



Материаловедение

«Свойства металлов и сплавов»

Использованы материалы из монографии Мощенка В. И.

Автор: доц. Глушкова Д.Б.

Lect1_1M_TKMIM_GDB_03.02.15

План лекции

1. Свойства металлов и сплавов

2. Прочность

3. Усталостная прочность

4. Пластичность

5. Ударная вязкость

6. Твердость

7. Конструкционная прочность

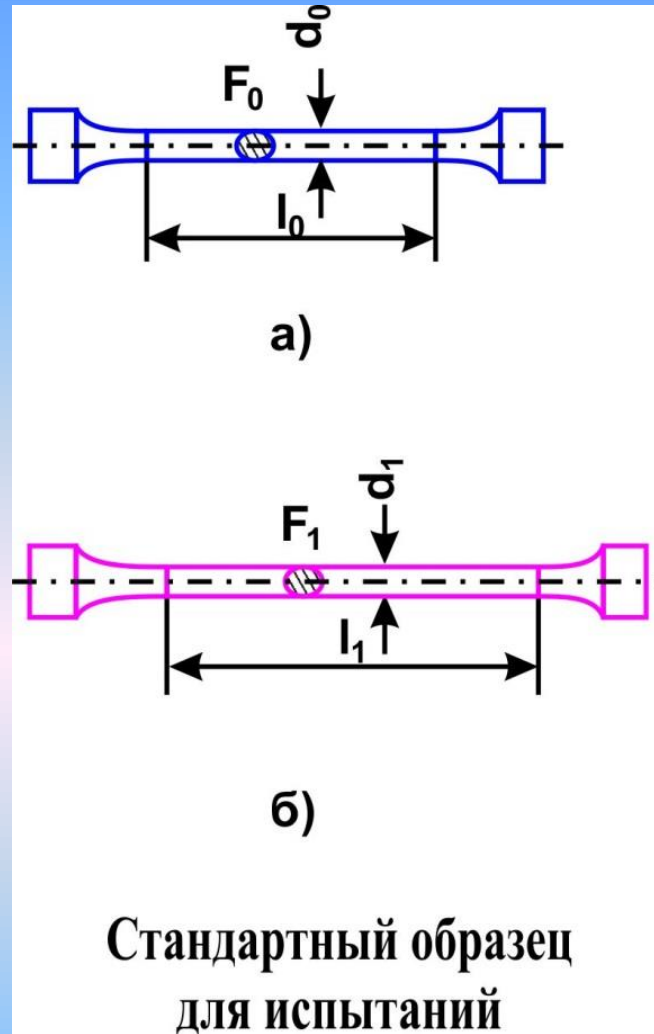
8. Критерии долговечности

Свойства металлов и сплавов. Конструкционная прочность, надежность

Материаловедение – это наука, которая изучает строение и свойства материалов и устанавливает связь между их составом, строением и свойствами. Цель этой науки – разработка путей влияния на строение и свойства материалов.



По своей природе свойства делятся на механические, химические и физические. Механические свойства характеризуют поведение материала под действием разных механических нагрузок.



К общим относятся стандартные механические свойства, определяемые в соответствии с ГОСТами.

Усилие $\rightarrow$ напряжение $\rightarrow$
упругая деформация $\rightarrow$
пластическая деформация $\rightarrow$
образование и развитие трещин $\rightarrow$
разрушение.

Виды механических свойств:

1. Прочность; 2. Твердость; 3. Пластичность; 4. Ударная вязкость.

Прочность

Прочность характеризует сопротивление материала деформации и разрушению.

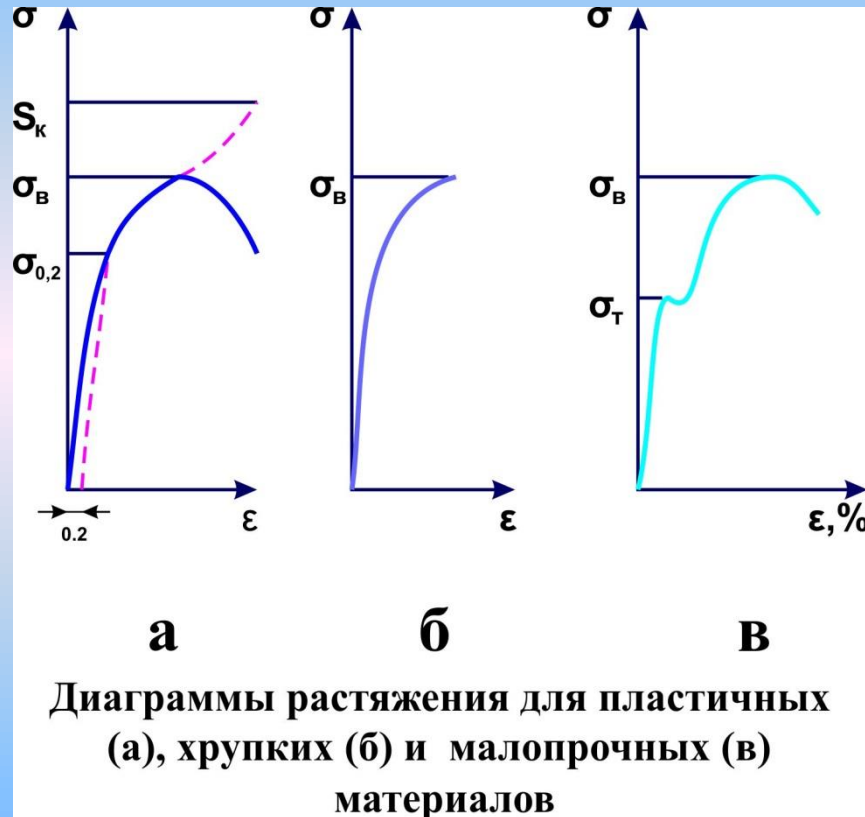
По кривым «напряжение – деформация» определяют такие показатели прочности:

