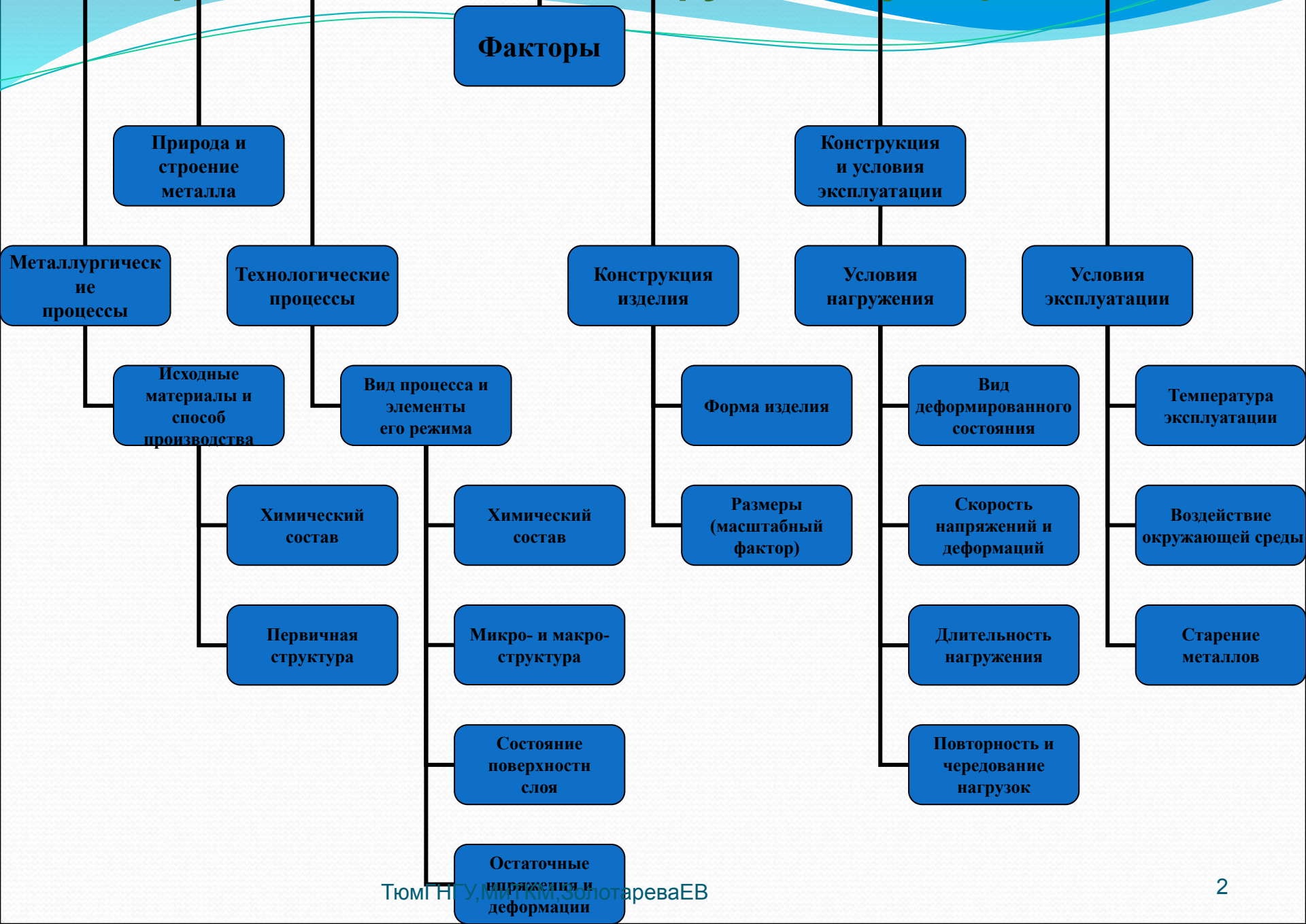
Материаловедение. Технология конструкционных материалов

Методы исследования материалов.

Факторы, влияющие на конструкционную прочность



Методы исследования материалов

1. **Металлографические методы – применяются для изучения особенностей структуры металлов и сплавов:**

Микроанализ – изучение объектов структуры под микроскопом при увеличении до 2000 раз.

Позволяет обнаружить элементы структуры размером до 0,2 мкм.

