

## СОСТАВ И СТРУКТУРА МАТЕРИАЛОВ

### План

1. Структура конденсированного состояния
2. Атомная и электронная структура
3. Типы связей

### 1. СТРУКТУРА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Каждое вещество состоит из атомов или молекул. Если атомы и молекулы разнородные, то их соотношение определяет состав вещества.

Вещества (материалы) могут состоять из атомов одного сорта (компонента) и они называются однокомпонентными. Они могут быть образованы атомами разного сорта и в этом случае в зависимости от количества компонентов называются двух-, трех- и многокомпонентными.

Свойства материала определяются в первую очередь его составом, а, следовательно, и различным строением электронных оболочек и ядер.

Структура материала – это результат объединения отдельных атомов и молекул вещества определенным образом. Обычно (но далеко не всегда) взаимное расположение атомов оказывается достаточно правильным (симметричным) для образования кристаллов. Для твердых тел обычным и устойчивым состоянием является - кристаллическое. Характеризуются кристаллы упорядоченным расположением частиц в строго определенных точках пространства.

Если вещество состоит из атомов разного сорта, то они могут группироваться и образовывать области материала отличающиеся по свойствам. Такие области материала называют фазой. Таким образом, фаза – это однородная часть материала (вещества), отделенная от другой части поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав и

структура изменяются скачком. Поэтому для материала с разными фазами структура определяется составом фаз, их формой, размерами и взаимным расположением.

Каждый из этих уровней рассмотрения внутреннего строения (атомы, структура и фазы) по-своему влияют на свойства материала. Изменение внутреннего строения соответствующим образом отражается на свойствах материалов. Следовательно, можно при желании получить материал с заданным набором свойств и для этого необходимо создать внутреннюю структуру, обуславливающую требуемые характеристики.

Материал, используемый на практике, представляет собой твердое тело. Понятие твердого относится, прежде всего, к хорошо нам понятному одному из четырех агрегатных состояний вещества: газообразному (парообразному), жидкому, твердому и плазменному. Для первых трех характерны изменения формы и объема вещества. (Так, в газообразном состоянии и форма и объем легко изменяются, например, путем сжатия; в жидком – объем изменяется с колоссальным трудом, а форма легко и просто (жидкость принимает форму сосуда, в который ее помещают, а ее сжимаемость ничтожна), твердое тело с трудом сжимается, и деформируется). Но каждому веществу в этих трех агрегатных состояниях присуще сохранение химической целостности и неизменности. В плазме под воздействием чрезвычайно высоких температур, достигающих миллион градусов, атомы распадаются на составные части и уже теряют свою химическую индивидуальность.

К конденсированному состоянию вещества относится не только твердое тело, но и жидкость. Это состояние рассматривается обособленно от состояния газа. Жидкость имеет много общего с твердым телом. Компактное расположение частиц обуславливает высокую плотность и малую сжимаемость по сравнению с газами. Структура и внутреннее строение жидких и твердых тел во многом схожи и характеризуются упорядоченным расположением частиц.

## 2. АТОМНАЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА

В периодической системе элементы располагаются в порядке возрастания их атомного номера (заряда ядра их атомов). Чем больше атомный номер, тем больше атомная масса.

Оболочки атомов по мере увеличения зарядов ядер заполняются электронами в строго определенной последовательности: от внутренних (ближайших к ядру) оболочек к внешним.

Энергетическое состояние каждого отдельного электрона характеризуется четырьмя квантовыми числами:

1. главным  $n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ),
2. азимутальным  $l$  ( $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ),
3. магнитным  $m_l$  ( $m_l = -l, \dots, -1, 0, +1, \dots, +l$ ),
4. спиновым  $m_s$  ( $m_s = +1/2, -1/2$ ).

Главное квантовое число  $n$  определяет круговую орбиту, по которой движется электрон, и последовательно принимает значения чисел натурального ряда: 1, 2, 3 и т.д. Соответствующие этим значениям главного квантового числа оболочки обозначаются латинскими буквами K, L, M и т.д.