σ_B – временное сопротивление разрушению – максимальное напряжение, которое выдерживает металл при растяжении.

$$\sigma_{\sigma} = \frac{P_{\sigma}}{F_0} \text{ [МПа]}$$

где P_{σ} – усилие; F_0 – площадь поперечного сечения до испытаний.

$\sigma_{0,05}$ – условная граница упругости – напряжение, которое вызывает остаточную деформацию 0,05 %.



$\sigma_{0,2}$ – условная граница текучести – напряжение, которое вызывает остаточную деформацию 0,2 %. Этот показатель характеризует сопротивление материала деформации.

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0} \text{ [МПа]}$$

Если на кривой растяжения есть площадка текучести, то используется показатель

σ_T – физическая граница текучести – напряжение, при котором образец деформируется без повышения усилия

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0} \text{ [МПа]}$$

Все показатели прочности измеряются в МПа или ГПа

Усталостная прочность (выносливость)

Усталостная прочность характеризует сопротивление материала циклическим нагрузкам

Циклические нагрузки вызывают в металле процесс постепенного накопления повреждений, что приводит к образованию усталостных трещин. Это явление называется усталостью.

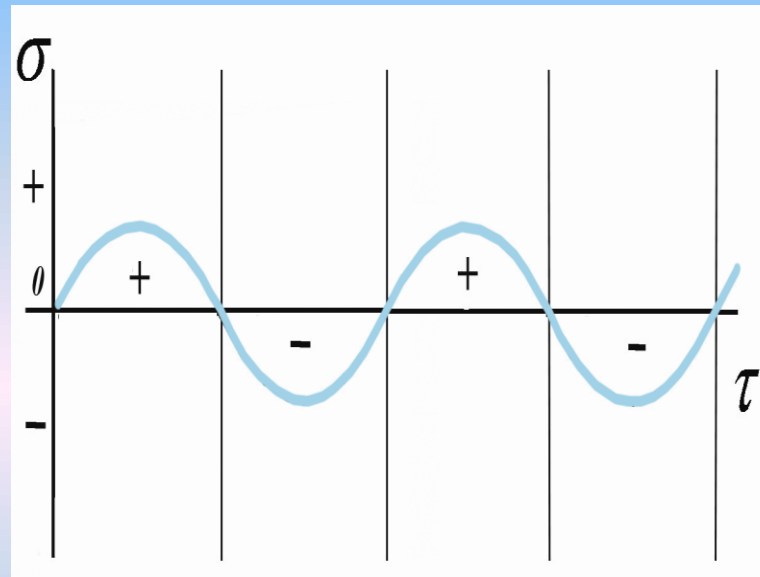


Схема циклических изменений напряжений при симметричном цикле

В этом случае преждевременное разрушение деталей происходит при напряжениях, значительно ниже $\sigma_{\text{в}}$. Способность материала оказывать сопротивление усталости называется выносливостью.

Циклическое напряжение изменяется по синусоидальному закону. При симметричном цикле, когда $\sigma_{\text{max}} = -\sigma_{\text{min}}$ критерием выносливости называется условный предел выносливости, который обозначается σ_{-1}

Усталостная прочность

Критерий выносливости — это максимальное напряжение, которое может выдержать материал при циклическом нагружении без разрушения за определенное число циклов, которое называется *базой* (N_0).

Цикл — это одно растяжение и сжатие

Количество циклов, которое выдерживает материал без разрушения называется — базой (N_0)



Для сталей база

$N_0 = (5 \div 50) \cdot 10^6$
циклов, для цветных сплавов $N_0 \sim 10^8$
циклов

σ -условный предел выносливости

Показатели пластичности

Пластичность характеризует способность металла пластично деформироваться без разрушения.

Показатели пластичности определяются при испытании образцов на растяжение (вместе с показателями прочности).

