

## Модуль 3

### ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЛОК

#### **ТЕМА. Свойства металлов и сплавов: физико-химические, механические, эксплуатационные. Способы упрочнения сплавов черных и цветных металлов**

**Цель занятия:** ознакомить учащихся с основными свойствами металлов и сплавов, а также со способами упрочнения сплавов и изделий из них; расширить, углубить и систематизировать знания учащихся о специфике и многообразии инженерной деятельности, ее социальной, экономической и культурной значимости; развивать мотивацию к осознанному профессиональному выбору, содействовать удовлетворению потребности в профессиональном самоопределении посредством формирования позитивного отношения к инженерной деятельности.

**Аннотация:** работоспособность материалов в конкретных узлах машин и механизмов оценивается показателями их механических свойств ( $\sigma_B$  – пределом прочности при растяжении, МПа;  $\delta$  – относительным удлинением, %; НВ – твердостью по Бринеллю, МПа; КС – ударной вязкостью, Дж/см<sup>2</sup>); износостойкостью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью. –Прочностные характеристики материалов регламентируются соответствующими ГОСТами, техническими условиями, отраслевыми стандартами в зависимости от способа получения изделия и условий работы оборудования. Повышение механических свойств материалов обеспечивается изменениями формы и размеров его структурных составляющих за счет проведения модифицирования расплава в жидком состоянии или последующей термической обработки литой или ковальной заготовки. Необходимые прочностные характеристики для деталей машин устанавливает ее разработчик (конструктор), а технолог выбирает марку сплава, способ получения заготовки и вариант ее упрочнения.

#### **Основные вопросы для рассмотрения на учебном занятии.**

1. Свойства металлов и сплавов.

1.1. Физико-химические свойства.

Металлы и их сплавы в твердом состоянии представляют собой кристаллические тела, в которых атомы располагаются в определенном геометрически правильном порядке относительно друг друга, образуя

кристаллическую структуру. Закономерное упорядоченное пространственное размещение атомов носит название кристаллическая решетка. Наиболее распространенными среди металлов являются следующие типы решеток: объемно-центрированная кубическая (ОЦК), гранецентрированная кубическая (ГЦК) и гексагональная плотноупакованная (ГПУ). Атомы колеблются с большой частотой возле точек равновесия, то есть узлов решетки.

В ОЦК решетке атомы расположены в вершинах и в центре куба. Такую решетку имеют Na, V, Nb, Fe<sub>2</sub>, K, Cr, W и другие металлы.

В ГЦК решетке атомы расположены в вершинах куба и в центре каждой грани. Решетку такого типа имеют Pb, Al, Ni, Ag, Au, Cu, Co, Fe<sub>γ</sub> и другие металлы.

В ГПУ решетке атомы расположены в вершинах и центре шестиугольных оснований призмы, а три – в средней плоскости призмы. Такую решетку имеют Mg, Ti, Re, Zn, Hf, Be, Ca и другие металлы.

Существование разных типов кристаллических решеток у одного и того же вещества при различных температуре и давлении называется полиморфизмом, а процесс перехода из одной кристаллической формы в другую – полиморфным превращением. Ряд элементов – Co, Ti, Mn, Sn, Ca, Li, Fe и другие имеют два и более типа модификации, которые обозначаются малыми буквами греческого алфавита: α, β, γ начиная с той формы, которая существует при более низкой температуре.

В машиностроении чаще используются металлические сплавы – вещества, состоящие из двух и более элементов, называемых компонентами. Процесс перехода сплава из жидкого состояния (расплава) в твердое называется кристаллизацией. При кристаллизации компоненты сплава вступают во взаимодействие, от характера которого зависит их кристаллическое строение. Наиболее часто встречаются твердые растворы, химические соединения и механические смеси.

Твердым раствором называется вещество, состоящее из двух или более компонентов, один из которых, сохраняя кристаллическую решетку, является растворителем, а другой (или другие) распределяются в кристаллической решетке растворителя, не изменяя ее типа. Микроструктура твердого раствора (картинка, наблюдаемая на шлифе под микроскопом) представляет совершенно однородные и одинаковые по составу зерна и похожа на структуру жесткого металла.

Химическим соединением называют вещество, характерными особенностями которого являются:

- 1) постоянство состава, выраженное формулой, отвечающей соотношению чисел атомов компонентов А и В в нем;
- 2) наличие нового типа кристаллической решетки, отличающегося от типов решеток сплавляемых компонентов;
- 3) ярко выраженное существенное изменение всех свойств.

Механическая смесь образуется, когда компоненты сплава не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую

реакцию с образованием химического соединения. При этом образуется структура, представленная чередующимися зернами чистых компонентов А и В.

