

Механические свойства и способы определения их количественных характеристик

Твердость, вязкость,
усталостная прочность

Механическими свойствами называется совокупность свойств, характеризующих способность металлических материалов сопротивляться воздействию внешних усилий (нагрузок).

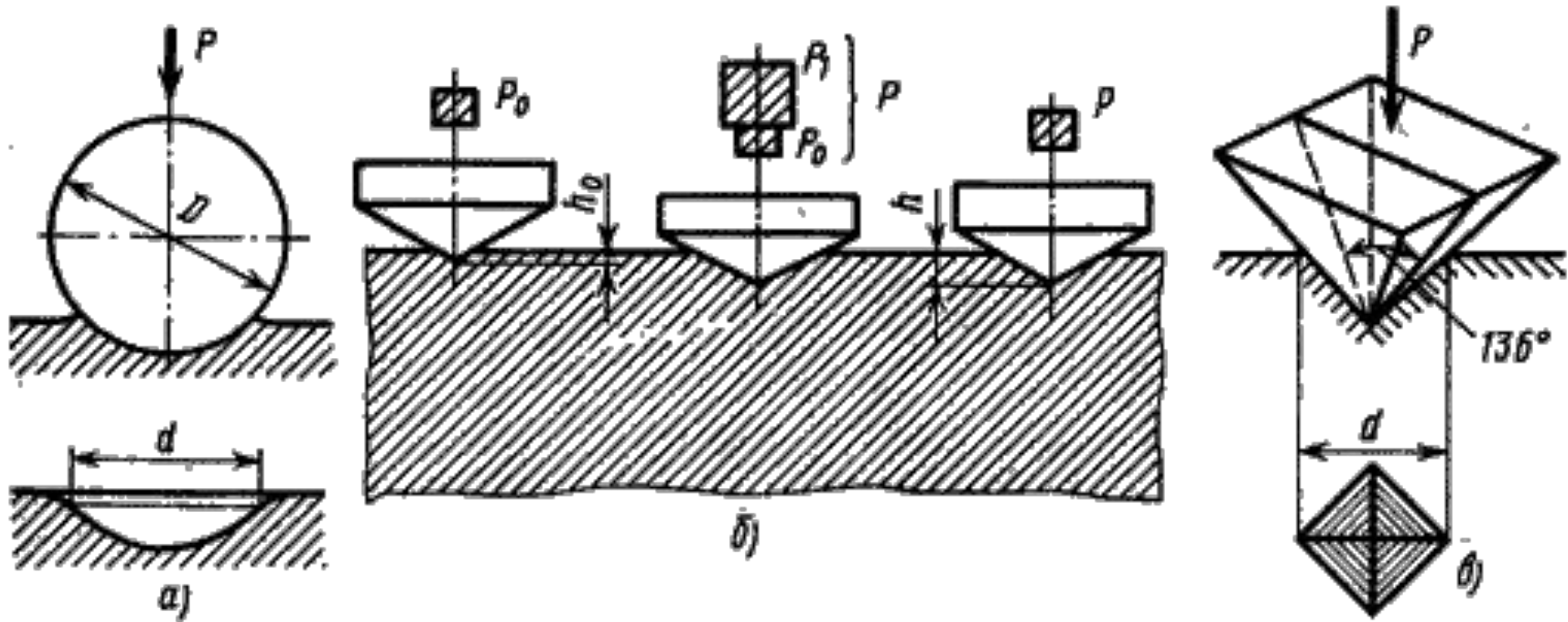
К ним можно отнести: прочность, твёрдость, пластичность, упругость, вязкость, хрупкость, усталость, ползучесть и износостойкость.

Механические испытания делят на

- **статические**, при которых нагрузка, действующая на образец, остаётся постоянной или возрастает крайне медленно;
- **динамические** (ударные);
- **циклические** испытания при повторных или знакопеременных нагрузках.

Твердость – это сопротивление материала проникновению в его поверхность стандартного тела (**индентора**), не деформирующегося при испытании.

Это неразрушающий метод контроля. Основной метод оценки качества термической обработке изделия. О твердости судят либо по глубине проникновения индентора (метод Роквелла), либо по величине отпечатка от вдавливания (методы Бринелля, Виккерса, микротвердости).



