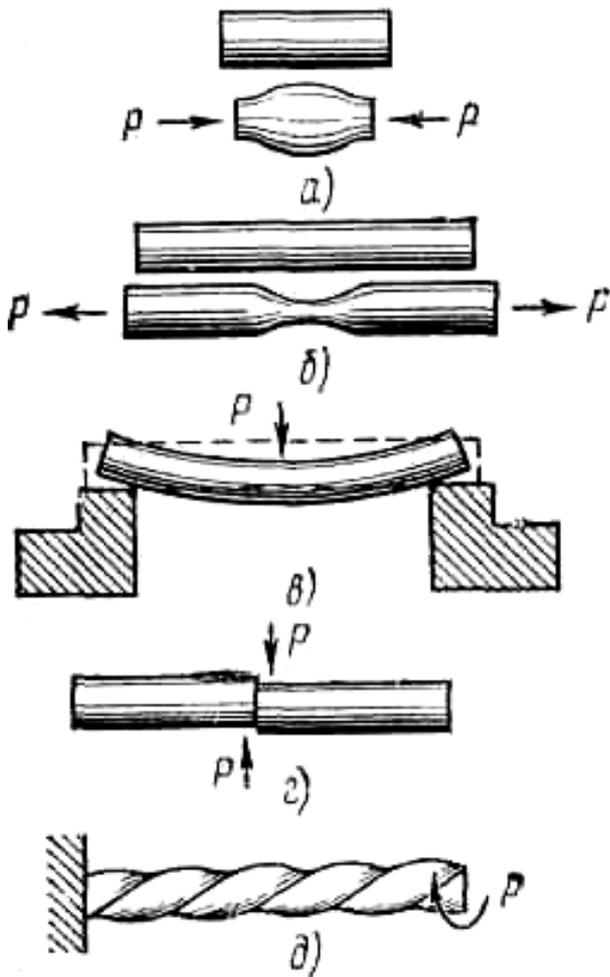


# **Механические свойства**

**Механические** свойства определяют поведение материала под действием механической нагрузки

- пластичность;
- ударная вязкость;
- упругость;
- прочность;
- триботехнические характеристики;
- твердость



Виды деформаций: а - сжатие, б —  
растяжение, в – изгиб, г - срез, д—  
кручение

## Деформирование

изменение относительного  
расположения частиц в материале.

## Деформация

— изменение  
формы и размеров изделия или его  
частей в результате  
деформирования.

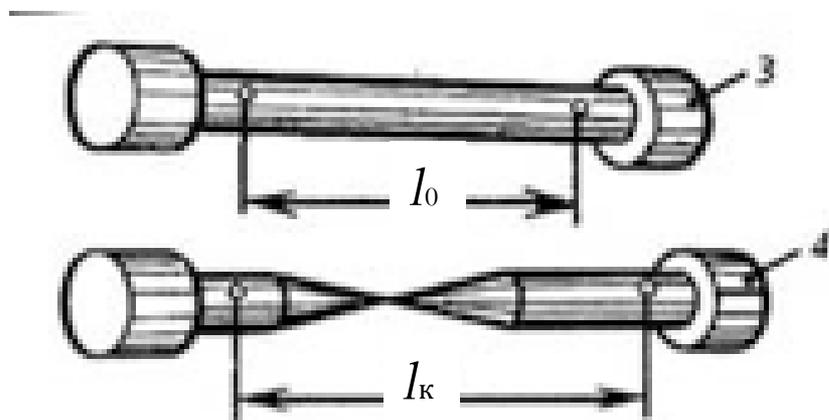
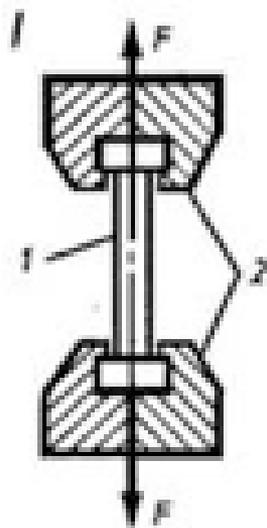
Различают деформации  
растяжения (сжатия), изгиба,  
кручения, среза. Материал может  
подвергаться одному или  
нескольким видам деформации  
одновременно.

