

№ 984

МИСиС

В.К. Портной

Материаловедение

Курс лекций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 984

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ
Технологический университет



Кафедра металловедения цветных металлов

В.К. Портной

Материаловедение

Курс лекций

Рекомендовано редакционно-издательским
советом института

УДК 620.22
П60

Рецензент
канд. техн. наук, доц. *С.М. Педос*

Портной В.К.

П60 Материаловедение: Курс лекций. – М.: МИСиС, 2007. – 100 с.

Курс лекций состоит из трех разделов. В первом разделе рассмотрены типы межатомной связи, строение кристаллов, физико-химические взаимоотношения компонентов, описываемые диаграммами состояния, даны элементарные представления о дефектах кристаллического строения и о формировании зеренного строения металлов. Во втором разделе описаны основные свойства материалов и способы их определения, реализуемые в сплавах цветных металлов. В третьем разделе кратко рассматриваются элементы термической обработки, используемой как для смягчения, так и для упрочнения цветных сплавов.

Содержание курса лекций соответствует программе курса «Материаловедение».

Предназначен для студентов, обучающихся по специальности 080301 «Коммерция» (на рынке цветных металлов), а также может быть полезен студентам специальностей 080502 и 280202.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Строение материалов	7
1.1. Типы межатомных связей в материалах.....	7
1.1.1. Ионная связь.....	7
1.1.2. Ковалентная связь.....	8
1.1.3. Металлическая связь	11
1.2. Аморфное и кристаллическое строение	13
1.2.1. Аморфное строение	13
1.2.2. Кристаллическое строение	13
1.2.3. Элементарные ячейки	14
1.2.4. Шаровые упаковки	16
1.3. Полиморфизм.....	18
1.4. Термический анализ	20
1.5. Диаграммы состояния	23
1.5.1. Назначение сплавов.....	23
1.5.2. Диаграмма состояния системы с непрерывным рядом твердых растворов.....	25
1.5.3. Диаграмма состояния системы эвтектического типа.....	30
1.5.4. Переменная растворимость в твердом состоянии	36
1.5.5. Системы с конгруэнтно плавящейся промежуточной фазой или химическим соединением.....	38
1.5.6. Системы с полиморфизмом компонентов.....	39
1.6. Дефекты строения кристаллов	41
1.6.1. Точечные дефекты кристаллов.....	42
1.6.2. Линейные дефекты кристаллов	44
1.6.3. Плоскостные (поверхностные) дефекты кристаллов	48
1.7. Формы роста кристаллов	49
Контрольные вопросы.....	51
2. Свойства материалов.....	52
2.1. Физические свойства.....	53
2.1.1. Плотность	53
2.1.2. Тепловые свойства.....	54
2.1.3. Электрические свойства.....	55
2.1.4. Механические свойства	57
2.1.5. Зависимость твердости и электрического сопротивления от состава сплавов в двойных системах.....	76
2.2. Технологические свойства.....	79

2.3. Сопротивление коррозии	81
Контрольные вопросы.....	83
3. Термическая обработка металлов и сплавов.....	84
3.1. Диффузия в металлических материалах.....	84
3.2. Отжиг деформированного металла.....	86
3.3. Закалка и старение цветных сплавов.....	89
3.4. Элементы термической обработки стали	95
Контрольные вопросы.....	97
Библиографический список.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Материаловедение» является базовым для освоения всех курсов, в которых будут рассматриваться конкретные цветные металлы и сплавы, драгоценные металлы и драгоценные камни, их обработка (включая и ювелирное дело). На рынке материалов покупателя интересуют их свойства: твердость, прочность, электропроводность, стойкость против коррозии, цвет и др. Сочетание свойств материала, удовлетворяющих потребителя, и его цены определяет конкурентоспособность товара на рынке. Только в особых случаях потребитель не интересуется свойствами материала. Примером такой ситуации может служить заказ, который получил Кольчугинский завод по обработке цветных металлов году в 1912 от одной немецкой фирмы. Заказаны были ступы и пестики из латуни Л70 – сплав 70 % Cu и 30 % Zn. Ступки и пестики в те времена, да и в последующие 50 лет, использовали в быту для измельчения кофе, сахара, сухарей и т.п. Кольчугинский завод производил такие изделия, но в этом заказе ступы и соответствующие им пестики были в размер человеческого роста и, видимо, предназначались для мифических великанов. Однако заказчик всегда прав, ступы были отлиты и отправлены в Германию. А в 1914 г. началась Первая мировая война, и бедная сырьевыми ресурсами Германия могла использовать металл этих ступ для производства патронов и артиллерийских снарядов, ведь эта латунь, если ступы переплавить и изготовить листы, широко используется как патронная.