Макроанализ – изучение объектов невооруженным глазом или при небольшом увеличении, с помощью лупы.

Позволяет выявить и определить дефекты, возникшие на различных этапах производства литых, кованных, штампованных и катанных заготовок, а также причины разрушения деталей.

Фрактография - изучение изломов.

Устанавливают: вид излома (вязкий, хрупкий); величину, форму и расположение зерен и дендритов литого металла; дефекты, нарушающие сплошность металла

II. Методы структурного анализа применяются для исследования атомно-кристаллического строения (тонкого строения) и его дефектов:

рентгенографические методы, позволяющие устанавливать связь между химическим составом, структурой и свойствами тела, тип твердых растворов, микронапряжения, концентрацию дефектов, плотность дислокаций. (**Рентгеноструктурный анализ, электронно-графический анализ**)

III. Определение механических свойств:

1. испытания на растяжение,
2. определение твердости,
3. определение ударной вязкости,
4. испытания на выносливость,
5. испытания на ползучесть и длительную прочность.

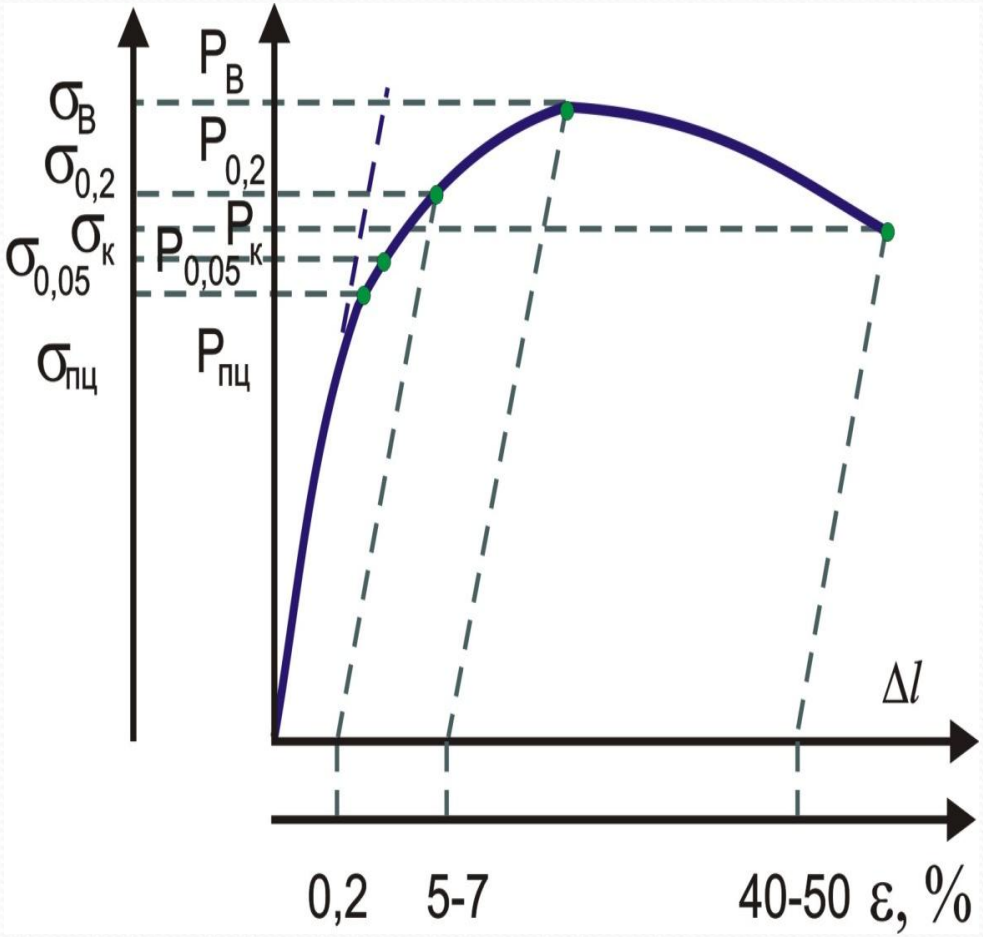
Механические свойства определяют поведение материала при деформации и разрушении от действия внешних нагрузок.

В зависимости от условий нагружения механические свойства могут определяться при:

- **статическом нагружении** – нагрузка на образец возрастает медленно и плавно.
- **динамическом нагружении** – нагрузка возрастает с большой скоростью, имеет ударный характер.
- **переменном или циклическим нагружении** – нагрузка в процессе испытания многократно изменяется по величине или по величине и направлению.