Деформацию называют  
упругой, если она исчезает после  
снятия нагрузки, или пластичной,  
если она не исчезает (необратима).

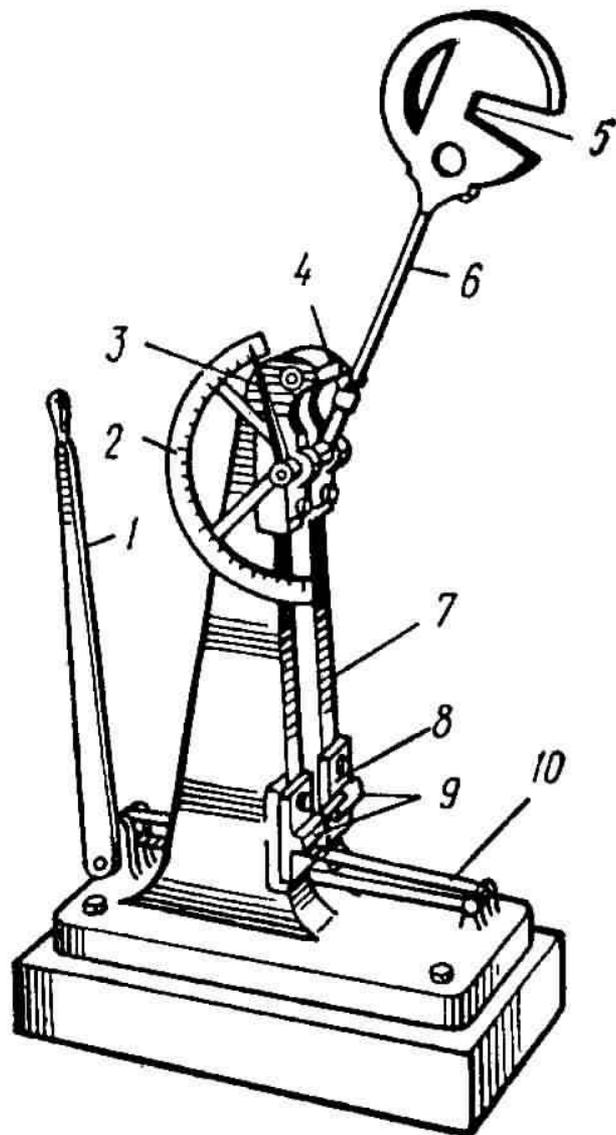
**Пластичность** — способность материала принимать новую форму и размеры под действием внешних сил, не разрушаясь.

**Относительное удлинение** (после разрыва)  $\delta$  - это отношение приращения ( $l_k - l_0$ ) расчетной длины образца после разрыва к его первоначальной расчетной длине  $l_0$  выраженное в процентах.

**Относительное сужение** (после разрыва)  $\varphi$  — это отношение разности начальной и минимальной площадей ( $F_0 - F_k$ ) поперечного сечения образца после разрыва к начальной площади  $F_0$  поперечного сечения, выраженное в процентах .



По свойству пластичности разделяют **хрупкие** (при давлении материал разрушается уже при очень малых деформациях) и **пластичные** материалы.



Маятниковый копер

**Ударная вязкость** — это способность материала сопротивляться динамическим нагрузкам. Определяется как отношение затраченной на излом образца работы  $W$  (в МДж) к площади его поперечного сечения  $F$  (в  $\text{м}^2$ ) в месте надреза  $KC=W/F$ .

