

Лекция № 4

Механические свойства материалов.

Диаграммы растяжения и сжатия.

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

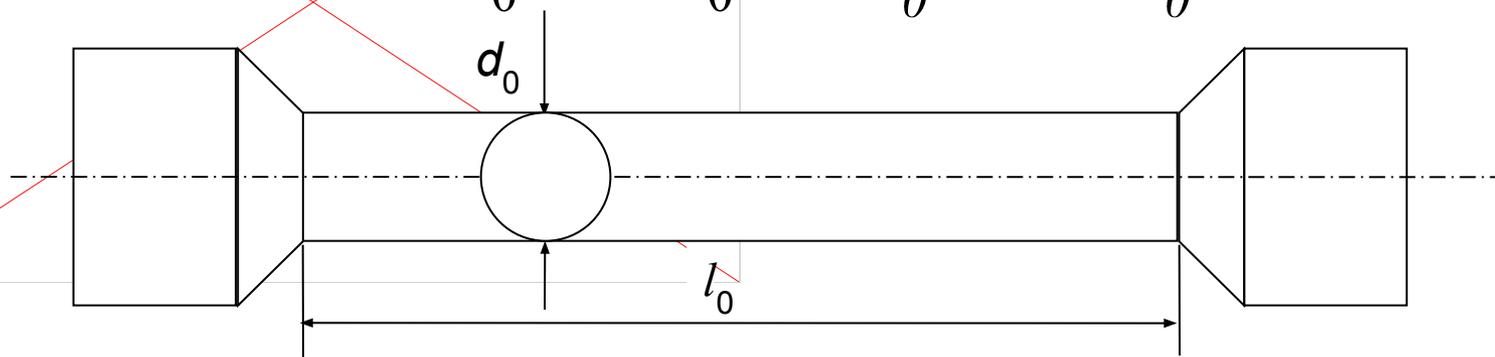
Пластичность – способность материалов получать значительные остаточные деформации, не разрушаясь.

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 Δl .

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

Специальное устройство – осциллограф – вычерчивает график зависимости между F и Δl .