1. Испытания на растяжение

- P – усилие;
- $\Delta l = l - l_o$ – абсолютное удлинение;
- $\sigma = P / F_o$ – условное напряжение;
- ε – относительное удлинение.
- $\sigma_{пц}$ – **предел пропорциональности**;
- $\sigma_{0,05}$ – **предел упругости**;
- $\sigma_т$ – **физический предел текучести**;
- $\sigma_{0,2}$ – **предел текучести условный**;
- $\sigma_в$ – **временное сопротивление (предел прочности)**;
- $S_к = P_к / F_к$ – **истинное напряжение разрушения**;
- $\Psi = [(F_o - F_к) / F_o]\cdot 100\%$ – **относительное сужение после разрыва**;
- $\delta = [(l_к - l_o) / l_o]\cdot 100\%$ – **относительное удлинение после разрыва**;
- $E = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon$ – **модуль упругости**.



Определения

- **Предел пропорциональности** – напряжение, при котором отступление от линейной зависимости между нагрузкой и удлинением достигает такой величины, что тангенс угла наклона, образованного касательной к кривой деформации в точке $P_{пц}$ с осью нагрузок, увеличивается на 50 % своего значения на линейном участке.
- **Предел упругости** – напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,05% от длины участка образца, равного базе тензометра; **характеризует сопротивление упругой деформации**.
- **Физический предел текучести** отвечает напряжению, при котором образец деформируется без заметного увеличения растягивающей нагрузки – образуется область (площадка) текучести.
- **Предел текучести условный** – напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2 % начальной длины образца; **характеризует сопротивление пластической деформации**.
- **Временное сопротивление (предел прочности)** – напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующее разрушению образца и отнесенное к начальной площади его поперечного сечения до испытания; **характеризует сопротивление разрушению**.

Определения

- **Истинное напряжение разрушения** – отношение усилия в момент разрушения ($P_к$) к минимальной площади сечения образца в месте разрыва ($F_к$).
- **Относительное сужение после разрыва** – отношение уменьшения площади поперечного сечения образца в месте разрыва к начальной площади его поперечного сечения, **характеризует пластичность материала**.
- **Относительное удлинение после разрыва** – отношение приращения расчетной длины образца $l_к - l_о$ после разрыва к его первоначальной расчетной длине $l_о$, **характеризует пластичность материала**.
- **Модуль упругости** – отношение приращения напряжения к соответствующему приращению относительного удлинения в пределах упругой (линейной) деформации в соответствии с законом Гука; **характеризует упругость материала**.