Показатели пластичности – это относительное удлинение δ и относительное сужение Ψ , которые находятся по таким формулам:

Относительное удлинение :

$$\delta = (l_0 - l_1) \times 100\% / l_0$$

Относительное сужение :

$$\psi = (F_0 - F_1) \times 100\% / F_0$$

где l_0 и F_0 – длина и площадь поперечного перереза исходного образца,

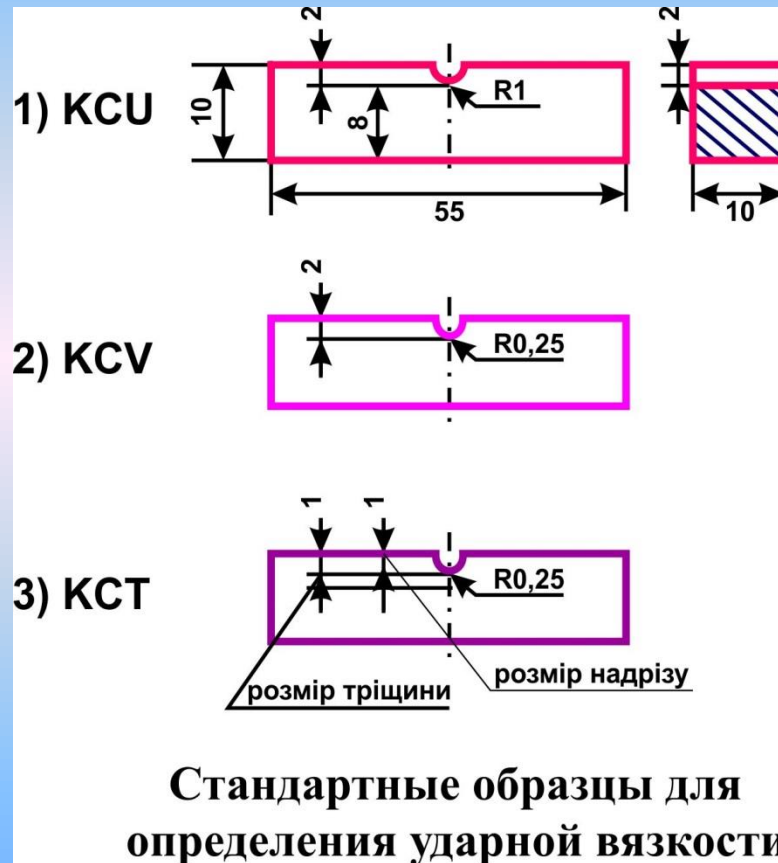
l и F – длина и площадь после разрушения образца.

Ψ характеризует способность материала к локальной пластической деформации

Ударная вязкость

Ударная вязкость характеризует способность материала оказывать сопротивление ударным нагрузкам.

Ударная вязкость КС – это удельная работа разрушения при динамической нагрузке. Она определяет работу, которую нужно затратить для разрушения образца сечения 1 см² при ударе.



Характеристика обозначается КС:

$$КС = A/F_0 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

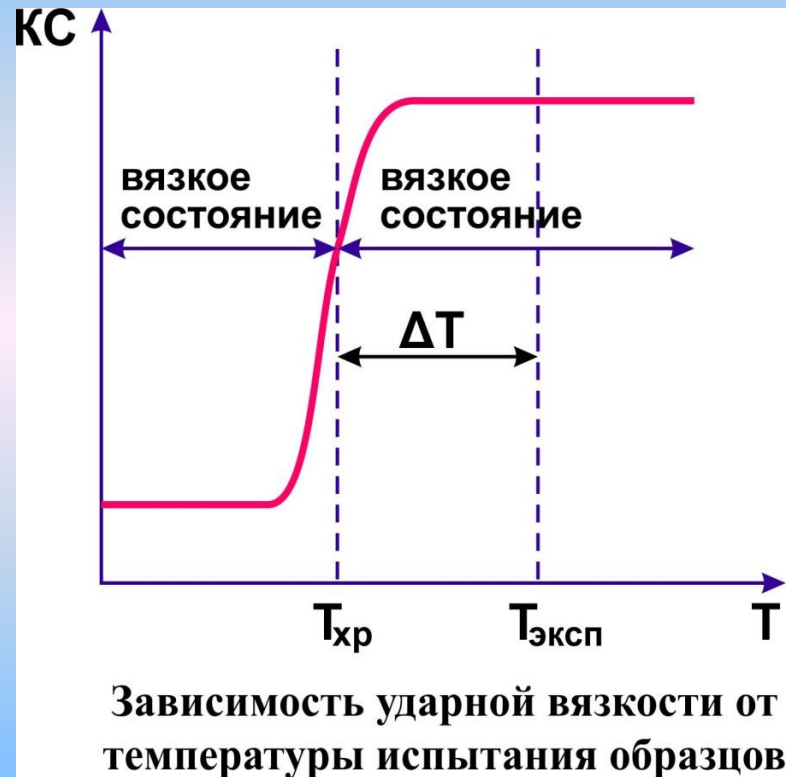
где A – работа разрушения,
 F_0 – исходная площадь сечения образца.

Ударная вязкость КС- динамический показатель прочности

Ударная вязкость – это интегральная характеристика, которая включает в себя работу зарождения трещины $KСз$ и работу распространения трещины $KСр$

$$KС = KСз + KСр$$

Ударная вязкость при определенной температуре резко снижается. Эта температура называется «порог хладноломкости» ($T_{хр}$). Она определяет переход материала от вязкого разрушения к хрупкому (рис.)