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



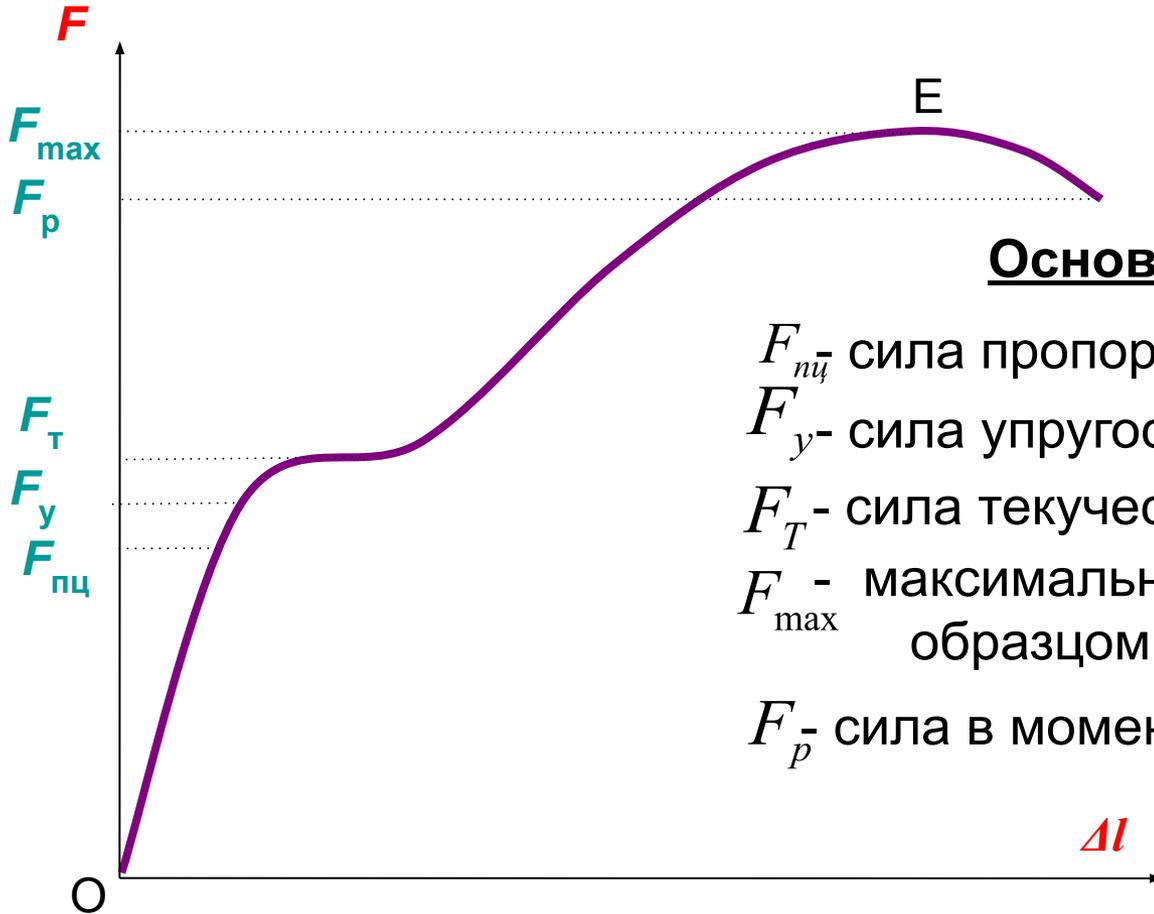






Первичная диаграмма растяжения

(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:

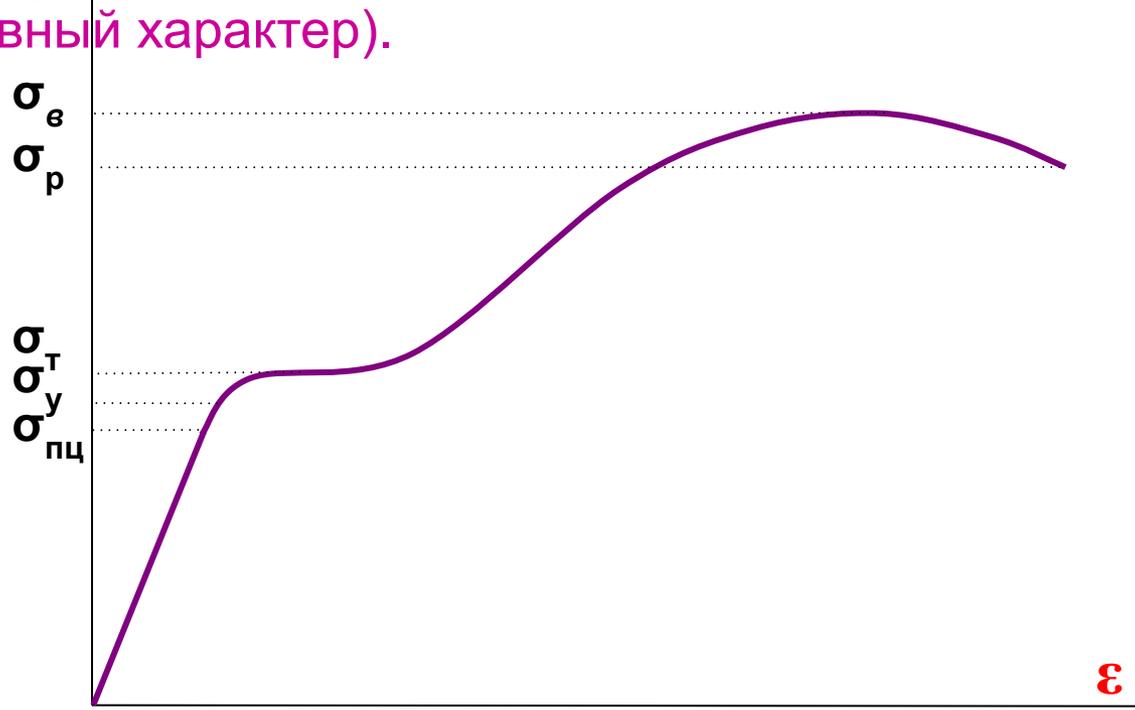
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

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

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.