2. Испытания на твердость

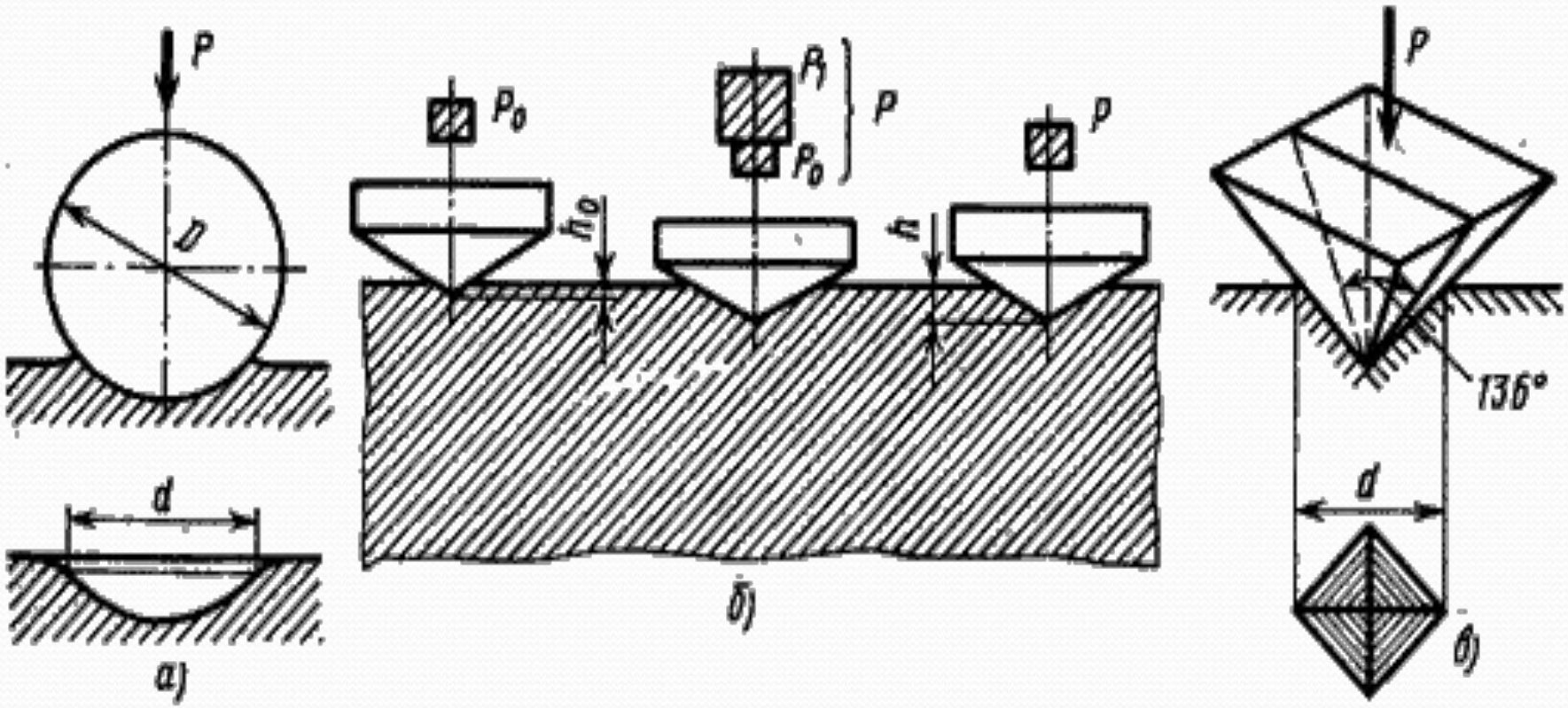
- **Твердость** – характеристика прочности материала в условиях сложнонапряженного состояния, возникающего при внедрении **индентора** и сопровождающегося большими пластическими деформациями в зоне испытания (поверхностных слоях материала).
- **Способы** измерения твердости вдавливанием:
  - **по Бринеллю** (***HB***, мерой твердости служит отношение нагрузки к площади поверхности сферического отпечатка шарика);
  - **по Роквеллу** (***HRA***, ***HRB***, ***HRC*** – условная величина, обратная глубине вдавливания шарика или алмазного конуса в зависимости от твердости испытуемого металла, с соответствующим отсчетом на приборе Роквелла);
  - **по Виккерсу** (***HV*** – определяется отношением нагрузки к квадрату средней длины диагоналей отпечатка от вдавливания четырехгранной алмазной пирамидки).

Схемы определения твердости:

а – по Бринеллю;

б – по Роквеллу;

