**Министерство образования РФ**

**Пензенский Государственный Университет Архитектуры и Строительства**

***Реферат***

Металлические материалы

Выполнил: ст. гр. АДА-21
Егурнов Н.Г.

Проверил: Козлов Ю.Д.

Пенза, 2003

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ 2

КЛАССИФИКАЦИЯ. 4

Сталь углеродистая обыкновенного качества. 4

Сталь углеродистая качественная конструкционная. 6

Сталь легированная. 7

СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ 9

Структура. 11

Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. 11

СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ 14

Химические свойства. 14

Физические свойства. 15

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. 19

Сталь. 19

Чугуны. 20

Цветные металлы и сплавы. 21

ЛИТЕРАТУРА 24

**ВВЕДЕНИЕ**

Металлы – наиболее распространенные и широко используемые материалы в производстве и в быту человека. Особенно велико значение металлов в наше время, когда большое их количество используют в машиностроительной промышленности, на транспорте, в промышленном, жилищном и дорожном строительстве, а также в других отраслях народного хозяйства.[1, стр. 4]

Термин «металл» произошёл от греческого слова métallon (от metalléuō – выкапываю, добываю из земли), которое означало первоначально копи, рудники (в этом смысле оно встречается у Геродота, 5 в. до н. э.). То, что добывалось в рудниках, Платон называл metalléia. В древности и в средние века считалось, что существует только 7 металлов: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо, ртуть. По алхимическим представлениям, металлы зарождались в земных недрах под влиянием лучей планет и постепенно крайне медленно совершенствовались, превращаясь в серебро и золото. Алхимики полагали, что металлы – вещества сложные, состоящие из «начала металличности» (ртути) и «начала горючести» (серы). В начале 18 в. получила распространение гипотеза, согласно которой металлы состоят из земли и «начала горючести» – флогистона. М.В. Ломоносов насчитывал 6 М. (Au, Ag, Cu, Sn, Fe, Pb) и определял металл как «светлое тело, которое ковать можно». В кон. 18 в. А.Л. Лавуазье опроверг гипотезу флогистона и показал, что металлы – простые вещества. В 1789 Лавуазье в руководстве по химии дал список простых веществ, в который включил все известные тогда 17 металлов (Sb, Ag, As, Bi, Co, Cu, Sn, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Au, Pt, Pb, W, Zn). По мере развития методов химического исследования число известных металлов возрастало. В 1-й пол. 19 в. были открыты спутники Pt, получены путём электролиза некоторые щелочные и щёлочноземельные металлы, положено начало разделению редкоземельных металлов, открыты неизвестные металлы при химическом анализе минералов. В 1860-63 методом спектрального анализа были открыты Cs, Rb, Tl, In. Блестяще подтвердилось существование металлов, предсказанных Д. И. Менделеевым на основе его периодического закона. Открытие радиоактивности в кон. 19 в. повлекло за собой поиски природных радиоактивных металлов, увенчавшиеся полным успехом. Наконец, методом ядерных превращений начиная с сер. 20 в. были искусственно получены радиоактивные металлы, в частности трансурановые элементы.

В конце 19 – начале 20 вв. получила физико-химическую основу металлургия – наука о производстве металлов из природного сырья. Тогда же началось исследование свойств металлов и их сплавов в зависимости от состава и строения [3, стр. 133].

Основы современного металловедения были заложены выдающимися русскими металлургами П.П. Аносовым (1799–1851) и Д.К. Черновым (1839–1921), впервые установившими связь между строением и свойствами металлов и сплавов.

П. П. Аносов заложил основы учения о стали, разработал научные принципы получения высококачественной стали, впервые в мире в 1831 г. применил микроскоп для исследования строения металлов.

Д. К. Чернов продолжил труды П. П. Аносова. Он по праву считается основоположником металлографии – науки о строении металлов и сплавов. Его научные открытия легли в основу процессов ковки, прокатки, термической обработки стали.

Открытые Д. К. Черновым критические точки в стали явились основой для построения современной диаграммы состояния системы железо – углерод.

Классические труды «отца металлографии» Д. К. Чернова развивали выдающиеся русские ученые. Первое подробное описание структур железоуглеродистых сплавов было сделано А. А. Ржешотарским(1898). Дальнейшее развитие металловедение получило в работах видных отечественных ученых Н. И. Беляева, Н. С. Курнакова, А. А. Байко-ва, С. С. Штейнберга, А. А. Бочвара, Г. В. Курдюмова и др.

Наука о металлах развивается широким фронтом во вновь созданных научных центрах с применением электронных микроскопов и другой современной аппаратуры, с использованием достижений рентгенографии и физики твердого тела. Все это позволяет более глубоко изучить строение металлов и сплавов и находить новые пути повышения механических и физико-химических свойств. Создаются сверхтвердые сплавы, сплавы с заранее заданными свойствами, многослойные композиции с широким спектром свойств и многие другие металлические, алмазные и керамико-металлические материалы. [1, стр. 58]

**КЛАССИФИКАЦИЯ.**

В строительстве обычно применяют не чистые металлы, а сплавы. Наибольшее распространение получили сплавы на основе черных металлов (~94%) и незначительное – сплавы цветных металлов (рис. 1) [2, стр.288]

Рис. 1. Классификация металлов и сплавов.

Более подробно рассмотрим классификацию стали.

**Сталь углеродистая обыкновенного качества.**

Решающее влияние на механические свойства в углеродистых сталях оказывает содержание углерода (рис. 2). При увеличении содержания углерода повышаются прочность, твердость и износоустойчивость, но понижаются пластичность и ударная вязкость, а также ухудшается свариваемость.

Примесь фосфора вызывает хладноломкость, а примесь серы – красноломкость стали. Для различных марок стали допустимое содержание фосфора 0,04...0,09 %, а серы 0.04..Д07 %. Вредное влияние на свойства стали оказывает кислород: содержание его более 0,03% вызывает старение стали, а более 0,1 % – красноломкость. Примеси марганца и кремния в количестве 0,8...1 % не оказывают практически влияния на механические свойства углеродистых сталей. В стали, предназначенной для сварных конструкций, содержание кремния не должно превышать 0,12...0,25 %. Содержание азота повышает прочность и твердость стали и снижает пластичность.