Разность между температурой эксплуатации ($T_{эксп.}$) и порогом хладноломкости ($T_{хр.}$) называется температурным запасом вязкости (ΔT).

Температура эксплуатации должна быть всегда выше порога хладноломкости
Чем больше запас вязкости, тем меньше вероятность хрупкого разрушения

Твердость

Твердость – это способность материала оказывать сопротивление проникновению в его поверхность другого более твердого тела (индентора). Наиболее известны такие методы измерения твердости: метод Бринелля, метод Роквелла и метод Виккерса.

Метод Бринелля

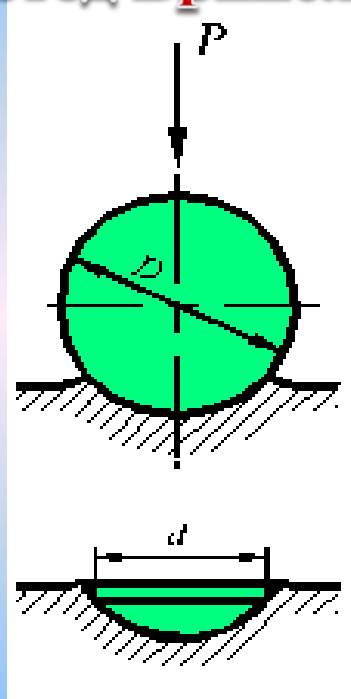


Схема испытания на
твёрдость по
Бринеллю

Величина твердости по Бринеллю определяется как отношение усилия вдавливания P к площади поверхности лунки F .

$$HBW = \frac{P}{F}$$

НВ выражается в МПа или ГПа

Этот метод состоит во вдавливании в поверхность материала стального закаленного шарика диаметром

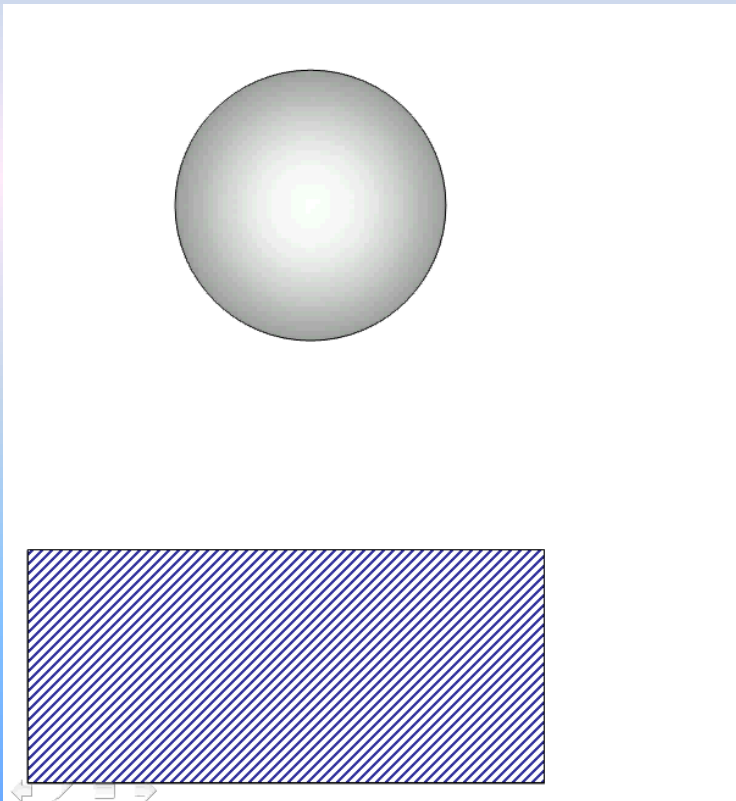
$D = 2,5; 5; 10$ мм при усилии от 15,6 до 3000 кГс.

Применяется этот метод для измерения твёрдости мягких объектов.

Для пластичных материалов существует связь. Для $\sigma_v = (0,33-0,36)HB$, для медных сплавов $\sigma_v = 0,45HB$, для алюминиевых сплавов $\sigma_v = 0,35HB$

Определение твердости (Индентор-шарик)

Схема испытаний:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ УКРАИНЫ



**ДСТУ ISO 6506-1:
2007**

Определение твердости по Бринеллю

Дата введения : 2009-01-01

Обозначение твердости по Бринеллю

425 HBW 10 / 3000 / 20



Время выдержки, с
(если не равно 10-15 с)