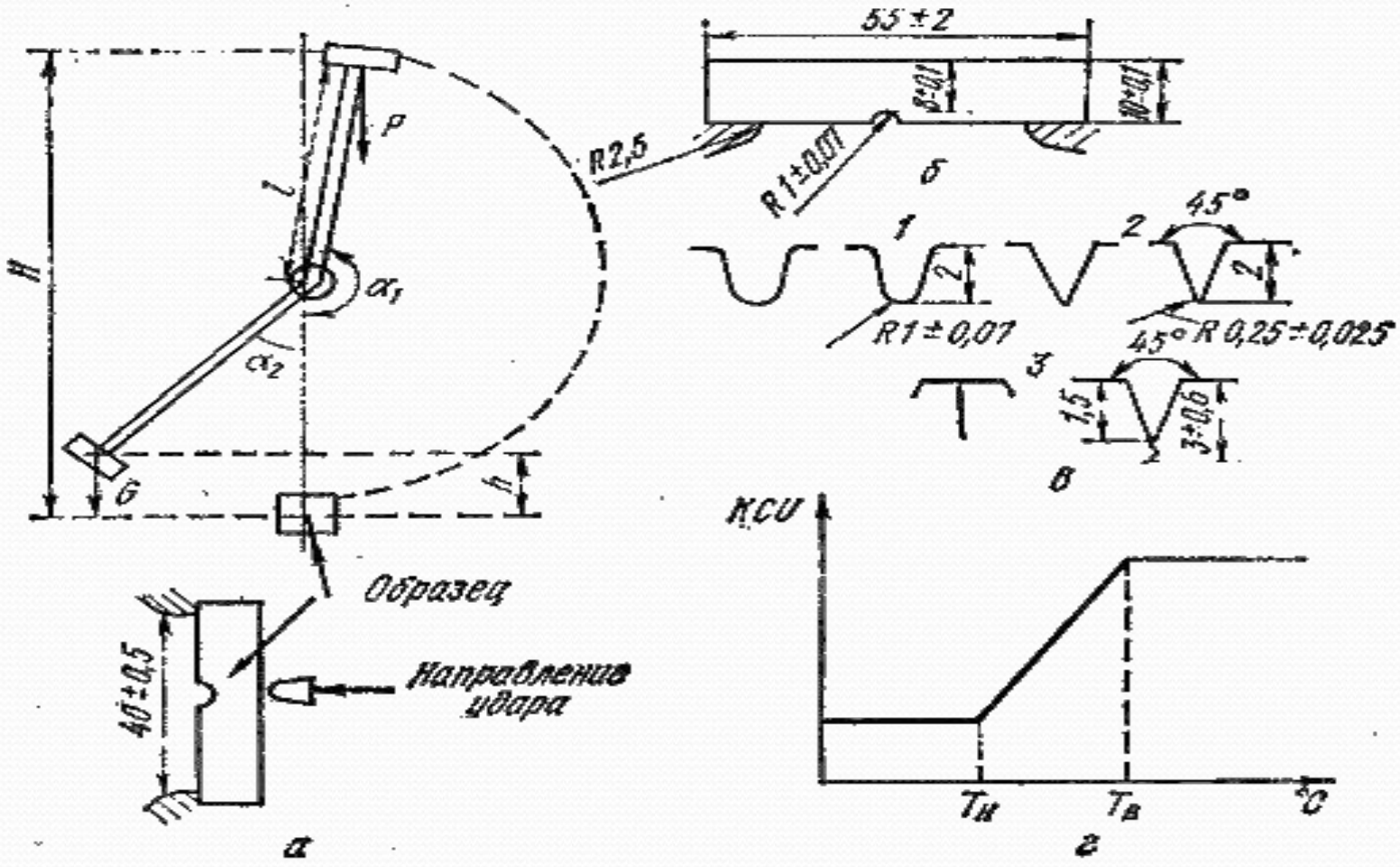
в – по Виккерсу



3. Динамические испытания

- За результат испытания принимают **работу удара** K или **ударную вязкость** (**удельная работа, затраченная на разрушение образца**) $KC = K / F_o$, где F_o – площадь начального сечения образца в месте концентратора, для образцов с концентраторами видов U, V и T (трещина): KCU, KCV и KCT.
- Допускается обозначать ударную вязкость двумя индексами (a_i): первый (a) – символ ударной вязкости, второй (i) – номер типа образца в соответствии с ГОСТ. В литературе используется также обозначение $a_н$.
- Концентрация напряжений увеличивается в ряду концентраторов $U \rightarrow V \rightarrow T$, поэтому для одного материала при одинаковых условиях испытания $KCU > KCV > KCT$.

Схема испытания на ударную вязкость: а – схема маятникового копра; б – стандартный образец с надрезом; в – виды концентраторов напряжений; г – зависимость вязкости от температуры