Рис. 2. Влияние углерода на механические свойства отожженных сталей.

При обозначении марок стали могут быть указаны: группы, по которым сталь поставляется («А» – по механическим свойствам, «Б» – по химическому составу, «B» – по механическим свойствам и дополнительным требованиям по химическому составу); методу производства («М» – мартеновский, «Б» – бессемеровский, «K» – кислородно-конвертерный); дополнительные индексы («сп» – спокойная сталь, «пс» – полуспокойная Сталь, «кп» – кипящая сталь). В группе «А» индекс «М» часто опускается, но имеется в виду сталь мартеновская, а при отсутствии индексов «сп», «пс», «кп» имеется в виду сталь спокойная.

Спокойная сталь является более качественной, но по стоимости она на 12...15 % дороже кипящей. Полуспокойная сталь занимает по свойствам промежуточное положение между спокойной и кипящей сталью, но в результате и незначительного расхода раскислителей стоимость ее меньше, чем спокойной.

Механические характеристики стали зависят также от формы и толщины проката. Углеродистые стали обыкновенного качества применяют без термообработки. В таблице 1 приведены нормы на механические свойства стали углеродистой обыкновенного качества (группа А).

Таблица 1.

Сталь углеродистая обыкновенного качества.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марки стали группы А | Предел прочности при растяжении, МПа | Предел теку, чести, МПа | Относительное удлинение, % |
| Ст0Ст1сп, псСт2сп, псСт3сп, псСт3ГпсСт4сп, псСт5ГпсСт6сп, пс | 310320...420340...440380...490380...500420...540460...600Не менее 600 | ––200...230210...250210...250240...270260...290300...320 | 20...3031…3429...3223...2623...2621...2417...2012…15 |

*Примечание*: В стали марок Ст3Гпс и Ст5Гпс повышенное содержание марганца. [2, стр.318-320]

**Сталь углеродистая качественная конструкционная.**

Качественная конструкционная сталь выплавляется в мартеновских и электрических печах (спокойная, полуспокойная, кипящая).

В зависимости от химического состава эта сталь делится на две группы: I – с нормальным содержанием марганца и II – с повышенным содержанием марганца. Марки стали и требования к механическим свойствам стали I группы в состоянии нормализации приведены в таблице 2. В марке стали двузначные цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Сталь в соответствии с требованиями может поставляться в термически обработанном состоянии (отожженная, нормализованная, высокоотпущенная).

Таблица 2.

Сталь углеродистая качественная по ГОСТ 2050-74

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марки стали | Содержаниеуглерода, % | Предел прочности при растяжении, МПа | Предел текучести, МПа | Относительное удлинение, % |
| 08 кп, пс10 кп, пс15 кп, пс20 кп, пс25 –30 –35 –40 –45 –50 –60 –70 –80 – | 0,05...0,110,07...0,140,12...0,190,17...0,240,22...0,300,27...0,350,32...0,400,37...0,450,42...0,500,47...0,550,57...0,650,67...0,750,77...0,85 | 3303403804204605005405806106406907301100\* | 200210230250280300320340360380410430950\* | 353127252321201916141296\* |

\* Механические свойства после закалки и отпуска.

*Примечание*: В таблице приведены только некоторые марки сталей.

Инструментальные качественные углеродистые стали предназначены для изготовления режущего, мерительного и штамповочного инструмента небольших размеров. Марки этих сталей обозначаются буквой У и цифрой, показывающей содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8, У9,..., У13). Высококачественные стали имеют низкое содержание серы (до 0,02 %) и фосфора (до 0,03%), меньше неметаллических включений, обладают повышенными механическими свойствами. В обозначениях марок высококачественных сталей в отличие от качественных ставится буква А (например, У7А,У8Аит. д.). [2, стр.320-321]

**Сталь легированная.**

При введении в углеродистые стали специальных легирующих добавок (Cr, Mn, Ni, Si, W, Mo, Ti, Co, V и др.) достигается значительное улучшение их физико-механических свойств (например, повышение предела текучести без снижения пластичности и ударной вязкости и т.д.).

*Легирующие добавки,* растворяясь в железе, искажают и нарушают симметрию его кристаллической решетки, так как они имеют другие атомные размеры и строение внешних электронных оболочек. Чаще всего увеличивается карбидосодержащая фаза за счет уменьшения углерода в перлите, что соответственно увеличивает прочность стали. Многие легирующие элементы способствуют измельчению зерен феррита и перлита в стали, что значительно повышает вязкость стали. Некоторые легирующие элементы расширяют область аустенита, снижая критические точки Ас3, а другие, наоборот, сужают эту область. Большое значение на практике имеет способность большинства легирующих элементов повышать прокаливаемость стали на значительную толщину, задерживая переход аустенита в другие структуры, что создает возможность закаливать стали при умеренных скоростях охлаждения. При этом уменьшаются внутренние напряжения и снижается опасность появления закалочных трещин.

Согласно существующим стандартам легированные стали классифицируют по назначению, химическому составу и микроструктуре.

По *назначению* легированные стали разделяют на три класса: *конструкционные* (машиноподелочные и строительные), *инструментальные* и стали с *особыми физико-химическими свойствами.*

Для обозначения марок сталей принята буквенно-цифровая система. Легирующие элементы обозначаются буквами: С – кремний, Г – марганец, X – хром, Н – никель, М – молибден, В – вольфрам, Р – бор, Т – титан, Ю – алюминий, Ф – ванадий, Ц – цирконий, Б – ниобий, А – азот, Д – медь, К – кобальт, П – фосфор и т.д. Цифры, стоящие перед буквами, показывают содержание углерода в конструкционных сталях в сотых долях процента, в инструментальных - в десятых долях процента. Цифры, стоящие за буквами, показывают содержание легирующих элементов в процентах. Если содержание элементов не превышает 1,5 %, то цифры не ставят. Буква А, стоящая в конце марки, означает, что сталь высококачественная. Например, сталь марки 35ХНЗМА – высококачественная, содержащая 0,35 % С, 1 % Сг, 3 % Ni, 1 % Mo.