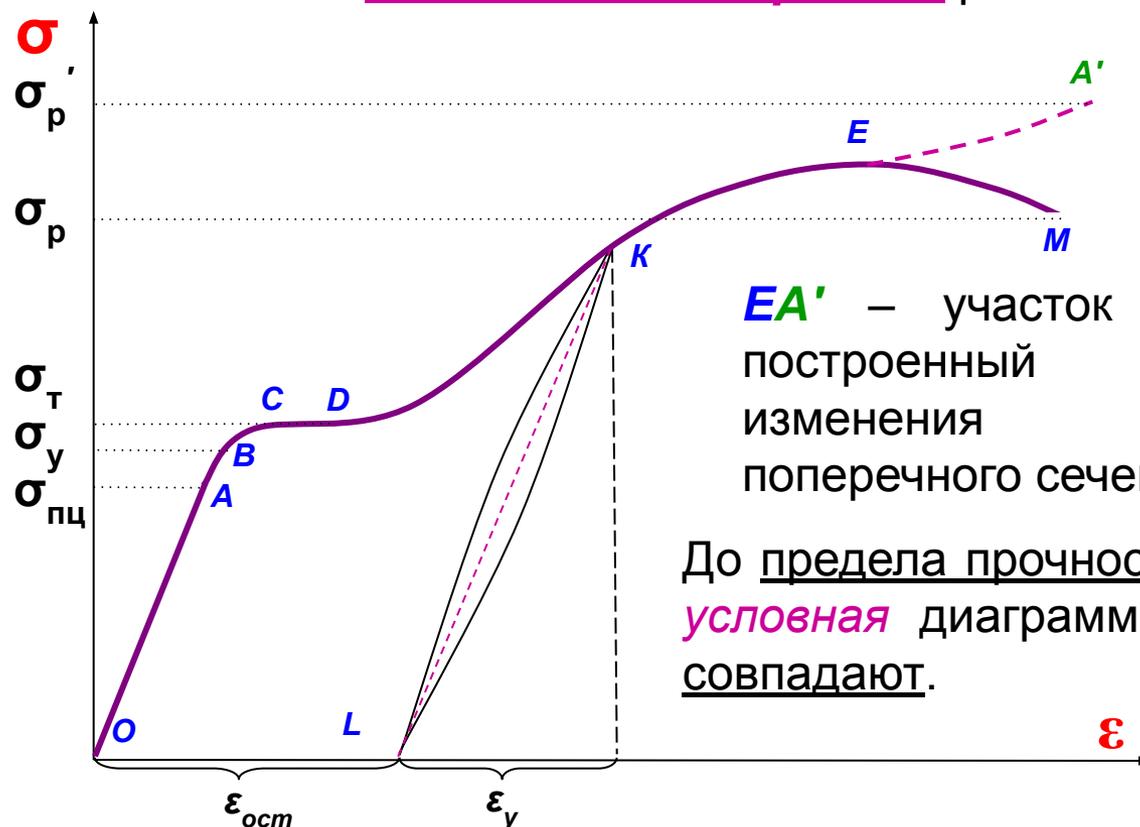
σ_y – **предел упругости** – напряжение, до которого **закон Гука** выполняется с незначительным отклонением, деформации считаются упругими.

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

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

σ_p – **напряжение**, при котором происходит фактическое **разрушение образца**.

Пунктиром обозначена истинная диаграмма растяжения образца.



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:

$$\sigma_{p'} = \frac{F_p}{A_{ш}} \quad \text{где: } A_{ш} \text{ – площадь «шейки»}.$$

Основные механические характеристики материала, используемые в расчетах на прочность:

σ_T – предел текучести; σ_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

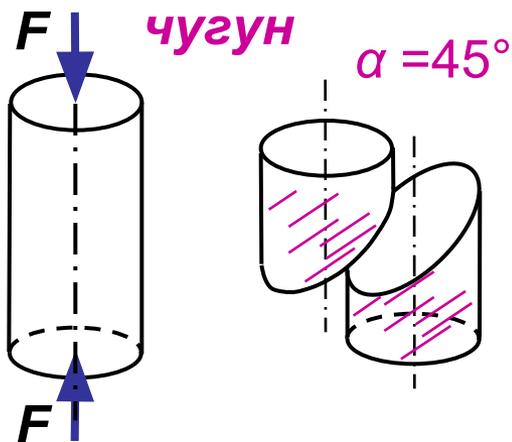
условный предел текучести $\sigma_{0,2}$

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.