Схемы определения твердости: а – по Бринеллю; б – по Роквеллу;
в – по Виккерсу

Твердость по Бринеллю (ГОСТ 9012)

Индентор - стальной закаленный шарик диаметром D 2,5; 5; 10 мм.

Нагрузка P, в зависимости от диаметра шарика и измеряемой твердости: для термически обработанной стали и чугуна $P = 30D^2$

литой бронзы и латуни – $P = 10D^2$

алюминия и других очень мягких металлов – $P = 2,5D^2$

Продолжительность

выдержки
для стали и чугуна – 10 с, для латуни и бронзы – 30 с.

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

Стандартными условиями являются D = 10 мм; P = 3000

кгс;

$\tau = 10$ с. В этом случае твердость по Бринеллю обозначается HB 250, в других случаях указываются условия: HB D / P / τ

HB 5/ 250 /30 – 80.

Метод Роквелла ГОСТ 9013

Индентор для мягких материалов (до HB 230) – стальной шарик диаметром 1/16” (1,6 мм), для более твердых материалов – конус алмазный.

Шкалы для определения твердости по Роквеллу

Шкала	Обозначение	Индентор	Нагрузка, кг			Область применения
			P0	P1	P2	
A	HRA	Алмазный конус < 1200	10	50	60	Для особо твердых материалов
B	HRB	Стальной закаленный шарик Ø1/16”	10	90	100	Для относительно мягких материалов
C	HRC	Алмазный конус < 1200	10	140	150	Для относительно твердых материалов

Метод Виккерса

В качестве *индентора* используется алмазная четырехгранная пирамида с углом при вершине 136° .

Твердость рассчитывается как отношение приложенной нагрузки P к площади поверхности отпечатка F :

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2}$$

Нагрузка P составляет 5...100 кгС.

Способ микротвердости – для определения твердости отдельных структурных составляющих и фаз сплава, очень тонких поверхностных слоев (сотые доли миллиметра).

Индентор – пирамида меньших размеров, нагрузки при вдавливании P составляют 5...500 г.

$$H_{200} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

Метод царапания.

Алмазным конусом, пирамидой или шариком наносится царапина, которая является мерой. При нанесении царапин на другие материалы и сравнении их с мерой судят о твердости материала.

Можно нанести царапину шириной 10 мм под действием определенной нагрузки. Наблюдают за величиной нагрузки, которая дает эту ширину.

Динамический метод (по Шору)

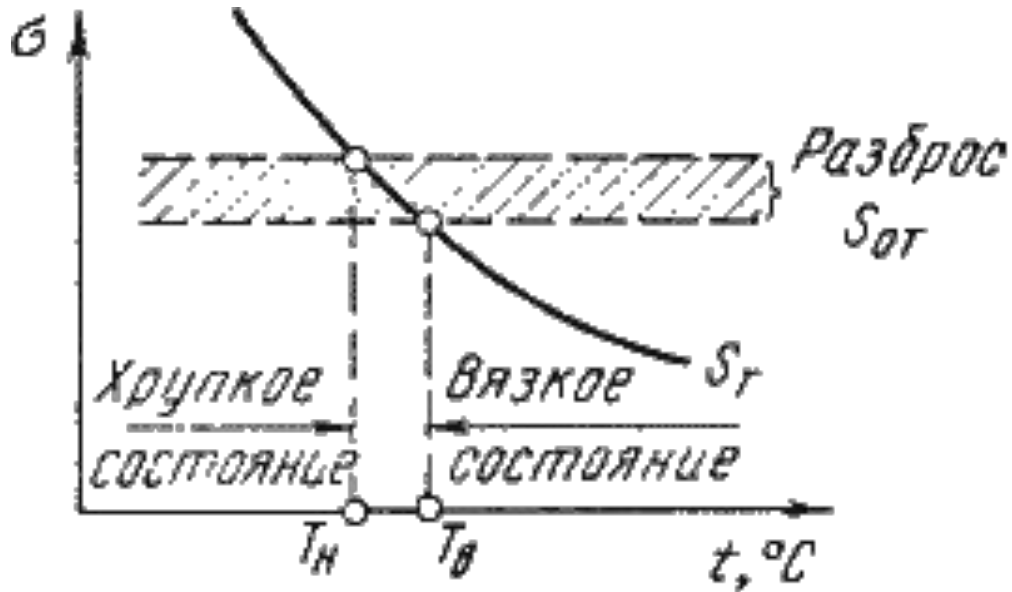
Шарик бросают на поверхность с заданной высоты, он отскакивает на определенную величину. Чем больше величина отскока, тем тверже материал.