*По химическому составу* легированные стали делят на три класса: *низколегированные с* общим содержанием легирующих элементов до 2,5 %; *среднелегированные –* от 2,5 до 10% и *высоколегированные,* содержащие более 10 % таких элементов, например нержавеющая сталь 1Х18Н9.

В зависимости *от структуры,* которую получают легированные стали после нормализации, их делят на пять классов: *перлитная, мартенситная, аустенитная, феррит-ная и карбидная* (ледебуритная). Большинство конструкционных и инструментальных сталей относится к сталям перлитного класса. Такие стали содержат незначительное количество легирующих элементов (не более 5...6 %), хорошо обрабатываются давлением и резанием.

После нормализации имеют структуру перлита (сорбита, троостита). После закалки и отпуска заметно повышают механические свойства.

Основным преимуществом легированных сталей по, сравнению со сталью марки СтЗ является их большая прочность при сохранении достаточно высокой пластичности и свариваемости, что позволяет повысить допускаемые напряжения и уменьшить расход металла на изготовление конструкций, а также повышенная стойкость к атмосферной коррозии. [2, стр. 321-323]

**СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ**

Исследование структуры металла проводят путем изучения макроструктуры с увеличением до 10 раз и без увеличения; микроструктуры с увеличением от 10 до 2000 раз на оптических микроскопах и до 100 000 раз на электронных микроскопах, атомной структуры – рентгенографическим анализом.

*Металлы представляют собой кристаллические тела с закономерным расположением атомов в узлах пространственной решетки.*

Рис. 3. Элементарный кубический кристалл: а – объемно-центрированный; *б –* гранецентрированный

Решетки состоят из ряда кристаллических плоскостей, расположенных друг от друга на расстоянии нескольких нанометров (1 нм = 10-9 м). Для железа эти расстояния 28,4 нм (α=Fe) и 36,3 нм (γ = Fe). Большинство металлов имеет пространственные решетки в виде простых геометрических фигур. Отдельные участки кристаллической решетки прочно связаны между собой в комплексы – зерна. Взаимное расположение зерен отдельных элементов и сплавов определяет структуру металлов и их свойства.

Атомы металлов характеризуются малым количеством электронов (1...2) на наружной оболочке, легко отдают их, что подтверждается высокой электропроводностью.

Черные металлы имеют простые кубические ячейки решеток (рис. 3) двух видов: а) центрированный или объемно-центрированный куб (9 атомов в ячейке), объем шаров занимает 68 %; б) гранецентрированный или куб с центрированными гранями (14 атомов), объем шаров занимает 74 %. Некоторые цветные металлы и их сплавы имеют гексагональную (шестигранную) решетку.

Железо, олово, титан и другие металлы обладают свойствами *аллотропии,* т.е. способностью одного и того же химического элемента при различной температуре иметь разную кристаллическую структуру. Аллотропические превращения сопровождаются выделением или поглощением теплоты. Железо имеет четыре аллотропические формы: α-Fe; β-Fe, γ*-Fe,* δ-Fe. Практическое значение имеют α -Fe и γ -Fe, так как p-Fe и б-Fe отличаются от a-Fe только величиной межатомного расстояния, а для β-Fe характерно отсутствие магнитных свойств.

Рис. 4. Кривые охлаждения и нагревания железа

Температура, при которой происходит переход металла из одного аллотропического вида в другой, называется критической. Величины этих температур видны на диаграмме охлаждения и нагревания чистого железа (рис. 4) в виде участков, свидетельствующих о том, что фазовые превращения происходят с выделением теплоты при нагревании.

Все металлы находятся в твердом состоянии до определенной температуры. При нагреве металла амплитуда колебания атомов достигает некоторой критической величины, при которой происходят разрушение кристаллической решетки и переход металлов из твердого в жидкое состояние. Процесс кристаллизации заключается в росте кристаллов путем отложения новых кристаллических групп вокруг возникших зародышей. Рост кристаллических образований происходит в определенных направлениях. Вначале образуются главные оси кристалла путем роста в трех взаимно перпендикулярных направлениях, а затем от каждой из этих осей образуются новые и возникает не полностью завершенный кристалл, называемый *дендритом.* В дальнейшем все промежутки между осями дендрита заполняются упорядоченно расположенными атомами.

В условиях несвободной кристаллизации образующиеся кристаллы получают неправильные очертания и форму и называются кристаллитами или зернами. Величина зерен оказывает существенное влияние на механические свойства металлов: чем мельче зерна, тем прочнее металл.

Технические металлы и сплавы представляют собой поликристаллические тела, состоящие из большого числа различно ориентированных кристаллических зерен (поперечные размеры зерен – 0,001...0,1 мм). Поэтому в целом металлы и сплавы можно считать условно изотропными телами.

**Структура.**

Сплавы обладают металлическими свойствами и состоят из двух элементов и более. Элементы, входящие в состав сплавов, называют компонентами.

*Компоненты* сплавов в процессе затвердевания и последующего охлаждения могут образовывать химические соединения, твердые растворы на базе одного из компонентов или нового химического соединения и механические смеси.

*Химические соединения,* образующиеся на основании общих химических законов (валентности, ионной связи), могут быть выражены химическими индексами. Обычно химические соединения повышают твердость и хрупкость металлов и, как правило, имеют кристаллическую решетку другого типа, чем у каждого из элементов в отдельности.

*Твердые растворы* – сплавы, у которых атомы растворимого элемента рассеяны в кристаллической решетке растворителя; растворимый элемент может замещать часть атомов основного металла или внедряться между ними, но без образования молекул определенного состава. В железоуглеродистых сплавах Fe–С атомы углерода внедряются в поры решетки Fe. В отличие от химических соединений состав твердых растворов непостоянен и зависит от температуры и концентрации (проникания одного элемента кристаллической решетки в другой). Кристаллическая решетка твердого раствора сохраняет тип решетки одного из компонентов, который по этому признаку считается растворителем.