Другой пример из советского времени. В СССР стоимость электроэнергии была несопоставимо низкой по сравнению с мировыми ценами и поэтому был очень дешев первичный алюминий, на производство которого расходуется много электроэнергии. Западным фирмам иногда было выгодно покупать дешевые изделия из алюминиевых сплавов сравнительно невысокого качества и затем пускать их на переплавку для производства алюминиевых же сплавов высокого качества. И в этом случае изделия использовали как сырье, и поэтому свойства покупаемого материала (алюминиевого сплава), например его прочность, покупателя не интересовали. В настоящее время это маловероятно, так как цена алюминиевых сплавов в России находится на мировом уровне, иногда и превосходит этот уровень.

Итак, для потребителя главное в материале – это его свойства (в сочетании с ценой). А свойства материала полностью зависят от его строения: от атомного строения (от расположения атомов в пространстве, межатомных расстояний); от электронного строения (сколько электронов и как они распределены в пространстве между атомами (ионами)); от количества в составе сплава металлов разного типа и от того, образуют ли они между собой химические соединения, т.е. имеются ли химические связи между атомами разных сортов; от формы и размера кристаллов (если материал является кристаллическим телом).

Материаловедение – это наука о строении и свойствах материалов, о связи этих свойств с химическим составом и строением (структурой) материала.

Материаловедение как наука возникло во второй половине XIX в. в связи с появившейся необходимостью удовлетворения потребностей быстро развивающейся техники, когда естественные базовые науки – химия и физика достигли высокого уровня. В первые два десятилетия XX столетия были накоплены экспериментальные данные о структуре разнообразных материалов под световым микроскопом и об их свойствах. Начиная с 20-х годов рентгеноструктурный анализ становится основным методом исследования атомного строения материалов. С 50-х годов начинается широкое использование электронного микроскопа для изучения структуры материалов.

Зная, как структура влияет на свойства материалов, можно выбирать пути целенаправленного изменения структуры для обеспечения необходимых свойств. Есть три таких пути. Первый, для литых изделий, – изменение химического состава материала при получении деталей из него плавкой и литьем. Другой, широко используемый (в случае металлических материалов) способ – обработка давлением: прокатка, ковка и т.п. способы изготовления деталей деформацией из полученных литьем заготовок. Третий путь – термическая (тепловая) обработка заготовок и изделий, полученных литьем или обработкой давлением, а также другими процессами. Термическая обработка материала заданного химического состава – универсальный способ воздействия на структуру, а следовательно, и на свойства материала. Этот способ применяют к материалам самого разного типа, к металлическим и неметаллическим. Как конкретно изменяются структура и свойства материалов в результате изменения химического состава, обработки давлением и/или термической обработки, будет рассмотрено в этом курсе.

1. СТРОЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Типы межатомных связей в материалах

Каждый атом, как известно, состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, вращающихся вокруг ядра. Изолированный атом в целом электронейтрален: положительный заряд ядра скомпенсирован суммарным отрицательным зарядом электронов.

В материале, находящемся в твердом состоянии, возможны три основных типа межатомной связи: ионная, ковалентная и металлическая. Строгое объяснение природы этих связей возможно лишь с позиций квантовой механики. Для наших же целей вполне достаточно использовать наглядные модельные представления классической физики, если считать, что все виды межатомной связи обусловлены электростатическим взаимодействием заряженных частиц, из которых состоят атомы: одноименно заряженные частицы взаимно отталкиваются, разноименные притягиваются.

1.1.1. Ионная связь

Классический пример – NaCl (рис. 1.1). Атомный номер натрия в периодической системе элементов Д.И. Менделеева $Z = 11$. Это означает, что вокруг ядра с зарядом $+11$ на орбитах находятся одиннадцать электронов с суммарным зарядом -11 и в целом изолированный атом натрия электронейтрален, т.е. не имеет заряда.