ВЯЗКОСТЬ (ГОСТ 9454)

Вязкость – способность материала поглощать механическую энергию внешних сил за счет пластической деформации.

Является энергетической характеристикой материала, выражается в единицах работы. Вязкость металлов и сплавов определяется их химическим составом, термической обработкой и другими внутренними факторами.

Также вязкость зависит от условий, в которых работает металл (температуры, скорости нагружения, наличия концентраторов напряжения).

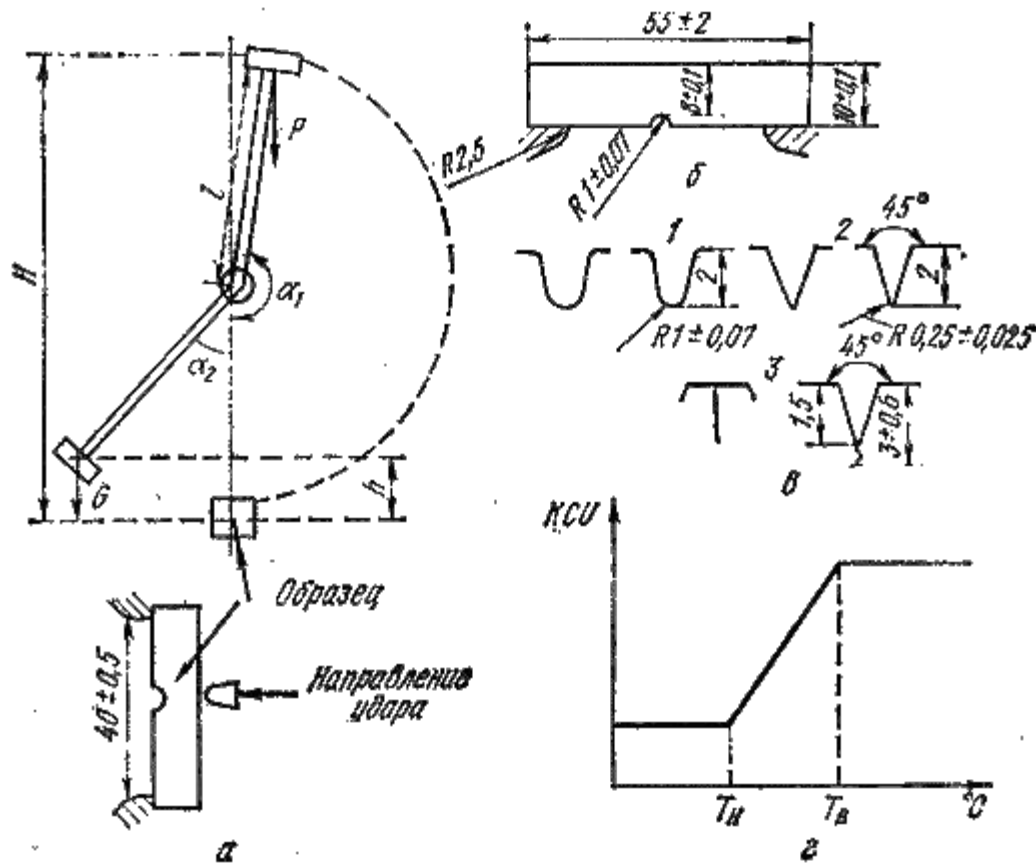


Влияние температуры на пластичное и хрупкое состояние

Хладоломкость называется склонность металла к переходу в хрупкое состояние с понижением температуры.

Хладоломкими являются железо, вольфрам, цинк и другие металлы, имеющие объемноцентрированную кубическую и гексагональную плотноупакованную кристаллическую решетку.

Ударная вязкость характеризует надежность материала, его способность сопротивляться хрупкому разрушению



На разрушение образца затрачивается работа:

$$A = P(H - h)$$

где: P – вес маятника, H – высота подъема маятника до удара, h – высота подъема маятника после удара.

Характеристикой вязкости является *ударная вязкость* (a_H), - удельная работа разрушения.

$$a_H = \frac{A}{F_0}$$

где: F_0 - площадь поперечного сечения в месте надреза

ГОСТ 9454 – 78 ударную вязкость обозначает KCV. KCU. KCT. KC – символ ударной вязкости, третий символ показывает вид надреза: острый (V), с радиусом закругления (U), трещина (T).