*Механические смеси (эвтектики, эвтектоиды)* – микроскопически малые, тесно перемешанные и связанные между собой компоненты сплава, состоящие из чистых металлов, твердых растворов и химических соединений. Эвтектики образуются из жидкого сплава при охлаждении и характеризуются самой низкой температурой затвердевания смеси, хорошими литейными качествами и высокими механическими свойствами. Эвтектоиды образуются при распаде твердого раствора. Эвтектические и эвтектоидные смеси возникают при определенной концентрации отдельных составляющих и определенной температуре. В сплавах, отличных по составу от эвтектических, при затвердевании в первую очередь выпадает компонент, избыточный по отношению к эвтектическому.

Изменения структуры и свойств сплавов с изменением концентрации и температуры в наглядной форме представлены на диаграммах состояния сплавов. Эти диаграммы не содержат фактора времени и соответствуют условию очень медленного нагрева и охлаждения.

**Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов** (рис. 5)**.**

Основными структурами, составляющими железоуглеродистые сплавы, являются следующие.

*Феррит* – твердый раствор углерода в α -Fe. При температуре 723° С предельное содержание углерода 0,02 %. При отсутствии примесей не корродирует.

*Цементит* – карбид железа Fe3C – химическое соединение, содержащее 6,67 % углерода. Является составной частью эвтектической смеси, а также самостоятельной структурной составляющей. Способен образовывать твердые растворы путем замещения атомами других металлов, неустойчив, распадается при термической обработке. Цементит очень тверд (НВ 800) и хрупок.

*Аустенит* – твердый раствор углерода в γ –Fe. Атомы углерода внедряются в кристаллическую решетку, причем насыщение может быть различным в зависимости от температуры и примесей. Устойчив только при высокой температуре, а с примесями Mn, Сг – при обычных, даже низких температурах. Твердость аустенита НВ 170...220.

Рис. 5. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов:

*а –* диаграмма; I – жидкий сплав; II – жилкий сплав и кристаллы аустенита; III – жидкий сплав и цементит; IV – аустенит; V – цементит и аустенит; VI – аустенит, цементит, ледебурит; VII – цементит и ледебурит; VIII – феррит и аустенит; IX – феррит и перлит; X – цементит и перлит; XI – перлит, цементит; ледебурит; XII – цементит, ледебурит; *б* – ориентировочные отношения структурные составляющих в различных областях диаграммы.

*Перлит –* эвтектоидная смесь феррита и цементита, образуется при распаде аустенита при температуре 723° С и содержании углерода 0,83 %. Примеси Si и Мn способствуют образованию перлита и при меньшем содержании углерода. Твердость перлита НВ 160...260. Структура перлита может быть пластинчатой и глобулярной (зернистой).

*Ледебурит –* эвтектическая смесь аустенита и цементита, образующаяся при 1130° С и содержании углерода 4,3 % Структура неустойчивая: при охлаждении аустенит, входящий в состав ледебурита, распадается на вторичный цементит и перлит. Ледебурит очень тверд (НВ 700) и хрупок.

*Графит* – мягкая и хрупкая составляющая чугуна, состоящая из разновидностей углерода. Встречается в серых и ковких чугунах.

На диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов (рис 5) на оси ординат отложена температура, на оси абсцисс – содержание в сплавах углерода до 6,67 % т.е. до такого количества, при котором образуется химическое соединение Fe3C – цементит. Пунктирными линиями нанесена диаграмма состояния для системы железо – графит, так как возможен распад цементита Fe3С.

Рассматриваемую диаграмму правильнее считать не железоуглеродистой, а железоцементитной, так как свободного углерода в сплавах не содержится. Но так как содержание углерода пропорционально содержанию цементита, то практически удобнее все изменения структуры сплавов связывать с различным содержанием углерода.

Все линии на диаграмме соответствуют критическим точкам, т. е. тем температурам, при которых происходят структурные изменения в сплавах. Критические точки для стали впервые открыл русский ученый-металлург Д.К. Чернов.

Линия *ACD –* линия начала кристаллизации сплава *(линия ликвидуса),* линия *AECF –* линия конца кристаллизации сплава *(линия солидуса).* Только чистые металлы и эвтектика плавятся и затвердевают при постоянной температуре. Затвердевание всех остальных сплавов происходит постепенно, причем из жидкого сплава сначала выделяется избыточный по отношению к составу эвтектики компонент. Область *AESG* на диаграмме соответствует аустениту. Линия *GS –* начало выделения феррита, а линия *SE –* вторичного цементита. Линия *PSK* соответствует окончательному распаду аустенита и выделению перлита. В области ниже линии *PSK* никаких изменений структуры не происходит.

В зависимости от содержания углерода железоуглеродистые сплавы получают следующие названия:

При содержании углерода <0,83 % – доэвтектоидные стали

» » » 0,83% – эвтектоидные стали

» » » 0,83...2% – заэвтектоидные стали

» » » 2,0...4,3% – доэвтектические чугуны

» » » 4,3.. .6,67% – заэвтектические чугуны

С увеличением содержания углерода в железоуглеродистых сплавах меняется и структура, увеличивается содержание цементита и уменьшается количество феррита. Чем больше углерода в сплавах, тем выше твердость, прочность, но ниже их пластические свойства. Механические свойства сплавов зависят также от формы и размера частиц структурных составляющих. Твердость и прочность стали тем выше, чем тоньше и мельче частицы феррита и цементита. [2, стр. 302-308]

**СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ**

**Химические свойства.**

В соответствии с местом, занимаемым в периодической системе элементов, различают металлы главных и побочных подгрупп. Металлы главных подгрупп (подгруппы *а)* называются также непереходными. Эти металлы характеризуются тем, что в их атомах происходит последовательное заполнение s-и p-электронных оболочек. В атомах металлов побочных подгрупп (подгруппы *б*), называемых переходными, происходит достраивание d- и *f*-оболочек, в соответствии с чем их делят на d-группу и две f-группы – *лантаноиды* и *актиноиды.* В подгруппы *а* входят 22 металла: Li, Na, К, Rb, Cs, Fr (I *a*); Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra (II *a*); Al, Ga, In, Tl (III *a*); Ge, Sn, Pb (IV *a*); Sb, Bi (V *a*); Po (VI *a*). В подгруппы *б* входят: 1) 33 переходных металла d-группы [Сu, Ag, Аи (I *б*); Zn, Cd, Hg (II *б*); Sc, Y, La, Ac (III *6*); Ti, Zr, Hf, Ku (IV *б*); V, Nb, Та, элемент с Z = 105 (V *б*); Сr, Mo, W (VI *б*)*;* Mn, Тс, Re (VII *б*); Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt (VIII *б*)]; 2) 28 металлов f-группы (14 лантаноидов и 14 актиноидов).

Электронная структура атомов некоторых d-элементов имеет ту особенность, что один из электронов внешнего уровня переходит на d-подуровень. Это происходит при достройке этого подуровня до 5 или 10 электронов. Поэтому электронная структура валентных подуровней атомов d-элементов, находящихся в одной подгруппе, не всегда одинакова. Например, Cr и Мо (подгруппа VI *б*) имеют внешнюю электронную структуру соответственно 3d54s1 и 4d55s1, тогда как у W она 5d46s2. В атоме Pd (подгруппа VIII *6*)два внешних электрона «перешли» на соседний валентный подуровень, и для атома Pd наблюдается d10 вместо ожидаемого d8s2*.*

Металлам присущи многие общие химические свойства, обусловленные слабой связью валентных электронов с ядром атома: образование положительно заряженных ионов (катионов), проявление положительной валентности (окислительного числа), образование основных окислов и гидроокисей, замещение водорода в кислотах и т.д. Металлические свойства элементов можно сравнить, сопоставляя их электроотрицательность [способность атомов в молекулах (в ковалентной связи) притягивать электроны, выражена в условных единицах]; элементу присущи свойства металла тем больше, чем ниже его электроотрицательность (чем сильнее выражен электроположительный характер).

Если расположить металлы в последовательности увеличения их *нормальных потенциалов,* получим так называемый ряд напряжений или *ряд активностей*. Рассмотрение этого ряда показывает, что по мере приближения к его концу – от щелочных и щёлочноземельных металлам к Pt и Аи – электроположительный характер членов ряда уменьшается. Металлы от Li по Na вытесняют Н2 из Н2О на холоду, а от Mg по Тl – при нагревании. Все металлы, стоящие в ряду выше Н2, вытесняют его из разбавленных кислот (на холоду или при нагревании). Металлы, стоящие ниже Н2, растворяются только в кислородных кислотах (таких, как концентрирированная H2SO4 при нагревании или HNO3), a Pt, Аи – только в царской водке (Ir нерастворим и в ней).

Металлы от Li no Na легко реагируют с О2 на холоду; последующие члены ряда соединяются с О2 только при нагревании, a Ir, Pt, Аи в прямое взаимодействие с О2 не вступают. Окислы металлов от Li no Al и от La no Zn трудно восстановимы; по мере продвижения к концу ряда восстановимость окислов увеличивается, а окислы последних его членов разлагаются на металлы и О2 уже при слабом нагревании. О прочности соединений металлов с кислородом (и др. неметаллами) можно судить и по разности их электроотрицательностей: чем она больше, тем прочнее соединение [3, стр. 133-134].

**Физические свойства.**

Большинство металлов кристаллизуется в относительно простых структурах – кубических и гексагональных ЛГУ, соответствующих наиболее плотной упаковке атомов. Лишь небольшое число металлов имеет более сложные типы кристаллических решёток. Многие металлы в зависимости от внешних условий (температуры, давления) могут существовать в виде двух или более кристаллических модификаций.

*Электрические свойства.* Удельная электропроводность металлов при комнатной температуре σ~10-6–10-4 *ом*-1 *см*-1, тогда как у *диэлектриков,* например, у серы, σ~10-17 *ом*-1 *см*-1. Промежуточные значения σ соответствуют *полупроводникам.* Характерным свойством металлов как проводников электрического тока является линейная зависимость между плотностью тока и напряжённостью приложенного электрического поля*.* Носителями тока в металлах являются электроны проводимости, обладающие высокой подвижностью. Согласно квантово-механическим представлениям, в *идеальном кристалле* электроны проводимости (при полном отсутствии тепловых *колебаний кристаллической решётки)* вообще не встречают сопротивления на своём пути. Существование у реальных металлов электросопротивления является результатом нарушения периодичности кристаллической решётки. Эти нарушения могут быть связаны как с тепловым движением атомов, так и с наличием примесных атомов, *вакансий, дислокаций* и др. *дефектов в кристаллах.* На тепловых колебаниях и дефектах (а также друг на друге) происходит рассеяние электронов.

При нагревании металлов до высоких температур наблюдается «испарение» электронов с поверхности металлов *(термоэлектронная эмиссия)*. Эмиссия электронов с поверхности металлов происходит также под действием сильных электрических полей ~ 107 *в/см* в результате туннельного просачивания электронов через сниженный полем потенциальный барьер. В металлах наблюдаются явления *фотоэлектронной эмиссии, вторичной электронной эмиссии* и *ионно-электронной эмиссии.* Перепад температуры вызывает в металлах появление электрического тока или разности потенциалов

*Тепловые свойства.* Теплоёмкость металлов обусловлена как ионным остовом (решёточная теплоёмкость Ср), так и электронным газом (электронная теплоёмкость Сэ). Хотя концентрация электронов проводимости в металлах очень велика и не зависит от температуры, электронная теплоёмкость мала и у большинства металлов наблюдается только при температурах в несколько градусов кельвина. Теплопроводность металлов осуществляется главным образом электронами проводимости.