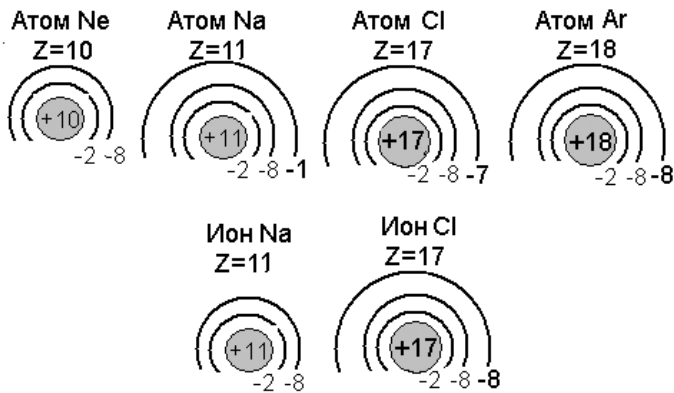


Рис. 1.1

Атомный номер хлора $Z = 17$, т.е. вокруг ядра с зарядом $+17$ на орбитах находятся 17 электронов с суммарным зарядом -17 . Электронная оболочка атома подразделена на слои, в каждом из которых может быть не больше определенного числа электронов, например, максимум 2 электрона в 1-м слое, 8 – во 2-м и 8 – в 3-м слое.

Восьмерка электронов (октет) является наиболее устойчивой электронной конфигурацией. Именно она свойственна внешней оболочке благородных газов, таких, как Ne и Ar.

В начале XX в. было выдвинуто предположение, что все атомы стремятся или отдать, или приобрести столько электронов, сколько необходимо, чтобы внешняя электронная оболочка стала октетом. При сближении атомов Na и Cl атом Na отдает свой единственный электрон внешней оболочке атому Cl и сам превращается в положительно заряженный ион Na^+ . Строение электронных оболочек у иона Na^+ такое же, как у его соседа в таблице Менделеева атома Ne, но в отличие от атома Ne у иона Na^+ суммарный заряд электронов меньше (-10) на 1, чем заряд ядра ($+11$) и поэтому ион Na^+ положительно заряжен. Атом хлора, присоединив электрон от атома натрия, сам превращается в отрицательно заряженный ион Cl^- . Строение электронных оболочек у иона Cl^- такое же, как у его соседа в таблице Менделеева атома Ar, но в отличие от атома Ar у иона Cl^- суммарный заряд электронов (-18) на единицу больше заряда ядра ($+17$) и поэтому ион Cl^- отрицательно заряжен.

Электростатическое взаимное притяжение противоположно заряженных ионов Na и Cl обуславливает ионную связь.

Ионная связь возникает между атомами типичных металлов, легко отдающих электроны внешней оболочке (например, Li, Na, K), и атомами типичных неметаллов, стремящихся присоединить электроны к своей внешней оболочке (например, F, Cl, Br).

1.1.2. Ковалентная связь

Этот тип связи проще всего понять, если мысленно представить постепенное сближение двух атомов водорода. Если атомы так сближаются, что их электронные оболочки перекроются, то произойдет следующее (рис. 1.2).

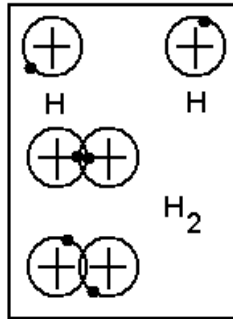


Рис. 1.2

Когда электрон левого атома при своем движении окажется на более близком расстоянии к ядру правого атома, то он может начать вращаться вокруг ядра «чужого», правого атома. Затем то же произойдет с электроном правого атома. Затем каждый электрон может возвратиться «во владение» к своему ядру. Процесс обмена электронами все время повторяется с громадной частотой – 10^{18} с^{-1} . Можно считать, что электроны принадлежат одновременно обоим атомам. Схематично можно представить, что электроны описывают траекторию в виде восьмерки вокруг двух ядер. Согласно квантовой механике, нельзя точно определить траекторию движения электрона, можно лишь говорить о большей или меньшей вероятности пребывания электрона в определенной части пространства. В молекуле водорода вероятность пребывания электронов больше в пространстве между ядрами. Связь атомов в молекуле водорода является ковалентной и обеспечивается парой электронов, принадлежащей обоим атомам. Природу этой связи с позиций классической физики можно упрощенно объяснить так. Отрицательно заряженные электроны, проводя значительную часть времени в пространстве между положительно заряженными ядрами, стягивают эти ядра, преодолевая силы их отталкивания. Равновесие сил притяжения и отталкивания соответствует устойчивому межъядерному расстоянию.

Ковалентные силы обеспечивают связь атомов не только в отдельных молекулах, но и в кристаллах многих элементов. **Кристаллическими называют вещества, внутреннее строение которых – ионы или атомы образуют правильную пространственную систему точек, называемую кристаллической решеткой.** Строение кристаллов, в которых имеются ковалентные связи, можно объяс-