

## Способ Роквелла:

вдавливание алмазного конуса  
с углом при вершине  $120^\circ$  (HRC)

Способы применяются для материалов твердости  
HV > 4000 МПа