Приложенное усилие, кгс

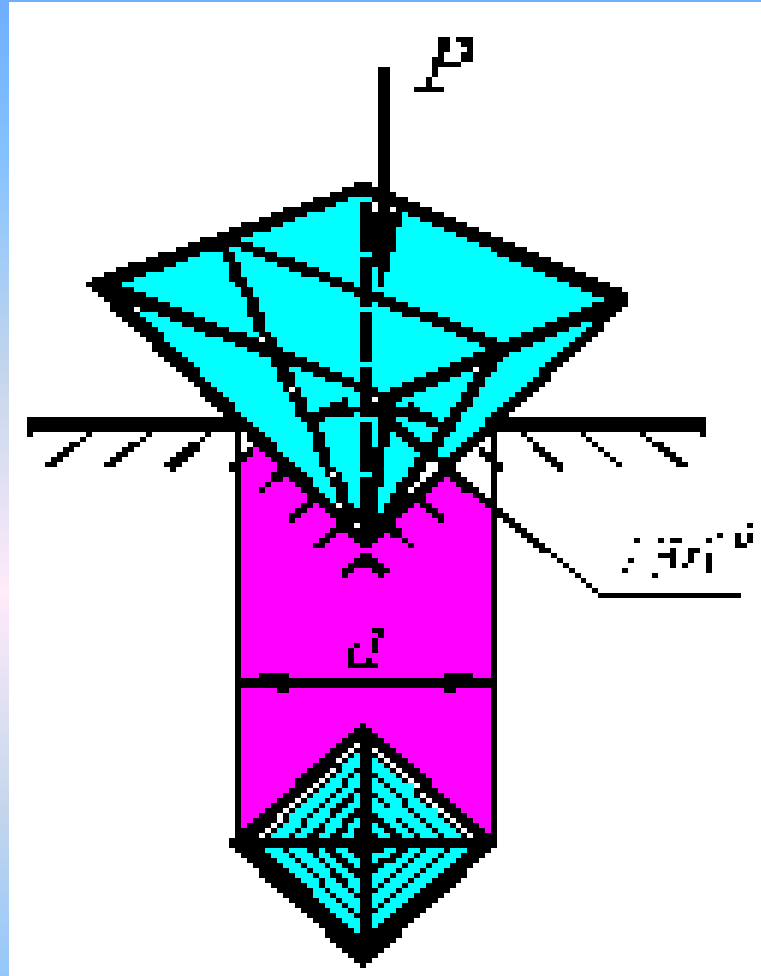
Диаметр твердосплавного шарика-индентора, мм

Символ твердости по Бринеллю

Число твердости по Бринеллю, кгс/мм²

Метод Виккерса

Этот метод основан на вдавливании в поверхность металла четырехгранной алмазной пирамиды при нагрузке 5...100 кГс и измерении диагоналей отпечатка, имеющего форму ромба.



По среднему значению диагоналей с помощью переводных таблиц определяют твердость HV.

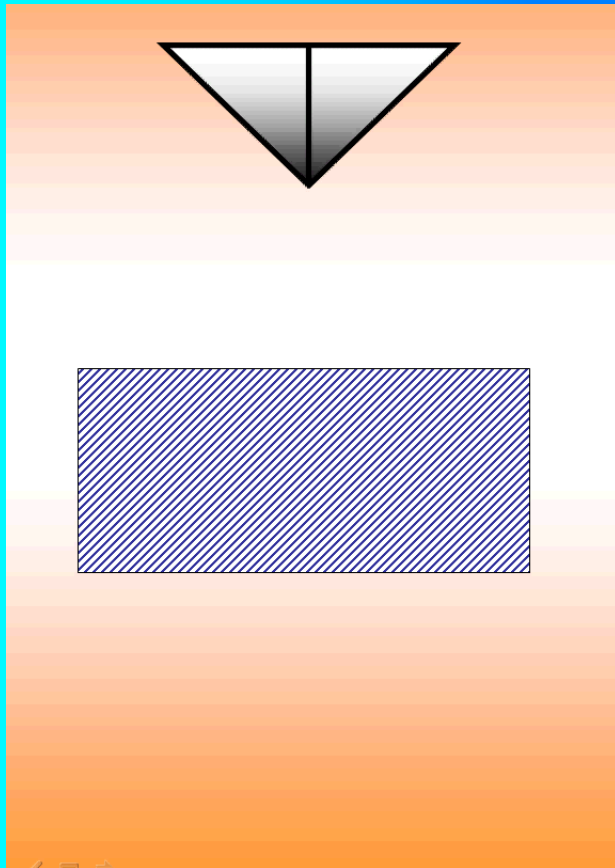
Размерность кГс/мм² или МПа.

Схема испытаний на твёрдость по Виккерсу

Этот метод применяется для измерения твёрдости тонких поверхностных слоёв.

Определение твердости (Индентор-ПИРАМИДА ВИККЕРСА)

Схема испытаний:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ УКРАИНЫ



ДСТУ ISO 6507-1:2007

**Определение твердости
по Виккерсу**

Дата введения : 2009-01-01

Обозначение твердости по Виккерсу

750 HV 30 / 20



Время выдержки, с
(если не равно 10-15 с)

Приложенное усилие, кгс

Символ твердости по Виккерсу

Число твердости по Виккерсу, кгс/мм²

Метод Роквелла

Этот метод универсальный. Существует 54 шкалы, чаще всего использую три шкалы А В С