Испытывают серию образцов при различных температурах и строят кривые ударная вязкость – температура ($a_H - T$), определяя пороги хладоломкости.

Порог хладоломкости - температурный интервал изменения характера разрушения, является важным параметром конструкционной прочности. Чем ниже порог хладоломкости, тем менее чувствителен металл к концентраторам напряжений (резкие переходы, отверстия, риски), к скорости деформации.

Испытания на выносливость (ГОСТ 2860) дают характеристики усталостной прочности.

Усталость - разрушение материала при повторных знакопеременных напряжениях, величина которых не превышает предела текучести.

Усталостная прочность – способность материала сопротивляться усталости.

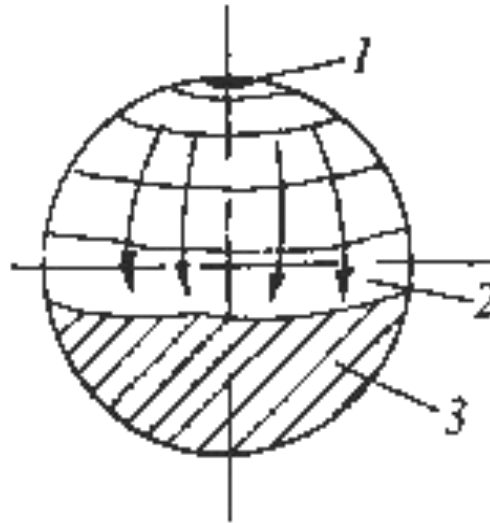
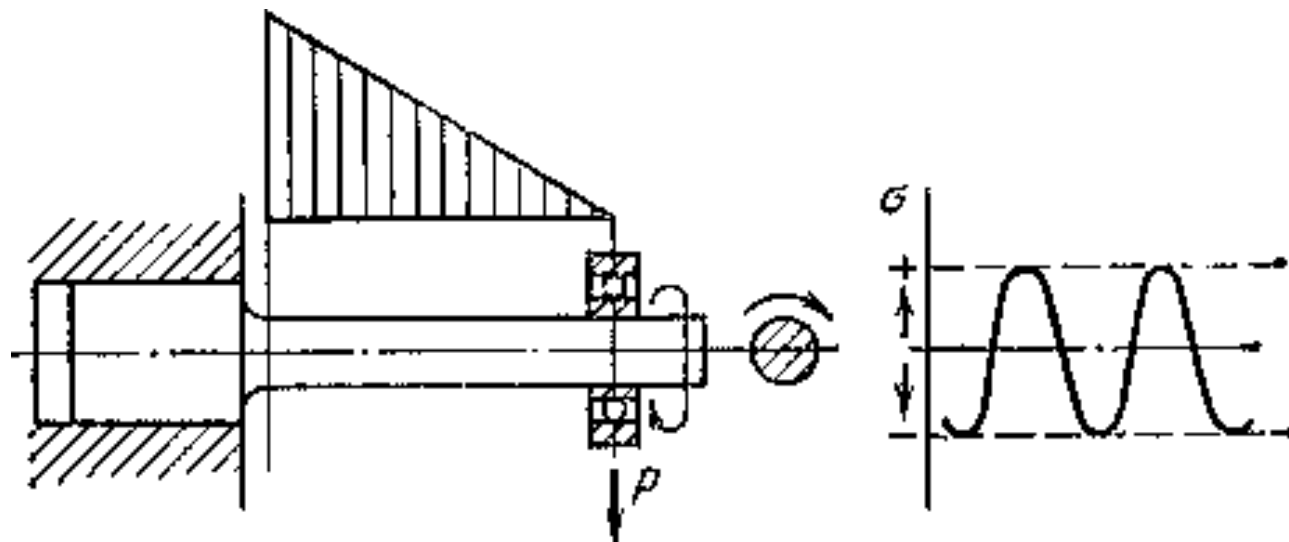
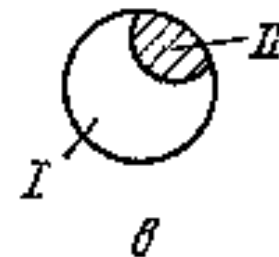
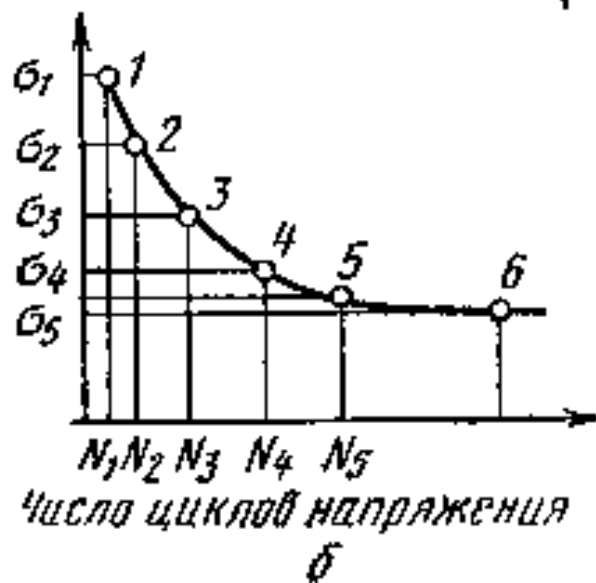


