

**ЛЕКЦИЯ 1:** Введение. Предмет материаловедения. Качество и свойства материалов. Определение механических свойств металлов. Общая характеристика и структурные методы исследования металлов.

### **Предмет материаловедения**

**Материаловедение** — наука о связях между составом, строением и свойствами материалов и закономерностях их изменений при внешних физико-химических воздействиях.

Все материалы по химической основе делятся на две основные группы — **металлические и неметаллические**. К **металлическим материалам** относятся металлы и их сплавы. Металлы составляют более  $2/3$  всех известных химических элементов. В свою очередь, металлические материалы делятся на черные и цветные. К черным относятся железо и сплавы на его основе — стали и чугуны. Все остальные металлы относятся к цветным. Чистые металлы обладают низкими механическими свойствами по сравнению со сплавами, и поэтому их применение ограничивается теми случаями, когда необходимо использовать их специальные свойства (например, магнитные или электрические). Практическое значение различных металлов не одинаково. Наибольшее применение в технике приобрели черные металлы. На основе железа изготавливают более 90% всей металлопродукции. Однако цветные металлы обладают целым рядом ценных физико-химических свойств, которые делают их незаменимыми. Из цветных металлов наибольшее промышленное значение имеют алюминий, медь, магний, титан и др.

Кроме металлических, в промышленности значительное место занимают различные **неметаллические материалы** — пластмассы, керамика, резина и др. Их производство и применение развивается в настоящее время опережающими темпами по сравнению с металлическими материалами. Но использование их в промышленности невелико (до 10%) и предсказание тридцатилетней давности о том, что неметаллические

материалы к концу века существенно потеснят металлические, не оправдалось.

### **Качество материалов и его оценка**

**Качеством материала** называется совокупность его свойств, удовлетворяющих определенные потребности в соответствии с назначением. Уровень качества определяется соответствующими показателями, представляющими собой количественную характеристику одного или нескольких свойств материалов, которые определяют их качество применительно к конкретным условиям изготовления и использования.

По количеству характеризующих свойств показатели качества подразделяются на **единичные и комплексные**. **Единичный показатель** качества характеризуется только одним свойством (например, твердость стали). **Комплексный показатель** характеризуется несколькими свойствами продукции. При этом продукция считается качественной только в том случае, если весь комплекс оцениваемых свойств удовлетворяет установленным требованиям качества. Примером комплексного показателя качества стали могут служить оценка химического состава, механических свойств, микро- и макроструктуры. Комплексные показатели качества устанавливаются государственными стандартами.

**Методы контроля качества** могут быть самые разнообразные: визуальный осмотр, органолептический анализ и инструментальный контроль. По стадии определения качества различают **контроль предварительный, промежуточный и окончательный**.

При **предварительном контроле** оценивается качество исходного сырья, при **промежуточном** — соблюдение установленного технологического процесса. **Окончательный контроль** определяет качество готовой продукции, ее годность и соответствие стандартам. Годной считается продукция, полностью отвечающая требованиям стандартов и технических условий. Продукция, имеющая дефекты и отклонения от стандартов, считается браком.

Качество материала определяется главным образом его свойствами, химическим составом и структурой. Причем свойства материала зависят от структуры, которая, в свою очередь, зависит от химического состава. Поэтому при оценке качества могут определяться свойства, состав и оцениваться структура материала. Химический состав может определяться **химическим анализом** или **спектральным анализом**.

Существуют различные методы изучения структуры материалов.

С помощью **макроанализа** изучают структуру, видимую невооруженным глазом или при небольшом увеличении с помощью лупы. Макроанализ позволяет выявить различные особенности строения и дефекты (трещины, пористость, раковины и др.). Микроанализом называется изучение структуры с помощью оптического микроскопа при увеличении до 3000 раз. Электронный микроскоп позволяет изучать структуру при увеличении до 25000 раз.

**Рентгеновский анализ** применяют для выявления внутренних дефектов. Он основан на том, что рентгеновские лучи, проходящие через материал и через дефекты, ослабляются в разной степени. Глубина проникновения рентгеновских лучей в сталь составляет 80 мм. Эту же физическую основу имеет просвечивание гамма-лучами, но они способны проникать на большую глубину (для стали — до 300мм). Просвечивание радиолучами сантиметрового и миллиметрового диапазона позволяет обнаружить дефекты в поверхностном слое неметаллических материалов, так как проникающая способность радиоволн в металлических материалах невелика.

**Магнитная дефектоскопия** позволяет выявить дефекты в поверхностном слое (до 2 мм) металлических материалов, обладающих магнитными свойствами и основана на искажении магнитного поля в местах дефектов.

**Ультразвуковая дефектоскопия** позволяет осуществлять эффективный контроль качества на большой глубине. Она основана на том,

что при наличии дефекта интенсивность проходящего через материал ультразвука меняется.

**Капиллярная дефектоскопия** служит для выявления невидимых глазом тонких трещин. Она использует эффект заполнения этих трещин легко смачивающими материал жидкостями.

### **Механические свойства материалов**

**Механические свойства** характеризуют способность материалов сопротивляться действию внешних сил. К основным механическим свойствам относятся прочность, твердость, ударная вязкость, упругость, пластичность, хрупкость и др.

**Прочность** — это способность материала сопротивляться разрушающему воздействию внешних сил.

**Твердость** — это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, более твердого тела под действием нагрузки.

**Вязкостью** называется свойство материала сопротивляться разрушению под действием динамических нагрузок.

**Упругость** — это свойство материалов восстанавливать свои размеры и форму после прекращения действия нагрузки.

**Пластичностью** называется способность материалов изменять свои размеры и форму под действием внешних сил, не разрушаясь при этом.

