

Поток дПТЭ

2 семестр

Лекции – 36 ч., Лаб.работы – 18 ч., Контроль – зачет

1. Арзамасов В.Б., и др. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник, 2007.
2. Гуляев А.П. Металловедение.

Лекция №1.

Раздел1. Предмет материаловедения.

Свойства материалов

§1. Введение

Материаловедение - научная дисциплина о структуре, свойствах и назначении материалов.

Свойства технических материалов формируются в процессе их изготовления. При одинаковом химическом составе, но разной технологии изготовления, образуется разная структура, и вследствие, свойства.

Цель настоящей дисциплины - изучение закономерностей формирования структуры и свойств материалов методами их упрочнения для эффективного использования в технике.

Основная задача дисциплины - установить зависимость между составом, строением и свойствами, изучить термическую, химико-термическую обработку и другие способы упрочнения, сформировать знания о свойствах основных разновидностей материалов.

§2. Свойства материалов и методы определения свойств

При выборе материала для конструкции исходят из комплекса свойств, которые подразделяют на механиче-

ские, физико-химические, технологические и эксплуатационные.

К **физическим** свойствам металлов и сплавов относятся:

- **цвет** (отражательная способность) – способность металлов отражать световые лучи. Al- серебристо-белый, Cu – красноватая и т.д.

В повседневной жизни часто встречаются выражения «стальной цвет», «бронзовый загар», «медная кожа», «свинцовые тучи». Они указывают на определенный цвет, присущий каждому металлу. В металлургии принято делить металлы на цветные и черные. Для художника все металлы цветные. Порой один металл отличается от другого еле уловимыми оттенками, как, например, сталь, цинк, алюминий, свинец.

В Древнем Египте железо называли **небесным металлом**, и не только потому, что приходилось использовать метеоритное железо, которое в буквальном смысле слова падало с неба. Глаз древнего художника хорошо различал синеватую окраску металла, окраску, напоминающую цвет неба. Поэтому **железные предметы изображали синим цветом**. В фольклоре русского народа железо и его сплав — **сталь** — тоже имеют **синий цвет**.

В современном химическом энциклопедическом словаре в некоторых случаях подчеркиваются цветовые оттенки металлов. **Если серебро — белый металл, то олово — серебристо-белый, свинец — синевато-серый**. Глаз художника улавливает **легкую зелень в окраске цинка** и едва заметную желтизну алюминия, особенно в сравнении со сталью. **Медь имеет четко выраженный розовато-красный цвет**. Древние китайцы называли его «цветом осени». **Чистое зо-**

лито окрашено в яркий желтый цвет. Хотя сплавы на медной основе — латунь и бронза — тоже желтого цвета, но они быстро покрываются патиной, имеющей приятный буро-оливковый цвет. Так называемая благородная патина — одна из характерных особенностей бронзы.

- **плавление** – способность переходить из Т→ Ж при определенной **температуре плавления** $t_{пл}$

$$t_{пл} Fe = 1539^{\circ}C.$$

- **плотность,**

- **теплопроводность** – способность проводить тепло с определенной скоростью

- **тепловое расширение** – способность металла расширяться при нагревании (**температурные коэффициенты линейного и объемного расширения**),

- **электропроводность** – способность металлов проводить электрический ток.

Физические свойства сплавов обусловлены их составом и структурой.

К **химическим** свойствам относятся способность к химическому взаимодействию с агрессивными средами, а также антикоррозионные свойства.

Механическими свойствами называются свойства металла, определяемые либо пластическим деформированием (вдавливание, изгиб), либо разрушением (разрыв, удар) специального образца на специальном оборудовании (**твердомеры, прессы, разрывные машины, маятниковые копры**).

К основным **механическим** свойствам относят:

Прочность- это способность твердого тела сопротивляться деформации или разрушению под действием статических или динамических нагрузок.

Прочность определяют с помощью специальных механических испытаний образцов, изготовленных из исследуемого материала.

Для определения прочности при статических нагрузках образцы испытывают на растяжение, сжатие, изгиб и кручение. Испытания на растяжение обязательны. Наиболее информативным является испытание на растяжение (ГОСТ 1497). При растяжении используется цилиндрический (рис.1) или плоский образец. В процессе испытания растяжением регистрируется нагрузка на образце и его удлинение на **диаграмме растяжения** «Р - Δl» (рис. 2).

