

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 σ_y — это максимальное напряжение, при котором в образце не возникают пластические деформации.

Предел текучести σ_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) σ_B — это напряжение, отвечающее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец при испытании.

Относительное удлинение после разрыва δ — 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 ψ 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 HB 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° (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° . 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/м²:

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

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.