**Хладноломкость** — снижение ударной вязкости материалов при низких температурах.

**Циклическая вязкость** — это способность материалов поглощать энергию при повторно-переменных нагрузках.

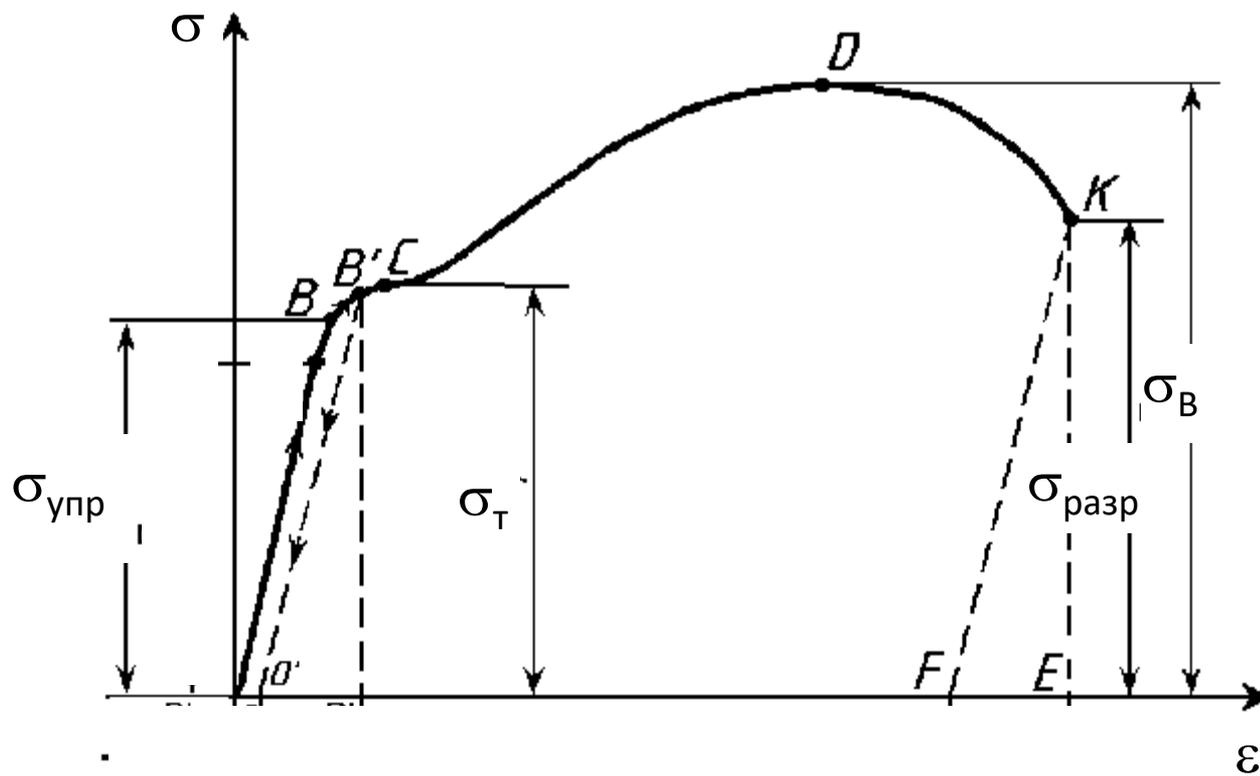
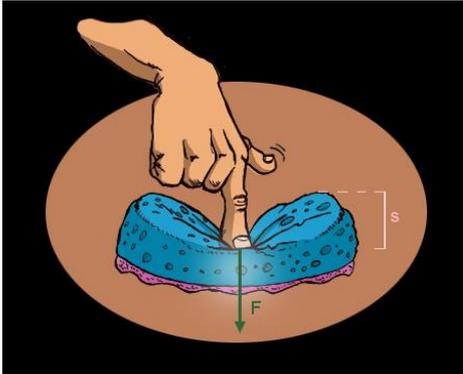


Диаграмма растяжения

**Упругость** — способность материала восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия нагрузки.



**Предел упругости** — максимальная величина механического напряжения, при которой деформация данного материала остаётся упругой, то есть полностью исчезает после снятия нагрузки.