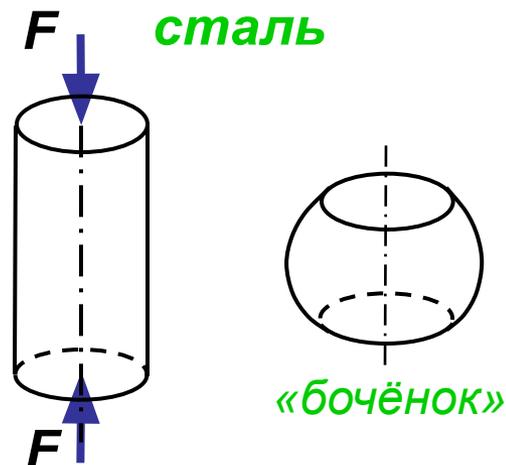
Возьмем для испытания на сжатие два одинаковых образца – **чугунный** и **стальной**.



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

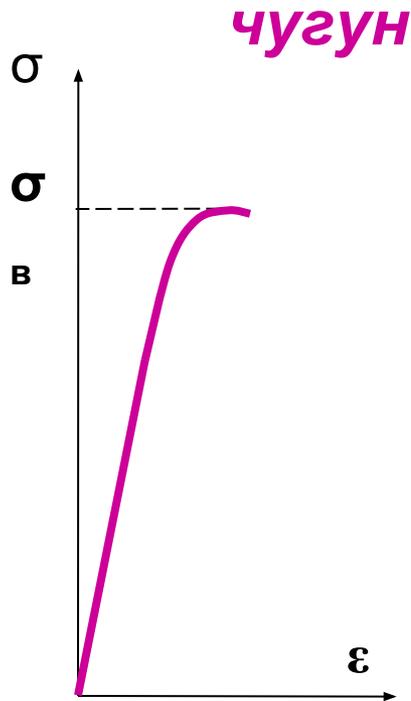
При этом на поверхности образуются заметные наклонные полосы, называемые **полосами Людерса-Чернова**.

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

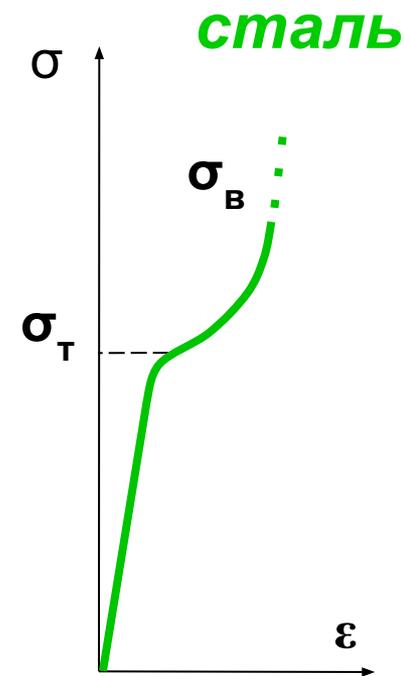


Стальной образец при сжатии приобретает бочкообразную форму и сплющивается.

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

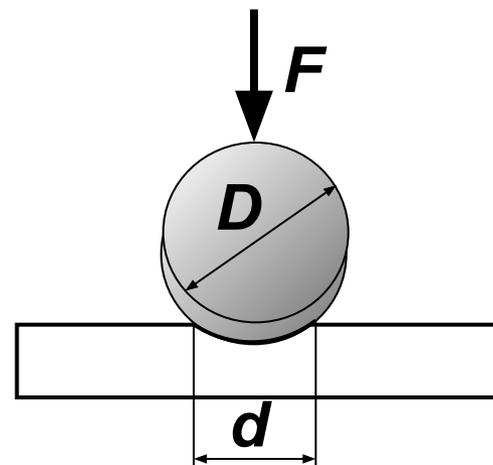
Косвенным методом определения предела прочности является измерение твердости.

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 Н**);

D – диаметр индентора;

d – диаметр отпечатка.

Способ применяется для материалов малой твердости (**HB < 4000 МПа**).

Способ Виккерса:

вдавливание алмазной четырёхгранной пирамидки
с углом 136° между гранями (HV)

Способ Роквелла:

вдавливание алмазного конуса
с углом при вершине 120° (HRC)

Способы применяются для материалов твердости
HV > 4000 МПа