Значения твердости определяют с помощью индентора по глубине его внедрения

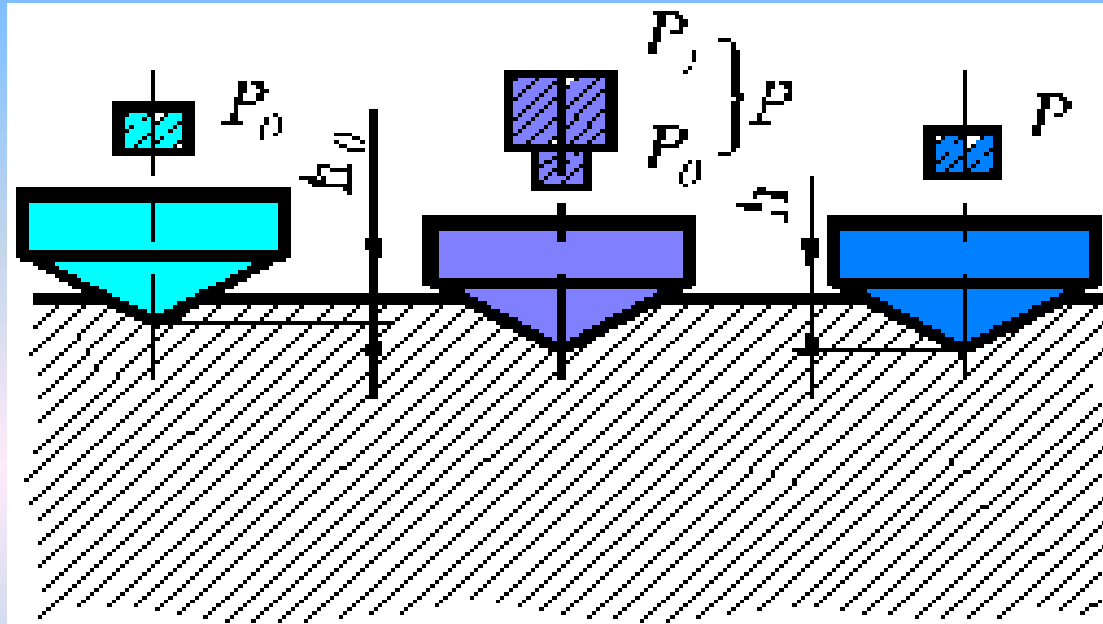


Схема испытания на твердость по Роквеллу

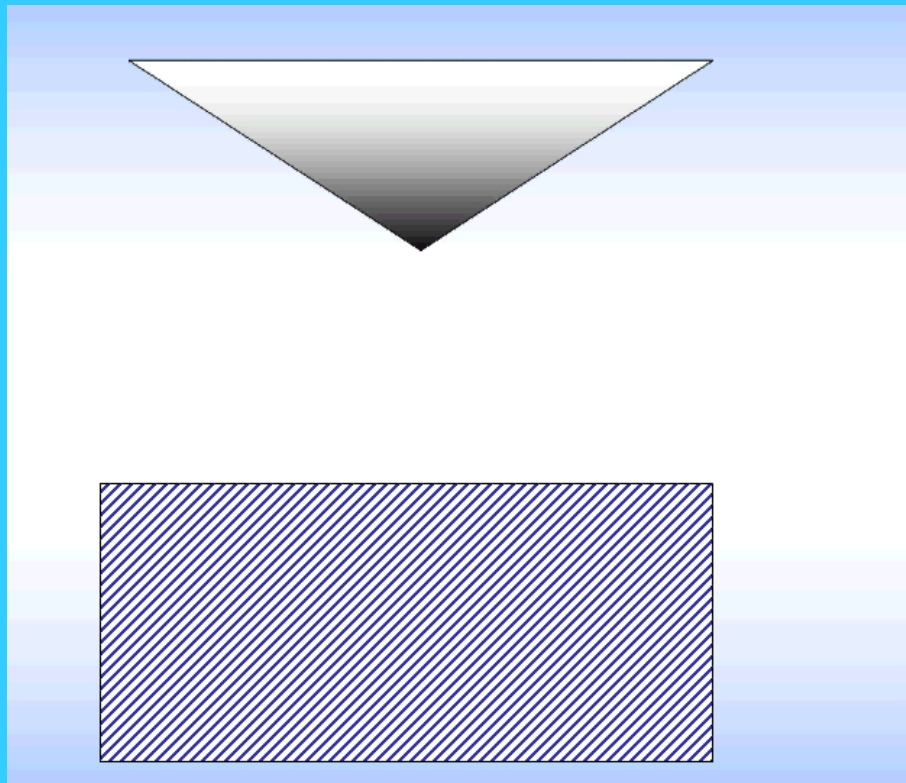
При использовании этого метода в поверхность металла вдавливают закаленный стальной шарик $d = 1,58$ г или алмазный конус с углом при вершине 120° .