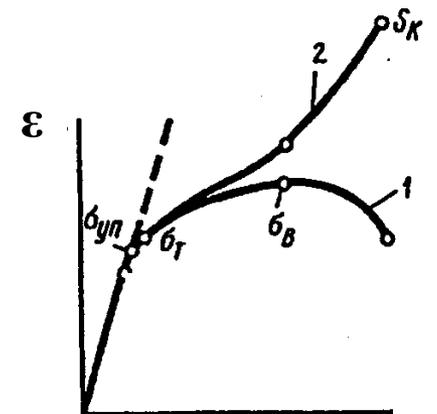
$$\sigma = E\varepsilon$$

$E$  - **Модуль упругости первого рода или модуль Юнга** и является механической характеристикой материала.

**Условный предел упругости  $\sigma_{0,05}$**  — это условное напряжение в МПа, соответствующее нагрузке, при которой остаточная деформация впервые достигает 0,05% от расчетной длины образца  $l_0$ :

$$\sigma_{0,05} = P_{0,05} / F_0$$

где  $P_{0,05}$  - нагрузка предела упругости, Н.



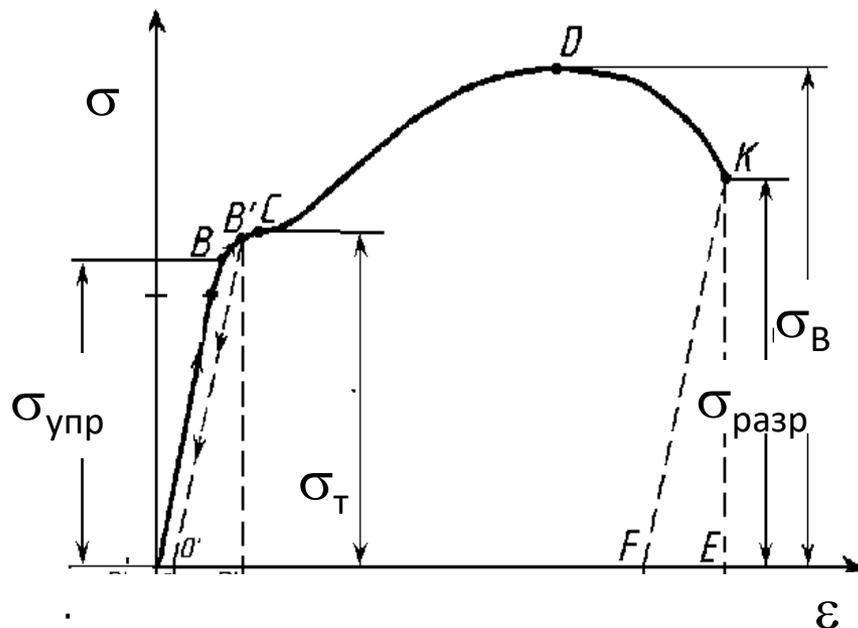


Диаграмма растяжения

## Предел текучести

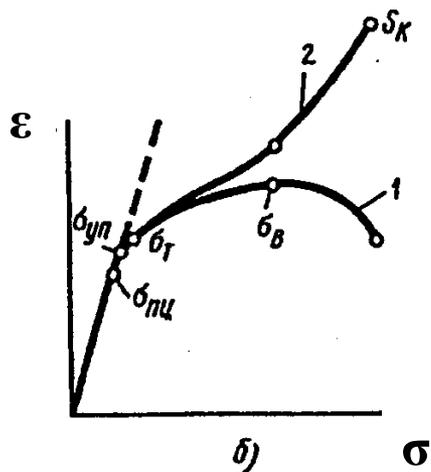
— напряжение, отвечающее нижнему положению площадки текучести на диаграмме для материалов, разрушению которых предшествует заметная пластическая деформация.

Прочие материалы характеризуют условным пределом текучести — напряжением, при котором остаточная деформация достигает значения, установленного техническими условиями. Обычно остаточная деформация не превышает 0,2 %. Отсюда и обозначение:  $\sigma_{0,2}$ .