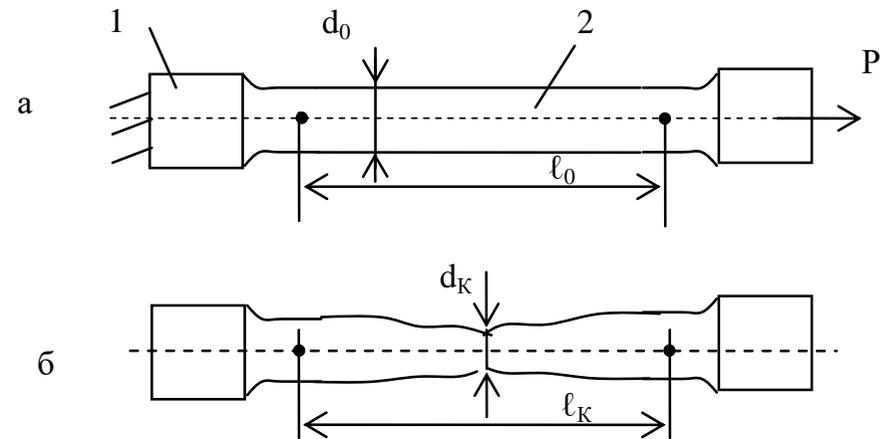


Рис.1. Разрывной образец до (а) и после (б) испытаний:
1- головка; 2- рабочая часть

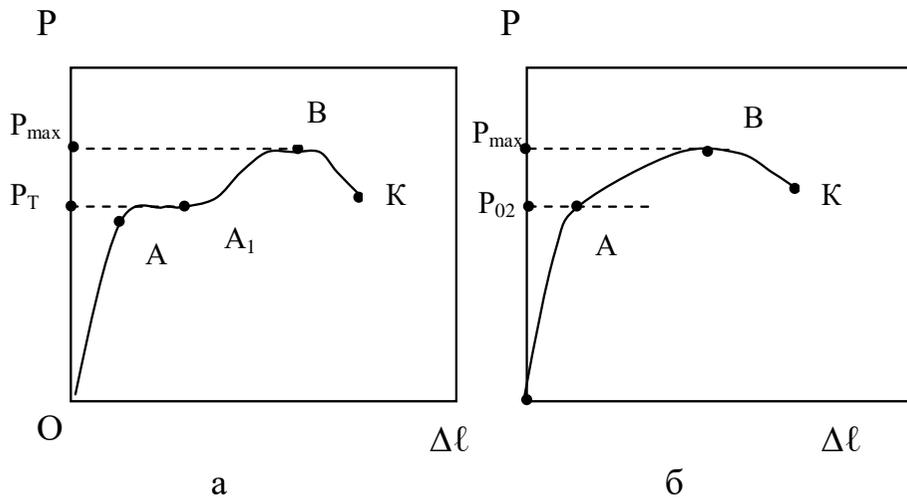


Рис. 2. Диаграмма растяжения малоуглеродистой (а) и среднеуглеродистой (б) стали (схема)

При растяжении определяют ряд прочностных свойств, основными из них для инженерной практики являются предел текучести и предел прочности.

Предел текучести представляет собой напряжение, соответствующее началу пластической деформации образца. Для металлов с выраженной текучестью (рис. 2а) определяют **физический предел текучести** σ_T , для металлов без выраженной площадки текучести (рис. 2б) – **условный предел текучести** $\sigma_{0,2}$

пределом текучести $\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$ - напряжение, при котором начинается пластическое течение металла.

Предел прочности σ_B равен отношению максимальной нагрузки P_{max} на образце к исходной площади сечения F_0

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0} \quad (2)$$

Напряжения σ_T , σ_B имеют размерность кгс/мм² или МПа.

$$1 \text{ кгс/мм}^2 = 9,8 \text{ МПа} \sim 10 \text{ МПа.}$$

При работе деталей машин возможны динамические нагрузки, при которых многие металлы проявляют склонность к хрупкому разрушению.

Прочность при динамических нагрузках определяют по данным испытаний: на **ударную вязкость** (разрушение ударом стандартного образца на копре), на **усталостную прочность** (определение способности материала выдерживать, не разрушаясь, большое число повторно-переменных нагрузок), на **ползучесть** (определение способности нагретого материала медленно и непрерывно деформироваться при постоянных нагрузках). Наиболее часто применяют испытания на ударную вязкость:

$$K_C = \frac{K_0 - K_{ост}}{F_H},$$

где K_C – ударная вязкость; K_0 , $K_{ост}$ – начальная и остаточная энергия маятника, кгс·м, МДж; F_H – площадь сечения образца в надрезе, см².