*Магнитные свойства***.** Переходные металлы с недостроенными *f-* и d-электронными оболочками являются *парамагнетиками.* Некоторые из них при определённых температурах переходят в магнитоупорядоченное состояние. Магнитное упорядочение существенно влияет на все свойства металлов, в частности на электрические свойства: в электросопротивление вносит вклад рассеяние электронов на колебаниях магнитных моментов. Гальваномагнитные явления при этом также приобретают специфические черты.

Магнитные свойства остальных металлов определяются электронами проводимости, которые вносят вклад в диамагнитную и парамагнитную восприимчивости металлов, и диамагнитной восприимчивостью ионного состава. Магнитная восприимчивость X большинства металлов относительно мала (X ~ 10-6) и слабо зависит от температуры.

*Механические свойства.* Многие металлы обладают комплексом механических свойств, обеспечивающим их широкое применение в технике, в частности в качестве *конструкционных материалов.* Это, в первую очередь, сочетание высокой *пластичности* со значит, *прочностью* и сопротивлением деформации, причём соотношение этих свойств может регулироваться в большом диапазоне с помощью механических и термических обработки металлов, а также получением сплавов различного состава.

Исходной характеристикой механических свойств металлов является *модуль упру гости G*, определяющий сопротивление кристаллической решётки упругому деформированию и непосредственно отражающий величину, сил связи в кристалле. В монокристаллах эта величина, как и остальные механические характеристики, анизотропна и коррелирует с температурой плавления металла (например, средний модуль сдвига G изменяется от 0,18-1011 *эрг/см3* для легко плавкого Na до 27•1011 *эрг/см3* для тугоплавкого Re).

Сопротивление разрушению или пластической деформации идеального кристалла примерно 10-1 *G.* Но в реальных кристаллах эти характеристики, как и все механические свойства, определяются наличием дефектов, в первую очередь дислокация. Перемещение дислокаций по плотноупакованным плоскостям приводит к элементарному акту скольжения – основному механизму пластической деформации металла. Важнейшая особенность металлов – малое сопротивление скольжению дислокации в бездефектном кристалле. Это сопротивление особенно мало в кристаллах с чисто металлической связью, которые обычно имеют плотноупакованные структуры. В металла с ковалентной компонентой межатомной связью, имеющих объемно-центрированную решётку, сопротивление скольжению несколько больше, однако всё же мало по сравнению с чисто ковалентными кристаллами. Сопротивление пластической деформации, по крайней мере в металлах с гранецентрированной кубической и гексагональной решётками, связано с взаимодействием движущихся дислокаций с др. дефектами в кристаллах, с др. дислокациями, примесными атомами, внутренними поверхностями раздела. Взаимодействие дефектов определяется искажениями решётки вблизи них и пропорционально *G.* Для отожжённых монокристаллов начальное сопротивление пластической деформации (предел текучести) обычно ~ 10-3–10-4 *G*. Для монокристаллов металлов характерно наличие трёх стадий деформационного упрочнения. На 1-й стадии значительная часть дислокаций выходит на поверхность и коэффициент упрочнения мал; на 2-й стадии дислокации накапливаются в кристалле, их распределение становится существенно неоднородным. На 3-й стадии плотность дислокации, G и коэффициент упрочнения уменьшаются вследствие аннигиляции дислокаций, выдавливаемых из их плоскостей скольжения. Значение этой стадии больше для металлов с объемно-центрированной решёткой.

При *Т >* 0,5 *Т*плв пластической деформации начинают играть существенную роль точечные дефекты, в первую очередь вакансии, которые, оседая на дислокациях, приводят к их выходу из плоскостей скольжения. Если этот процесс достаточно интенсивен, то деформация не сопровождается упрочнением: металл течёт с постоянной скоростью при неизменной нагрузке *(ползучесть)*. Протекание процессов релаксации напряжений и постоянная разрядка дислокационной структуры обеспечивают высокую пластичность металлов при их горячей обработке, что позволяет придавать изделиям из металлов разнообразную форму. Отжиг сильно деформированных монокристаллов металлов нередко приводит к образованию *поликристаллов с* малой плотностью дислокаций внутри зёрен (рекристаллизация).

Достижимые степени деформации металлов ограничены процессом разрушения. По мере роста плотности дислокаций при холодной деформации растёт неравномерность их распределения, приводящая к концентрации напряжений в местах сгущения дислокаций и зарождению здесь очагов разрушения – трещин. В реальных кристаллах такие концентрации напряжений имеются и в исходном недеформированном состоянии (скопление примесей, частицы др. фаз и т.п.). Но вследствие пластичности металла деформация вблизи опасных мест снимает напряжения и предотвращает разрушение. Однако если сопротивление движению дислокаций растёт, то релаксационная способность материала падает, что под нагрузкой приводит к развитию трещин (хрупкое разрушение). Это особенно проявляется в металлах с объёмно-центрированной решёткой, в которых подвижность дислокаций резко уменьшается при понижении температуры (из-за взаимодействия с примесями и уменьшения числа кристаллографических возможных плоскостей скольжения). Предотвращение *хладноломкости* – одна из важнейших технических проблем разработки конструкционных металлических материалов. Другая актуальная проблема – увеличение прочности и сопротивления деформации при высоких температурах. Зародышами разрушения в этих условиях служат микропоры, образующиеся в результате скопления вакансий. Эффективный способ повышения высокотемпературной прочности – уменьшение диффузионной подвижности точечных дефектов, в частности *легированием.*

Применяемые в технике конструкционные металлические материалы являются поликристаллическими. Их механические свойства практически изотропны и могут существенно отличаться от свойств монокристаллов металлов. Межфазные границы вносят дополнительный вклад в упрочнение. С другой стороны, они могут быть местами предпочтительного разрушения (межзёренное разрушение) или деформации. Изменяя число и строение межфазных границ, форму и пространственное расположение отдельных структурных составляющих многофазных систем (поликристаллов, гетерофазных агрегатов, возникающих вследствие фазовых превращений, или искусственно полученных композиций), а также регулируя состав и дефектную структуру отдельных кристаллов, можно получить огромное разнообразие механических свойств, необходимых для практического использования металлических материалов. [3, стр. 133-136].