### **Интересно знать**

#### **Определение температуры металла без термометра**

*На поверхности металлов или гладких минералов зачастую образуются радужные оттенки – так называемые цвета побежалости. Происходит это при окислении и термической обработке. Если металл быстро нагреть, то можно наблюдать быструю смену различных цветов, последовательность которых всегда одинакова. Это светло-соломенный, золотистый, пурпурный, фиолетовый, синий цвета.*

К важнейшим физическим свойствам жидких металлов и сплавов относятся их температура плавления и плотность. Данная информация необходима для оптимального выбора типа плавильного агрегата и его огнеупорной футеровки, а также расчета литниково-питающей системы при производстве отливок.

Из химических свойств сплавов наибольший интерес представляет информация о коррозионной стойкости сплавов в различных агрессивных средах: расплавах солей,

растворах кислот и щелочей, атмосфере аммиака и других. Эта информация необходима при выборе материалов для конкретных условий работы: морской транспорт, добыча калийных солей, химическая промышленность, объекты интерьера, пищевая промышленность, сельское хозяйство

#### *1.2. Механические свойства металлов и сплавов.*

Основные механические свойства:

- *прочность;*
- *пластичность;*
- *твёрдость;*
- *ударная вязкость.*

Приложение внешней нагрузки вызывает в твёрдом теле напряжение и деформацию.

*Напряжение* – это нагрузка (сила), отнесенная к площади сечения материала.

*Деформация* – это изменение форм и размеров при приложении внешних сил. Деформация может быть *упругой*, т. е. исчезающей после снятия нагрузки, или *пластической*, т. е. остающейся после снятия нагрузки.

Видеоролик «Основные механические свойства металлов и сплавов»

Ссылка: <https://www.youtube.com/watch?v=iD53-qvUlxU>



*Прочность* – способность твёрдого тела сопротивляться деформации или разрушению при воздействии внешних сил статического или динамического

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

*Пластичность* – способность материала получать остаточное изменение формы и размера без разрушения. Пластичность характеризуется относительным удлинением при разрыве.

*Твердость* – способность материала сопротивляться внедрению в него другого тела. Твердость тесно связана с прочностью.

К основным характеристикам механических свойств материалов относятся:  $\sigma_B$  – предел прочности при растяжении, МПа;  $\delta$  – относительное удлинение, %; НВ – твердостью по Бринеллю, МПа. Показатели механических свойств определяются на образцах, вырезанных из «тела» отливки или детали, а также на отдельно отлитых образцах. В любом случае образец имеет цилиндрическую форму с ослабленной средней частью (меньшего диаметра), на которую наносятся две отметки, образующие отрезок длиной  $l_0$ . После этого образец устанавливается в разрывную машину и к нему прикладывается растягивающая нагрузка, в результате чего образец разрушается.

Предел прочности при растяжении рассчитывается по формуле:

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0},$$

где  $P_{max}$  – максимальная нагрузка, при которой образец разрушается, Н;

$F_0$  – площадь поперечного сечения образца в ослабленном сечении, мм<sup>2</sup>.

Для определения относительного удлинения составляют обломки разрывного образца по поверхности разрушения и измеряют расстояние между отметками, нанесенными на ослабленную часть образца до испытания. Относительное удлинение рассчитывается по формуле:

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

где  $l_0$  – расстояние между отметками до разрушения образца, мм;

$l_k$  – расстояние между отметками после разрушения образца, мм.

Твердость по Бринеллю определяется вдавливанием закаленного стального шарика в поверхность контролируемого образца или заготовки. Диаметр стального шарика и величина прикладываемой нагрузки выбирается в зависимости от твердости испытываемого материала. Показатель твердости определяется по таблицам или рассчитывается в зависимости от диаметра образующейся лунки от стального шарика, его диаметра и прикладываемой нагрузки.

Видеоролик «Что такое прочность, пластичность, твердость материала. Простое объяснение»



Ссылка: <https://yandex.by/video/preview/13230001351417707715>

Для изделий, испытывающих при работе знакопеременные ударные нагрузки, в обязательном порядке контролируется *ударная вязкость*, которая определяется при разрушении специальных призматических образцов, различающихся видом надреза (концентраторы вида U, V, T) на маятниковом копре. В зависимости от вида концентратора напряжений ударная вязкость обозначается КС, КСУ, КСV, КСТ и имеет размерность Дж/см<sup>2</sup>.

Данные показатели механических свойств регламентируются соответствующими ГОСТами в зависимости от состава сплава, способа получения заготовки и вида термической обработки. Получаемые значения механических свойств испытываемого материала должны быть не ниже показателей, установленных ГОСТами для данного материала и условий получения заготовки. В противном случае заготовка бракуется как не обеспечивающая требованиям ГОСТа.

### *1.3. Эксплуатационные.*

Эксплуатационные, или служебные, свойства металлов и сплавов определяются условиями работы машин или конструкций, изготовленных из этих материалов.