В зависимости от формы надреза различают K_{CU} (ударная вязкость, определенная на **образце Менаже** с U-образным надрезом) и K_{CV} (на **образце Шарпи** с V-образным надрезом). Надрезы имеют одинаковую глубину

2 мм, и различаются остротой. Образец Менаже имеет радиус надреза 1 мм, а образец Шарпи – 0,25 мм.

Ударная вязкость позволяет оценить **надежность металла** – способность металла противостоять хрупкому разрушению. Ударная вязкость из всех характеристик механических свойств наиболее чувствительна к снижению температуры. Поэтому испытания на ударную вязкость при пониженных температурах используют для определения **порога хладноломкости** $t_{хл}$ – температуры или интервала температур, в котором происходит снижение ударной вязкости.

Для обеспечения надежной работы металла необходимо, чтобы рабочая температура была выше порога хладноломкости

$$t_{раб} > t_{хл.}$$

Пластичность - это способность материала получать остаточное изменение формы и размера без разрушения. Пластичность характеризуется:

$$\text{относительным удлинением } \delta_{10}^5 = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

$$\text{и относительным сужением } \psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \cdot 100\%$$

Твердость - это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, не получающего остаточных деформаций тела.

Значение твердости и ее размерность для одного и того же материала зависят от применяемого метода измерения.

В заводской практике наиболее широко применяют два метода измерения твердости: по Бринеллю и Роквеллу.

Твердость по Бринеллю ГОСТ 9012. При этом методе измерения твердости в поверхность образца вдавливают (рис. 3а) закаленный стальной шарик диаметром $D = 10; 5; 2,5$ мм при действии нагрузки $P = 15,6 \dots 3000$ кг.

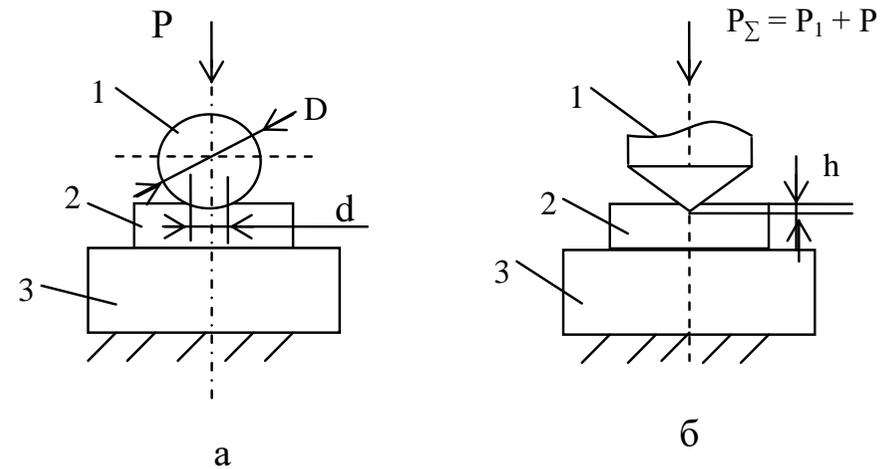


Рис. 3. Схема испытаний при определении твердости по Бринеллю (а) и Роквеллу (б): 1 – индентор; 2 – образец; 3 – предметный столик твердомера

Численно твердость по Бринеллю **НВ** определяется как отношение нагрузки P на индентор к площади поверхности $F_{отп}$ отпечатка

$$HB = \frac{P}{F_{отп}} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}; [МПа] \text{ или } [\frac{кгс}{мм^2}] \quad (5)$$

где D – диаметр шарика; d – диаметр отпечатка

Выбор P и D производится в зависимости от твердости металла и толщины образца δ . Для стали при $\delta > 6$ мм, $D = 10$ мм $P = 30D^2 = 3000$ кг.

Число твердости по Бринеллю имеет размерность кгс/мм² или МПа, значение твердости по ГОСТ 9012 записывается без единиц измерения, например 200 НВ или 2000 НВ.

На практике при измерении НВ расчет по формуле (5) не производят, а используют таблицы ГОСТа 9012, указывающие значение НВ в зависимости от измеренного диаметра отпечатка d и выбранных D , P .

Способ измерения твердости по Бринеллю не является универсальным. Его используют для материалов малой и средней твердости: сталей - до 450 НВ, цветных сплавов - до 200 НВ.

Твердость по Роквеллу ГОСТ 9013. Этот метод измерения твердости более универсален и удобен (технологичен) чем метод Бринелля. Метод Роквелла не предполагает измерение размеров отпечатка, так как число твердости HR отсчитывают непосредственно по шкалам твердомера.