## Предел прочности (временным сопротивлением (разрушающим напряжением))

— напряжения или деформации, соответствующие максимальному (в момент разрушения образца) значению нагрузки.

$$\sigma_B = P_{\max} / F_0,$$



**Истинное сопротивление разрыву  $S_k$**  - это напряжение, определяемое отношением нагрузки  $P_k$  в момент разрыва к площади минимального поперечного сечения образца после разрыва  $S_k = P_k / F_k$ .

**Удельная прочность** — отношение предела прочности материала к его плотности.

**Динамическая прочность** — сопротивление материалов динамическим нагрузкам, т. е. нагрузкам, значение, направление и точка приложения которых быстро изменяются во времени.

**Усталость материалов** — процесс постепенного накопления повреждений под действием переменных напряжений, приводящих к изменению свойств материалов, образованию и разрастанию трещин. Свойство материалов противостоять усталости называется *ВЫНОСЛИВОСТЬЮ*.

**Предел выносливости** — это максимальное напряжение, которое может выдержать металл без разрушения (заданное число циклов нагружения).

приближенные зависимости:

$\sigma_{-1} \approx 0,43\sigma_B$ ;  $\sigma_{-1p} \approx 0,36\sigma_B$ , где  $\sigma_{-1}$  и  $\sigma_{-1p}$  — соответственно пределы выносливости при изгибе и растяжении-сжатии.

**Ползучесть** — непрерывное пластическое деформирование материалов под действием постоянной нагрузки. Вредные последствия ползучести материалов особенно проявляются при повышенных температурах.

# Триботехнические характеристики

совокупность технических средств, обеспечивающих оптимальное функционирование узлов трения

- износостойкость;
- прирабатываемость;
- коэффициент трения.

**Износостойкость** — свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения.

Отношение величины износа к интервалу времени, в течение которого он возник, или к пути, на котором происходило изнашивание, представляет собой соответственно **скорость изнашивания** и **интенсивность изнашивания**. Износостойкость материалов оценивают величиной, обратной скорости и интенсивности изнашивания.

**Прирабатываемость** — свойство материала уменьшать силу трения, температуру и интенсивность изнашивания в процессе приработки.

**Коэффициент трения** — отношение силы трения двух тел к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу. Его значения зависят от скорости скольжения, давления и твердости материалов трущихся поверхностей.

**Факторы, влияющих на работу узлов трения:** внутренних, определяемых природой материалов;

- внешних, характеризующих вид трения (скольжение, качение);
- режима трения (скорость, нагрузка, температура);
- среды и вида смазочного материала .

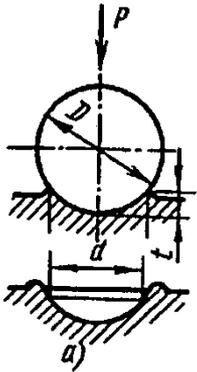
Совокупность этих факторов обуславливает вид изнашивания: абразивное, адгезионное, эрозионное, усталостное и др.

Основная причина всех видов изнашивания - работа сил трения, под действием которых происходит многократное деформирование поверхностных слоев трущихся тел, изменение их структуры, и т. д.

**Твердость** - механическая характеристика материалов, отражающая прочность, пластичность и свойства поверхностного слоя изделия. Она выражается сопротивлением материала местному пластическому деформированию, возникающему при внедрении в материал более твердого тела — индентора.

- вдавливание индентора;
- динамические методы;
- царапанье.

## 1) Вдавливание индентора



**а. Способ Бринелля** - в плоскую поверхность металла вдавливают под постоянной нагрузкой **стальной закаленный шарик**. На поверхности металла образуется отпечаток. Чем больше отпечаток, тем металл мягче.