Схема зарождения и развития трещины при переменном изгибе круглого образца

- 1 – образование трещины в наиболее нагруженной части сечения, которая подвергалась микродеформациям и получила максимальное упрочнение
- 2 – постепенное распространение трещины, гладкая притертая поверхность
- 3 – окончательное разрушение, зона “долома”, живое сечение уменьшается, а истинное напряжение увеличивается, пока не происходит разрушение хрупкое или вязкое



а



б

Испытания на усталость (а), кривая усталости (б)

Основные характеристики:

Предел выносливости

– при симметричном изменении нагрузки, σ_{-1}

σ_R – при несимметричном изменении нагрузки) – максимальное напряжение, выдерживаемое материалом за произвольно большое число циклов нагружения N.

Ограниченный предел выносливости – максимальное напряжение, выдерживаемое материалом за определенное число циклов нагружения или время.

Живучесть – разность между числом циклов до полного разрушения и числом циклов до появления усталостной трещины.

Изнашивание металлов

- Износ – процесс отделения материала с поверхности твердого тела и (или) увеличения его остаточной деформации при трении, проявляющейся в постепенном изменении размеров или формы материала.
- Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию называется износостойкостью (величина обратная скорости изнашивания).

Виды изнашивания

1. Коррозионно-механическое (окислительное) изнашивание.
2. Механическое изнашивание (абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, кавитационное, усталостное, изнашивание при фреттинге и заедании).
3. Электроэрозионное изнашивание.

Технологические и эксплуатационные свойства

Технологические свойства

Технологические свойства характеризуют способность материала подвергаться различным способам холодной и горячей обработки.

1. Литейные свойства.

Характеризуют способность материала к получению из него качественных отливок.

Жидкотекучесть – характеризует способность расплавленного металла заполнять литейную форму.

Усадка (линейная и объемная) – характеризует способность материала изменять свои линейные размеры и объем в процессе затвердевания и охлаждения.

Ликвация – неоднородность химического состава по объему.

2. Способность материала к обработке давлением.

Это способность материала изменять размеры и форму под влиянием внешних нагрузок не разрушаясь.

Она контролируется в результате технологических испытаний, проводимых в условиях, максимально приближенных к производственным.

Листовой материал испытывают на перегиб и вытяжку сферической лунки.

Проволоку испытывают на перегиб, скручивание, на навивание. Трубы испытывают на раздачу, сплющивание до определенной высоты и изгиб.

Критерием годности материала является отсутствие дефектов после испытания.

3. Свариваемость.

Это способность материала образовывать неразъемные соединения требуемого качества. Оценивается по качеству сварного шва.

4. Способность к обработке резанием.

Характеризует способность материала поддаваться обработке различным режущим инструментом. Оценивается по стойкости инструмента и по качеству поверхностного слоя.

Эксплуатационные свойства

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала работать в конкретных условиях.

Износостойкость – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.

Коррозионная стойкость – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.

Жаростойкость – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

Жаропрочность – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.

Хладостойкость – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.

Антифрикционность – способность материала прирабатываться к другому материалу.

При выборе материала для создания конструкции необходимо полностью учитывать механические, технологические и эксплуатационные свойства.