**Хрупкость** — это свойство материалов разрушаться под действием внешних сил без остаточных деформаций.

При **статических испытаниях** на растяжение определяют величины, характеризующие прочность, пластичность и упругость материала. Испытания производятся на цилиндрических (или плоских) образцах с определенным соотношением между длиной  $l$  и диаметром  $d$ . Образец растягивается под действием приложенной силы  $F$  до разрушения. Внешняя нагрузка вызывает в образце напряжение и деформацию. Напряжение – это отношение силы к площади поперечного сечения  $S$ , МПа:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

**Деформация** характеризует изменение размеров образца под действием нагрузки, %:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} * 100,$$

где  $l$  – длина растянутого образца.

Деформация может быть **упругой** (исчезающей после снятия нагрузки) и **пластической** (остающейся после снятия нагрузки).

При испытаниях строится диаграмма растяжения, представляющая собой зависимость напряжения от деформации. После проведения испытаний определяются следующие характеристики механических свойств.

**Предел упругости  $\sigma_y$**  — это максимальное напряжение, при котором в образце не возникают пластические деформации.

**Предел текучести  $\sigma_T$**  — это напряжение, соответствующее площадке текучести на диаграмме растяжения. Если на диаграмме нет площадки текучести (что наблюдается для хрупких материалов), то определяют условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$  — напряжение, вызывающее пластическую деформацию, равную 0,2%.

**Предел прочности** (или временное сопротивление)  $\sigma_B$  — это напряжение, отвечающее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец при испытании.

**Относительное удлинение после разрыва  $\delta$**  — отношение приращения длины образца при растяжении к начальной длине, %:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} * 100,$$

где  $l_k$  — длина образца после разрыва.

**Относительным сужением после разрыва  $\psi$**  называется уменьшение площади поперечного сечения образца, отнесенное к начальному сечению образца, %:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} * 100,$$

где  $F_k$  — площадь поперечного сечения образца в месте разрыва. Относительное удлинение и относительное сужение характеризуют пластичность материала.

**Твердость металлов** измеряется путем вдавливания в испытуемый образец твердого наконечника различной формы.

**Метод Бринелля** основан на вдавливании в поверхность металла стального закаленного шарика под действием определенной нагрузки. После снятия нагрузки в образце остается отпечаток. Число твердости по Бринеллю НВ определяется отношением нагрузки, действующей на шарик, к площади поверхности полученного отпечатка.

**Метод Роквелла** основан на вдавливании в испытуемый образец закаленного стального шарика диаметром 1,588 мм (шкала В) или алмазного конуса с углом при вершине  $120^\circ$  (шкалы А и С). Вдавливание производится под действием двух нагрузок — предварительной равной 100 Н и окончательной равной 600, 1000, 1500 Н для шкал А, В и С соответственно. Число твердости по Роквеллу HRA, HRB и HRC определяется по разности глубин вдавливания.

В методе **Виккерса** применяют вдавливание алмазной четырехгранной пирамиды с углом при вершине  $136^\circ$ . Число твердости по Виккерсу HV определяется отношением приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка.

**Ударная вязкость** определяется работой  $A$ , затраченной на разрушение образца, отнесенной к площади его поперечного сечения  $F$ , Дж/м<sup>2</sup>:

$$K_C = \frac{A}{F}.$$

Испытания проводятся ударом специального маятникового копра. Для испытания применяется стандартный надрезанный образец, устанавливаемый

на опорах копра. Маятник определенной массы наносит удар по стороне противоположной надрезу.

### **Физические, химические и эксплуатационные свойства материалов**

К **физическим свойствам** материалов относятся плотность, температура плавления, электропроводность, теплопроводность, магнитные свойства, коэффициент температурного расширения и др.

**Плотностью** называется отношение массы однородного материала к единице его объема. Это свойство важно при использовании материалов в авиационной и ракетной технике, где создаваемые конструкции должны быть легкими и прочными.

**Температура плавления** — это такая температура, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое состояние. Чем ниже температура плавления металла, тем легче протекают процессы его плавления, сварки и тем они дешевле.

**Электропроводностью** называется способность материала хорошо и без потерь на выделение тепла проводить электрический ток. Хорошей электропроводностью обладают металлы и их сплавы, особенно медь и алюминий. Большинство неметаллических материалов не способны проводить электрический ток, что также является важным свойством, используемом в электроизоляционных материалах.

**Теплопроводность** — это способность материала переносить теплоту от более нагретых частей тел к менее нагретым. Хорошей теплопроводностью характеризуются металлические материалы.

**Магнитными свойствами**, т.е. способностью хорошо намагничиваться обладают только железо, никель, кобальт и их сплавы.

**Коэффициенты линейного и объемного расширения** характеризуют способность материала расширяться при нагревании. Это свойство важно учитывать при строительстве мостов, прокладке железнодорожных и трамвайных путей и т.д.

**Химические свойства** характеризуют склонность материалов к взаимодействию с различными веществами и связаны со способностью материалов противостоять вредному действию этих веществ. Способность металлов и сплавов сопротивляться действию различных агрессивных сред называется коррозионной стойкостью, а аналогичная способность неметаллических материалов — химической стойкостью.

К **эксплуатационным (служебным) свойствам** относятся жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, радиационная стойкость, коррозионная и химическая стойкость и др.

**Жаростойкость** характеризует способность металлического материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

**Жаропрочность** характеризует способность материала сохранять механические свойства при высокой температуре.

**Износостойкость** — это способность материала сопротивляться разрушению его поверхностных слоев при трении.

**Радиационная стойкость** характеризует способность материала сопротивляться действию ядерного облучения.