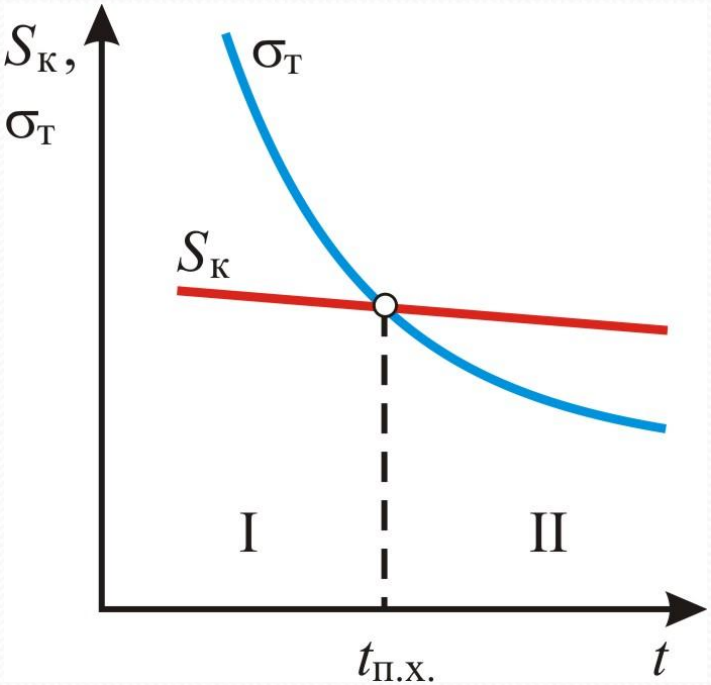


3.1. Хладноломкость

- **Хрупкое разрушение** характеризуется очень быстрым ростом трещины, причем это происходит без повышения действующих напряжений.
- **Вязкое разрушение** характеризуется не только предшествующей ему большой пластической деформацией, но и медленным развитием трещины.
- Понижение температуры обусловливает переход от вязкого к хрупкому разрушению. Это явление получило название **хладноломкости**.

3.2. Порог хладноломкости

- Ниже некоторой температуры, которая называется **критической температурой хрупкости,** или **порогом хладноломкости** $t_{п.х.}$, , и возникает хрупкое разрушение.
- Порог хладноломкости может характеризоваться также по 50 % вязкой составляющей в изломе t_{50} или по величине ударной вязкости KCU = 0,3 МДж/м² (t_{KCU}=0,3).



3.3. Масштабный фактор

- Чем выше скорость деформации, тем больше склонность металла к хрупкому разрушению. Хрупкому разрушению способствуют все концентраторы напряжений, особенно с увеличением остроты и глубины надреза. Вероятность хрупкого разрушения возрастает с ростом размеров образца – **масштабный фактор разрушения**.
- Масштабный эффект имеет сложную природу и зависит от многих факторов. Основными причинами его проявления является действие следующих факторов: ***металлургического, технологического и статистического***.

4. Испытания на усталость

- Разрушение, возникающее под действием циклически изменяющихся напряжений, называется **усталостью**.
- Усталостью определяется степень долговечности почти всей техники. Это основной путь разрушения фюзеляжей, вагонов, мостов, шестерен, тросов, рельсов, подшипников и т.д.
- Многие металлы имеют **предел выносливости** σ_{-1} (τ_{-1}), т. е. при напряжении ниже предела выносливости металл не подвержен усталостному разрушению (обычно приводится с числом циклов испытаний).
- **Усталостная долговечность** *N* – характеристика выносливости материала, определяемая числом циклов, пройденных образцом перед разрушением при задаваемом напряжении.

5. Испытания на ползучесть

- **Ползучесть** представляет собой зависящую от времени *t* пластическую деформацию.
- Скорость этой деформации невелика, но материалы, использующиеся при высокой температуре, подвергаются воздействию напряжения в течение длительного времени.
- **Предел ползучести**, найденный при допуске на остаточную деформацию, например, 0,2 % за 100 часов испытания при 700 °С, обозначают $\sigma^{700}_{0,2/100}$, указывая суммарную или остаточную деформацию. Предел ползучести, определяемый по скорости ползучести, например, $1 \cdot 10^{-5}$ %/ч при 700 °С, обозначают $\sigma^{700}_{1 \cdot 10^{-5}/ч}$, указывая время испытания, за которое была достигнута заданная скорость ползучести.

6. Испытания на длительную прочность

- **Длительная прочность** – прочность материала, находящегося длительное время в напряженном состоянии при высокой температуре. Она характеризуется **пределом длительной прочности** – напряжением, которое вызывает разрушение материала при заданной температуре.
- В обозначении предела длительной прочности указывают температуру и время до разрушения: $\sigma_{10000}^{600} = 130$ МПа. Это означает, что при 600 ºС материал выдерживает напряжение в 130 МПа в течение 10000 ч.

V. Специальные виды испытаний:

- **Физические методы исследования:**

Термический анализ основан на явлении теплового эффекта.

Дилатометрический метод. При нагреве металлов и сплавов происходит изменение объема и линейных размеров – тепловое расширение.

Магнитный анализ. Используется для исследования процессов, связанных с переходом из паромагнитного состояния в ферромагнитное (или наоборот).

- **Испытания на коррозионную стойкость**