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.**

**Сталь.**

В строительстве сталь используют для изготовления конструкций, армирования железобетонных конструкций, устройства кровли, подмостей, ограждений, форм железобетонных изделий и т.д. Правильный выбор марки стали обеспечивает экономный расход стали и успешную работу конструкции.

Для изготовления несущих (расчетных) сварных и клепаных конструкций рекомендуют следующие виды сталей: мартеновскую – марок ВМСтЗпс (сп, кп), низколегированную – марок 15ГС, 14Г2, 10Г2С, 10Г2СД; природно-легированную – марок 15ХСНД, 10ХСНД; кислородно-конвертерную – марок ВКСтЗсп (пс, кп).

Стали марок Ст4 и Ст5 рекомендуют для конструкций, не имеющих сварных соединений, и для сварных конструкций, воспринимающих лишь статические нагрузки.

Сталь для конструкций, работающих на динамические и вибрационные нагрузки и предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур, должна дополнительно проверяться на ударную вязкость при отрицательных температурах.

К стали для мостовых конструкций предъявляют специальные требования (ГОСТ 6713-75) по однородности и мелкозернистости, отсутствию внешних дефектов, прочностным и деформационным свойствам.

Для армирования железобетонных конструкций сталь применяют в виде стержней, проволоки, сварных сеток, каркасов. Арматурная сталь может быть горячекатаная (стержневая) и холоднотянутая (проволочная). По форме сталь чаще всего бывает круглая, а для улучшения сцепления – периодического профиля. В отдельных случаях для повышения механических свойств сталь обрабатывают наклепом и применяют термическую обработку.

*Стержневую арматуру* в зависимости от механических свойств делят на классы: A-I, A-II, A-III, A-IV и др. При обозначении класса термически упрочненной арматурной стали добавляют индекс «т» (например, Ат-III), упрочненную вытяжкой – «в» (например, А-Шв).

*Арматурная проволока* может быть холоднотянутой класса B-I (низкоуглеродистой) для ненапрягаемой арматуры и класса В-II (углеродистой) для напрягаемой арматуры. Для обычного армирования преимущественно применяют арматурную сталь классов A-III (марок 25Г2С, 35ГС и др.), А-II (марок Ст5) и обыкновенную арматурную проволоку, а при особом обосновании также A-I (марки СтЗ) и А-IIв. Для предварительно напряженного армирования используют высокопрочную проволоку, арматурные пряди и арматуру класса A-IV (марок ЗОХГ2С, 20ХГСТ, 20ХГ2Ц и другие низколегированные стали), а также упрочненную вытяжкой сталь класса А-IIIв (марок 35ГС, 25Г2С).

*Сортамент прокатного металла и металлоизделий* в строительстве разнообразен: сортовая сталь, прокатная сталь листовая, уголки, швеллеры, двутавры, трубы и другие служат основой для изготовления металлических конструкций (балки, колонны, фермы и т.д.). На сортаменты имеются ГОСТы наиболее рациональных типов профилей и частоты их градаций.

*Сортовая сталь*:круглая (диаметром 10...210 мм) применяется для изготовления арматуры, скоб, болтов; квадратная (сторона квадрата 10...100 мм); полосовая (шириной 12...20 мм) – для изготовления связей, хомутов, бугелей.

*Сталь листовая* включает листы толщиной от 4…160 мм, шириной 600...3800 мм; тонколистовая кровельная – черная и оцинкованная толщиной до 4 мм; широкополочная толщиной 6...60 мм, шириной 200...1500 мм, длиной 5...12 м.

*Уголковые профили* (равнополочные и неравнополочные) выпускают площадью сечения 1,0...140 см2.

*Швеллеры* характеризуются сечением швеллеров и определяются его номером, который соответствует высоте стенки швеллера в сантиметрах.

*Двутавры –* основной балочный профиль – разнообразны по типам; обозначаются номером, соответствующим их высоте в сантиметрах. Трубы круглые имеют диаметр 8... …1620 мм. Трубы могут быть квадратного и прямоугольного сечения.

В строительстве также широко применяют *специальные профили* и металлические материалы: *стальные канаты* и *проволоку, профилированные настилы* и т.д. [2, стр. 323-325]

**Чугуны.**

Чугунами называют железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2 %. углерода. Чугун обладает более низкими механическими свойствами, чем сталь, но дешевле и хорошо отливается в изделия сложной формы. Различают несколько видов чугуна.

*Белый чугун,* в котором весь углерод (2,0...3,8%) находится в связанном состоянии в виде Fe3C (цементита), что и определяет его свойства: высокие твердость и хрупкость, хорошую сопротивляемость износу, плохую обрабатываемость режущими инструментами. Белый чугун применяют для получения серого и ковкого чугуна и стали.

*Серый чугун* содержит углерод в связанном состоянии только частично (не более 0,5%). Остальной углерод находится в чугуне в свободном состоянии в виде графита. Графитовые включения делают цвет излома серым. Чем излом темнее, тем чугун мягче. Образование графита происходит в результате термической обработки белого чугуна, когда часть цементита распадается на мягкое пластичное железо и графит. В зависимости от преобладающей структуры различают серый чугун на перлитной, ферритной или ферритоперлитной основе.

Свойства серого чугуна зависят от режима охлаждения и наличия некоторых примесей. Например, чем больше кремния, тем больше выделяется графита, а потому чугун делается мягче. Серый чугун имеет умеренную твердость и легко обрабатывается режущими инструментами. Серый чугун, применяемый в строительстве, должен иметь предел прочности при растяжении не менее 120 МПа, а предел прочности при изгибе 280 МПа.