Шкала	Индентор	Усилия, кГс	Обозначения твердости	Использование
А	Алмазный конус	60	HRA	Для твердых тонких слоев
В	Стальной закаленный шарик	100	HRB	Для мягких материалов
С	Алмазный конус	150	HRC	Для твердых материалов

Твердость по Роквеллу – безразмерная величина

Определение твердости (Индентор-КОНУС)

Схема испытаний:



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ISO



ISO 6508-1:2005

**Rockwell
hardness test**

Дата введения : 2005

Обозначение твердости по Роквеллу

55

HR

30T

W



Материал индентора:

W – шарик из твердого сплава;

S – шарик из стали;

пусто – алмазный конус

Шкала твердости по Роквеллу

1,588

Символ твердости по Роквеллу

Число твердости по Роквеллу

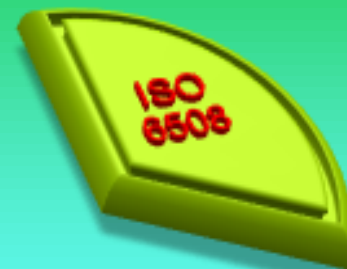
Обозначение твердости по Роквеллу

55

HR

30Y

W



Материал индентора:

W – шарик из твердого сплава;

S – шарик из стали;

пусто – алмазный конус

Шкала твердости по Роквеллу

12,7

Символ твердости по Роквеллу

Число твердости по Роквеллу

Обозначение твердости по Роквеллу

55

HR

C



Материал индентора:

W – шарик из твердого сплава;

S – шарик из стали;

пусто – алмазный конус

Шкала твердости по Роквеллу

Символ твердости по Роквеллу

Число твердости по Роквеллу

Механические свойства

Механические свойства характеризуют поведение металлов под действием различных механических нагрузок. Показатели механических свойств определяются путем механических испытаний стандартных образцов на специальном оборудовании.



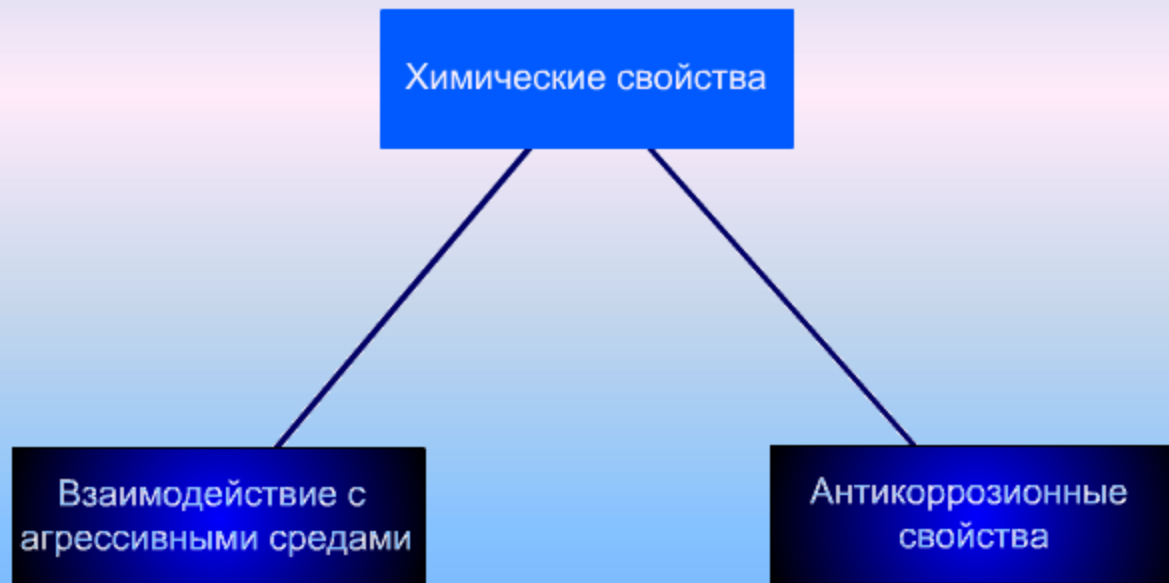
Физические свойства

Физические свойства характеризуют поведение металлов в разных полях: гравитационном, тепловом, электромагнитных и др. Например, густота, температура плавления, коэффициент электропроводимости, магнитные свойства и др.