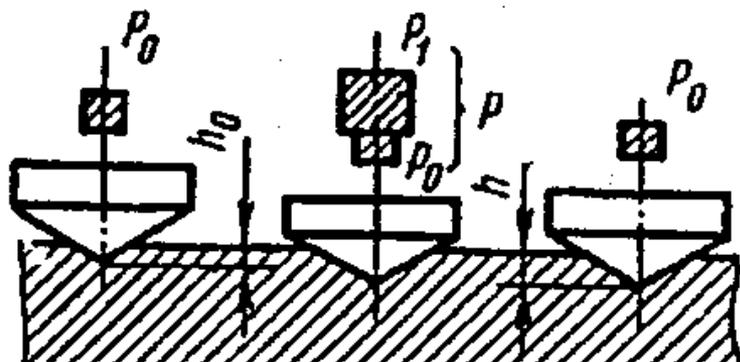
За **меру твердости НВ** принимают отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка диаметром  $d$  и глубиной  $t$ , который образуется при вдавливании силой  $P$  шарика диаметра  $D$ .

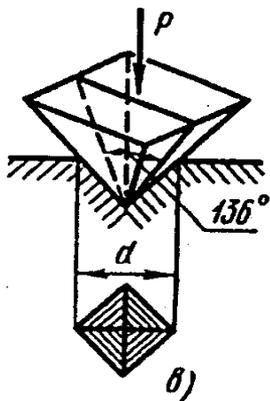
**б.** Для испытания твердых материалов применяют способ Роквелла. В образец вдавливают **алмазный конус с углом при вершине 120°** или **стальной закаленный шарик D 1,59 мм**, измеряется в условных единицах, соответствующих осевому перемещению наконечника на 0,002 мм, предварительная нагрузка  $P_0=100$  Н.

Для металлов с высокой твердостью применяют алмазный конус и общую нагрузку  $P=P_0+P_1=1500$ Н. Твердость отсчитывают по шкале "С" и обозначают **HRC**.

Если при испытании берется стальной шарик и общая нагрузка **1000 Н**, то твердость отсчитывается по шкале "В" и обозначается **HRB**.

Для очень твердых или тонких изделий используют алмазный конус и общую нагрузку **600 Н**. Твердость отсчитывается по шкале "А" и обозначается **HRA**.





**В.** При определении твердости **способом Виккерса** в материал вдавливают **четырёхгранную алмазную пирамиду с углом при вершине  $136^\circ$** . Нагрузки от 50 до 1000 Н. **HV**

Для оценки твердости металлов в малых объемах, например, на зернах металла или его структурных составляющих применяют **способ определения микротвердости**. Аналогично испытанию по Виккерсу). Нагрузка на индентор невелика и составляет 0,05-5 Н, а размер отпечатка 5-30 мкм. Микротвердость оценивают по величине диагонали отпечатка.

**Динамические методы** измерения твердости не приводят к возникновению дефектов поверхности изделий. Распространен способ определения твердости в условных единицах **по высоте отскокивания легкого ударника (бойка)**, падающего на поверхность испытуемого материала с определенной высоты. Применяется и метод измерения твердости **с помощью ультразвуковых колебаний**, основанный на регистрации изменения частоты колебаний измерительной системы в зависимости от твердости исследуемого материала.

**Путем царапанья** сравнивают твердость исследуемого и эталонного материалов по шкале Мооса. В качестве эталонов приняты 10 минералов, расположенных в порядке возрастания их твердости: 1 — тальк, 2 — гипс, 3 — кальцит, 4 — флюорит, 5 — апатит, 6 — ортоклаз, 7 — кварц, 8 — топаз, 9 — корунд, 10 — алмаз.

Эталонный минерал	Твердость	Обрабатываемость	Другие минералы с аналогичной твердостью
Тальк	1	Царапается ногтем	Графит
Гипс	2	Царапается ногтем	Хлорит, галит
Кальцит	3	Царапается медной монетой	Биотит, золото, серебро
Флюорит	4	Царапается ножом, оконным стеклом	Доломит, сфалерит
Апатит	5		Гематит, лазурит
Ортоклаз	6	Царапается напильником	Опал, рутил
Кварц	7	Поддаются обработке алмазом, царапают стекло	Гранат, турмалин
Топаз	8		Берилл, шпинель
Корунд	9		-
Алмаз	10	Режет стекло	-