В зависимости от условий работы выделяют:

- *коррозионную стойкость* – сопротивление действию агрессивной среды;
- *хладостойкость* – сохранение свойств пластичности при температуре ниже 0 °С;
- *жаропрочность* – сохранение механических свойств при высоких температурах;
- *жаростойкость* – способность сплава сопротивляться окислению в газовой среде при высоких температурах;
- *антифрикционность* – способность сплава прирабатываться к другому сплаву.

## 2. Черные и цветные металлы. Способы упрочнения сплавов.

### *2.1. Черные и цветные металлы.*

К **черным металлам** в основном относят железо, хром, марганец и их сплавы, такие как сталь, чугун, ферросплавы и т.д.

**Цветными металлы**, собирательно обозначают все металлы, кроме железа, марганца и хрома.

В широком смысле цветные металлы также включают цветные сплавы, такие как медь, олово, свинец, цинк, алюминий, латунь, бронза, алюминиевые сплавы и подшипниковые сплавы.

**Цветной сплав** - это сплав, состоящий из цветного металла в качестве основы и одного или нескольких других элементов.

В промышленности также используются хром, никель, марганец, молибден, кобальт, ванадий, вольфрам, титан и другие металлы.

Эти металлы в основном используются в качестве добавок к сплавам для улучшения характеристик.

Вольфрам, титан, молибден и другие металлы в основном используются для производства твердых сплавов для режущих инструментов. Эти цветные металлы называются промышленными металлами.

Цветные металлы можно разделить на тяжелые металлы (такие как медь, свинец и цинк), легкие металлы (такие как алюминий и магний), драгоценные металлы (такие как золото, серебро и платина) и редкие металлы (такие как вольфрам, молибден, германий, литий, лантан и уран).

К цветным металлам относятся: алюминий, магний, калий, натрий, кальций, стронций, барий, медь, свинец, цинк, олово, кобальт, никель, сурьма, ртуть, кадмий, висмут, золото, серебро, платина, рутений, родий, палладий, осмий, иридий, бериллий, литий, рубидий, цезий, титан, цирконий, гафний, ванадий, ниобий, тантал, вольфрам, молибден, галлий, индий, таллий, германий, рений, лантан, церий, празеодим, неодим, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций, скандий, иттрий, торий.

Прочность, твердость и сопротивление цветных сплавов обычно выше, чем у чистых металлов, температурный коэффициент сопротивления меньше, и они обладают хорошими комплексными механическими свойствами.

К распространенным цветным сплавам относятся алюминиевый сплав, медный сплав, магниевый сплав, никелевый сплав, сплав олова, танталовый сплав, титановый сплав, цинковый сплав, молибденовый сплав, циркониевый сплав и др.

Современные цветные металлы и их сплавы стали незаменимыми конструкционными и функциональными материалами в машиностроении, строительстве, электронной промышленности, аэрокосмической отрасли, использовании атомной энергии и других областях.

## *2.2. Способы упрочнения сплавов черных и цветных металлов*

Упрочнение сплавов черных и цветных металлов может производиться несколькими способами:

- путем оптимизации его химического состава в пределах допускаемого ГОСТом диапазона изменения концентрации основных компонентов сплава;
- за счет рафинирования расплава путем удаления из него твердых и газообразных неметаллических включений;
- за счет снижения допустимого содержания вредных примесей;
- за счет изменения формы и размеров структурных составляющих сплава путем модифицирования расплава;
- за счет проведения термической обработки сплавов.

Упрочнение термической обработкой в виде закалки используется для сплавов, которые содержат в своем составе элементы с ограниченной

растворяемостью в основном компоненте сплава. При нагреве до определенной температуры растворимость легирующего элемента в основном компоненте сплава повышается и быстрое охлаждение заготовки (в воде, масле, расплаве соли) позволяет зафиксировать пересыщенный твердый раствор, который и обеспечивает более высокие показатели прочности и твердости.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Модифицирование** – процесс изменения структуры и свойств сплава под влиянием внешних воздействий на жидкий расплав.

**Прибыль** – часть литниково-питающей системы, предназначенная для компенсации усадки жидкого расплава, возникающей за счет повышения плотности при переходе сплава из жидкого состояния в твердое.

**Рафинирование** – процесс обработки расплава с целью удаления из него твердых и газообразных неметаллических включений.

**Шлиф** – полированный и протравленный образец для изучения микроструктуры сплава под микроскопом.

**Литейный чугун** (жидкий, железоуглеродистый сплав с содержанием углерода более 2,11%), получаемый путем плавления чугуна в плавильной печи.

**Железоуглеродистый сплав** с содержанием углерода менее 2,11% называется сталью, а сталь получают путем плавки чугуна, в сталеплавильной печи в соответствии с определенным технологическим процессом.

*Связь с учебным предметом*

Физика, химия.