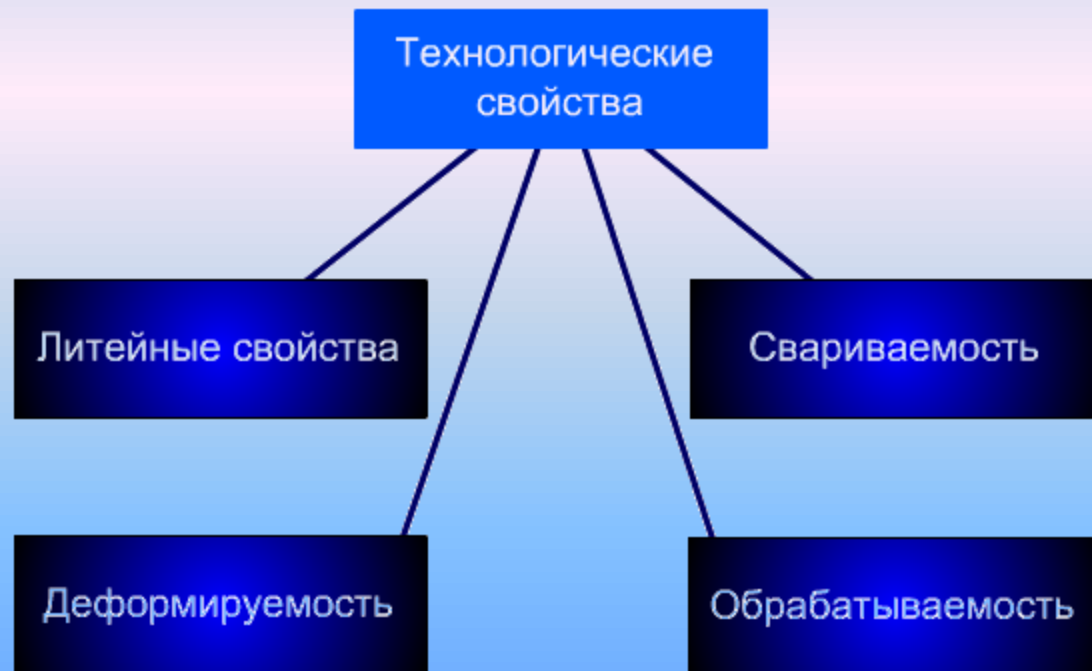
Химические свойства

Химические свойства показывают возможность материала вступать в химическую реакцию с другими веществами. К ним относятся коррозионная стойкость, жаропрочность, кислотостойкость и др.



Технологические свойства

Технологические свойства проявляются при изготовлении деталей. Это такие свойства, как литейные, деформационные и т.п. Технологические свойства вызваны определенными физическими, химическими или механическими свойствами.



Конструкционная прочность и критерии надежности

Конструкционная прочность – это сложное понятие, которое включает в себя как характеристики самого материала (прочность, пластичность, ударная вязкость), так и надежность, и долговечность его работы в реальной конструкции.

Надежность конструкции определяется способностью материала противостоять возникновению внезапного отказа. Надежность определяется способностью материала работать, как правило, кратковременно вне расчетной ситуации без разрушения.

Критериями надежности являются: **трещиностойкость $G_{IC}(K_{IC})$, работа развития трещины K_{Sr} и температура перехода в хрупкое состояние T_{hr} .**

Долговечность материала определяется такими параметрами, как **усталостная прочность, коррозионная стойкость** и др.

Долговечность обусловлена **сопротивлением усталости ($\sigma-1$)**.

Вязкость разрушения G_{1C} – это усилие необходимое для перемещения трещины на единицу длины. Она показывает сопротивление материала при появлении трещины.

$$G_{1C} = \Pi L \sigma^2 / F \text{ н/м, де}$$

L – длина трещины, **σ** – приложенное напряжение, **E** – модуль напряженности^{1/2}.

$$K_{1C} = \sigma (\Pi L)^{1/2} \text{ н/м, }^{3/2}$$

K_{1C} и **G_{1C}** находят при помощи специальных испытаний. Зная **G_{1C}** и длину трещины в материале, можно найти разрушающее напряжение **$\sigma_{кр}$**

$$\sigma_{кр} = (G_{1C} E / \Pi L)^{1/2}$$

и наоборот, зная напряжение, можна найти критическую длину трещины

$$L = G_{1C} E / \Pi \sigma^2$$

Если трещина стремиться к критической длине, ее развитие происходит катастрофически быстро. Нельзя допускать, чтобы длина трещины приближалась к критической. Контролировать длину трещины можно неразрушающими методами контроля (ультразвуковая дефектоскопия и др.).

$$K_{Cp} \uparrow, t_{кр} \downarrow, G_{1C} \uparrow (K_{1C}) \uparrow$$

Критерии долговечности

Долговечность определяется способностью материала оказывать сопротивление постепенного отказа. Под постепенным отказом подразумевается такая потеря работоспособности материала, при которой детали меняют без угроз аварийных неполадок.

Разрушение от усталости происходит в следствии зарождения и роста усталости трещины. Поэтому общее число циклов до разрушения

$$N_{\text{заг}} = N_3 + N_p$$

N_3 – число циклов, необходимое для зарождения трещины,

N_p – число циклов работы с трещиной до разрушения.

Долговечность N_p характеризуется числом циклов, которые выдерживает металл до разрушения после появления трещины.

Таким образом, для получения высокой конструкционной прочности нужно иметь хорошие показатели:

$$\sigma_B \uparrow, \sigma_{0,2} \uparrow, \sigma_{-1} \uparrow, \delta \uparrow, \Psi \uparrow, K_C \uparrow, K_{C3} \uparrow, K_{Cp} \uparrow, t_{кр} \downarrow, \Delta t \uparrow, G_{1C}(K_{1C}) \uparrow, N_p \uparrow$$

Литература

Гладкий И.П. Технология конструкционных материалов и материаловедение /И.П. Гладкий, В.И.Мощенок, В.П.Тарабанова - Х.:ХНАДУ, 2014.-576с.

Лахтин Ю.М. Материаловедение: учебн. для машиностроительных вузов/Ю.М.Лахтин, В.П.Леонтьева.-М.:Машиностроение, 1990.-528с.

На самостоятельную работу выносятся:

1. Специальные свойства конструкционных материалов

2. Физические свойства конструкционных материалов

3. Химические свойства конструкционных материалов



Кафедра технології металів і матеріалознавства

E-mail diana.borisovna@gmail.com

**Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect1_1M_TKMIM_GDB_03.02.15**