Из серого чугуна отливают элементы конструкций, хорошо работающие на сжатие: колонны, опорные подушки, башмаки, тюбинги, отопительные батареи, трубы водопроводные и канализационные, плиты для полов, станины и корпусные детали станков, головки и поршни двигателей, зубчатые колеса и другие детали.

*Ковкий чугун* получают после длительного отжига *%* белого чугуна при высоких температурах, когда цементит почти полностью распадается с выделением свободного углерода на ферритной или перлитной основе. Углеродные включения имеют округлую форму. В отличие от серых ковкие чугуны являются более прочными и пластичными и легче обрабатываются.

*Высокопрочные (модифицированные) чугуны* значительно превосходят обычные серые по прочности и обладают некоторыми пластическими свойствами. Их применяют для отливок ответственных деталей.

При испытании серого и высокопрочного чугунов определяют предел прочности при растяжении, изгибе и сжатии, а при испытании ковкого чугуна – предел прочности при растяжении, относительное удлинение и твердость.

При маркировке серого и модифицированного чугуна, например СЧ12-28, первые две цифры обозначают предел прочности при растяжении, последующие две – предел прочности при изгибе. [2, стр. 325-326]

**Цветные металлы и сплавы.**

Сплавы цветных металлов применяют для изготовления деталей, работающих в условиях агрессивной среды, подвергающихся трению, требующих большой теплопроводности, электропроводности и уменьшенной массы.

*Медь –* металл красноватого цвета, отличающийся высокой теплопроводностью и стойкостью против атмосферной коррозии. Прочность невысокая: σв = 180...240 МПа при высокой пластичности δ>50%.

*Латунь –* сплав меди с цинком (10...40 %), хорошо поддается холодной прокатке, штамповке, вытягиванию σв=250...400 МПа, δ=35...15%. При маркировке латуней (Л96, Л90, ..., Л62) цифры указывают на содержание меди в процентах. Кроме того, выпускают латуни многокомпонентные, т.е. с другими элементами (Мn, Sn.Pb.Al).

*Бронза –* сплав меди с оловом (до 10%), алюминием, марганцем, свинцом и другими элементами. Обладает хорошими литейными свойствами (вентили, краны, люстры). При маркировке бронзы Бр.ОЦСЗ-12-5 отдельные индексы обозначают: Бр – бронза, О – олово, Ц – цинк, С – свинец, цифры 3, 12, 5 – содержание в процентах олова цинка, свинца. Свойства бронзы зависят от состава: σв=150...2Ю МПа, δ=4...8%, НВ60 (в среднем).

*Алюминий –* легкий серебристый металл, обладающий низкой прочностью при растяжении – σв =80...100 МПа, твердостью – НВ20, малой плотностью – 2700 кг/м3, стоек к атмосферной коррозии. В чистом виде в строительстве применяют редко (краски, газообразователи, фольга). Для повышения прочности в него вводят легирующие добавки (Мn, Сn, Mg, Si, Fe) и используют некоторые технологические приемы. Алюминиевые сплавы делят на литейные, применяемые для отливки изделий (силумины), и деформируемые (дюралюмины), идущие для прокатки профилей, листов и т.п.

*Силумины –* сплавы алюминия с кремнием (до 14%), они обладают высокими литейными качествами, малой усадкой, прочностью σв = 200 МПа, твердостью НВ50...70 при достаточно высокой пластичности δ=5...10%. Механические свойства силуминов можно существенно улучшить путем модифицирования. При этом увеличивается степень дисперсности кристаллов, что повышает прочность и пластичность силуминов.

*Дюралюмины—* сложные сплавы алюминия с медью (до 5,5 %), кремнием (менее 0,8 %), марганцем (до 0,8 %), магнием (до 0,8 %) и др. Их свойства улучшаюттермической обработкой (закалкой при температуре500...520°С с последующим старением). Старение осуществляют на воздухе в течение 4...5 сут при нагреве на 170СС в течение 4...5 ч.

Термообработка алюминиевых сплавов основана на дисперсном твердении с выделением твердых дисперсных частиц сложного химического состава. Чем мельче частицы новообразований, тем выше эффект упрочнения сплавов. Предел прочности дюралюминов после закалки и старения составляет 400...480 МПа и может быть повышен до 550...600 МПа в результате наклепа при обработке давлением.

В последнее время алюминий и его сплавы все шире применяют в строительстве для несущих и ограждающих конструкций. Особенно эффективно применение дюралюминов для конструкций в большепролетных сооружениях, в сборно-разборных конструкциях, при сейсмическом строительстве, в конструкциях, предназначенных для работы в агрессивной среде. Начато изготовление трехслойных навесных панелей из листов алюминиевых сплавов с заполнением пенопластовыми материалами. Путем введения газообразователей можно создать высокоэффективный материал пеноалюминий со средней плотностью 100...300 кг/м3. йг

Все алюминиевые сплавы поддаются сварке, но она осуществляется более трудно, чем сварка стали, из-за образования тугоплавких оксидов Аl2О3.

Особенностями дюралюмина как конструкционного сплава являются: низкое значение модуля упругости, примерно в 3 раза меньше, чем у стали, влияние температуры (уменьшение прочности при повышении температуры более 400°С и увеличение прочности и пластичности при отрицательных температурах); повышенный примерно в 2 раза по сравнению со сталью коэффициент линейного расширения; пониженная свариваемость.

*Титан* за последнее время начал применяться в разных отраслях техники благодаря ценным свойствам: высокой коррозионной стойкости, меньшей плотности (4500 кг/м3) по сравнению со сталью, высоким прочностным свойствам, повышенной теплостойкости. На основе титана создаются легкие и прочные конструкции с уменьшенными габаритами, способные работать при повышенных температурах. [2, стр.326-328]

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Технология металлов и сварка. Под ред. П.И. Полухина. М. Высшая школа. 1977.
2. Строительные материалы. А.Г. Домокеев. М. Высшая школа. 1989
3. Большая советская энциклопедия. Под ред. А.М. Прохорова. М. изд. «Советская энциклопедия». 1974.