Измерения HR проводятся в автоматическом режиме. Нагрузка $P_{\Sigma} = P_0 + P$ прикладывается в два этапа. Предварительная нагрузка $P_0 = 10$ кгс приводит в соприкосновение индентор и образец, основная нагрузка P обеспечивает проникновение индентора на некоторую глубину h , величина которой и характеризует твердость металла (рис. 3б). **Индентором** служит **алмазный конус** с углом при вершине 120° (показан на рис. 10б) или **стальной закаленный шарик** диаметром $D = 1/16'' = 1,588$ мм.

Нагрузку P_{Σ} и индентор выбирают в зависимости от предполагаемой твердости исследуемого образца. Твердо-

мер Роквелла имеет три измерительных шкалы: А, В, С. Обозначение твердости включает в себя обозначение метода, шкалы и численное значение: 80HRA, 60HRC, 32HRB.

Шкала А (индентор – алмазный конус, $P_{\Sigma} = 60$ кгс) применяется для особо твердых материалов (быстрорежущие стали, твердые сплавы и др.), для тонких листовых материалов или тонких (0,5...1 мм) поверхностных слоев. Пределы измерения твердости по шкале А: 70HRA ...85HRA.

Шкала В (индентор – шарик, $P_{\Sigma} = 100$ кгс) служит для определения твердости сравнительно мягких материалов (отожженные стали, цветные сплавы). Пределы измерения твердости по шкале В: 25 HRB ...100 HRB.

Шкала С (индентор – алмазный или твердосплавный конус, $P_{\Sigma} = 150$ кгс) служит для материалов средней твердости (закаленные стали). Пределы измерения твердости по шкале С: 20HRC...67HRC.

С целью обеспечения единства измерений в нашей стране с 01.07.1980 г. введен **государственный специальный эталон и единая шкала твердости С_э по Роквеллу** (ГОСТ 8.064-79). Все образцовые и рабочие средства настроены и поверяются по шкале С_э. Твердость, измеренную по шкале С_э, воспроизводимой этим эталоном, обозначают HRC_э, в отличие от обозначения HRC ранее применявшегося в промышленности.

Значения твердости, определенные различными методами, пересчитывают по таблицам и эмпирическим формулам.

Способность материала подвергаться различным методам горячей и холодной обработки определяют по его технологическим свойствам.

Технологические свойства определяются по результатам определения соответствующей **технологической пробы**, которые регламентированы соответствующими ГОС-Тами

К технологическим свойствам металлов и сплавов относятся **литейные свойства, деформируемость, свариваемость и обрабатываемость режущим инструментом**. Эти свойства позволяют производить формоизменяющую обработку и получать заготовки и детали машин.

Литейные свойства определяются способностью расплавленного металла или сплава к заполнению литейной формы (**Жидкотекучесть**), степенью химической неоднородности по сечению полученной отливки (**Ликвация**), а также величиной **усадки** - сокращением размеров при кристаллизации и дальнейшем охлаждении.

Деформируемость - это способность принимать необходимую форму под влиянием внешней нагрузки без разрушения и при наименьшем сопротивлении нагрузке.

Свариваемость - это способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения требуемого качества.

Обрабатываемостью называют свойства металла поддаваться обработке резанием. Критериями обрабатываемости являются режимы резания и качество поверхностного слоя.

Технологические свойства часто определяют выбор материала для конструкции. Разрабатываемые материалы могут быть внедрены в производство только в том случае, если их технологические свойства удовлетворяют необходимым требованиям.

К **эксплуатационным** свойствам в зависимости от условия работы машины или конструкции относят **износостойкость, коррозионную стойкость, хладостойкость, жаропрочность, жаростойкость, антифрикционность материала и др.**

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

Коррозионная стойкость - сопротивление сплава действию агрессивных кислотных и щелочных сред.

Хладостойкость - способность сплава сохранять пластические свойства при температурах ниже 0 °С.

Жаропрочность - способность сплава сохранять механические свойства при высоких температурах.

Жаростойкость - способность сплава сопротивляться окислению в газовой среде при высоких температурах.

Антифрикционность - способность сплава прирабатываться к другому сплаву.

Эти свойства определяются в зависимости от условия работы машин или конструкций специальными испытаниями.

При выборе материала для создания технологической конструкции необходимо комплексно учитывать его прочностные, технологические и эксплуатационные характеристики.