Электронные подоболочки 1-4 имеют следующие значения  $n$  и  $l$ :

$$1 - n = 1, l = 0;$$

$$2 - n = 2, l = 0;$$

$$3 - n = 2, l = 1;$$

$$4 - n = 3, l = 0$$

Рисунок 1.1 - Схематическое изображение атома натрия

Переходные металлы с их специфической электронной структурой ведут себя иначе, чем остальные металлы. Распределение электронов между отдельными оболочками атома определяет важнейшие свойства данного элемента. Так, на химическое поведение элементов решающее влияние оказывает

способность их атомов принимать или отдавать электроны. Несомненно, для металлов более характерна способность к образованию положительных ионов. В периодической системе элементы постепенно теряют эту способность при рассмотрении их слева направо, и все неметаллы располагаются в правой части таблицы (за исключением водорода, который иногда помещают над щелочными металлами).

Металлические свойства элементов усиливаются и в направлении сверху вниз. Однако в периодической системе нельзя провести четкую границу между металлами и неметаллами. Некоторые элементы могут быть как металлами, так и неметаллами. Например, олово помимо металлической имеет и неметаллическую модификацию. Селен встречается не только в стабильной металлической форме, но и в двух метастабильных (неустойчивых) неметаллических модификациях.

Одна из широко применяемых в литературе классификаций кристаллов – это классификация по типу химической связи, действующей между атомами твердого тела. Характер химической связи определяет ряд основных свойств материала, которые в свою очередь зависят от природы силы связи между атомами вещества.

### 3. ТИПЫ СВЯЗИ

Различают четыре основных типа связи: ионная; ковалентная; металлическая; Ван-дер-Ваальсовская.

Первые три типа связи – ионная (электростатическая, гетерополярная), ковалентная (гомополярная) и металлическая – называются первичными связями, поскольку они относительно прочны.

Тип и сила связи определяются электронным строением взаимодействующих атомов. Каждая из этих связей возникает вследствие обмена или объединения валентных электронов, находящихся на s- и p-орбитах.

Четвертый тип связи – Ван-дер-Ваальсовская – возникает в результате воздействия нескольких более слабых, но играющих важную роль, сил притяжения. Слабые силы Ван-дер-Ваальса обусловлены слабым

взаимодействием близко расположенных атомов, и их влиянием можно пренебречь при наличии более сильных ионных, ковалентных или металлических связей. В некоторых случаях может действовать не один тип связи, а несколько.

Благодаря существованию стабильных связей (между парой изолированных атомов или между атомами в большом трехмерном кристалле) полная энергия пространственной конфигурации положительных ионных остовов и внешних электронов меньше, чем для любой другой конфигурации (включая случай разведения атомов на бесконечные расстояния). Разность энергии этой конфигурации по сравнению с энергией изолированных атомов называют энергией связи.

В таблице 1.1 представлена энергия связи для кристаллов с разным типом связи.

Таблица 1.1 Энергия связи в кристаллах

Кристалл	Ag	CH <sub>4</sub>	Алмаз	31С	1лР	N30	Рс	N3
Энергия, кДж/моль	7,5	10	750	1180	1000	750	390	110
Тип связи	Ван-дер-Ваальсовская		Ковалентная		Ионная		Металлическая	

Рассмотрим более подробно природу этих сил:

Ван-дер-Ваальсовская связь (молекулярные кристаллы)

Наиболее слабо связаны атомы в молекулярных кристаллах. Связь между атомами в таких кристаллах осуществляется слабыми электростатическими силами, называемыми силами Ван-дер-Ваальса. По этой модели движение электронов в нейтральных атомах и молекулах обуславливает появление у каждого атома электрического дипольного момента.

Силы Ван-дер-Ваальса не имеют направленного характера, так как мгновенный диполь образуется с каждым из соседних атомов. В результате атомы, стремясь увеличить число соседей в кристаллической решетке,

укладываются наиболее компактным образом.

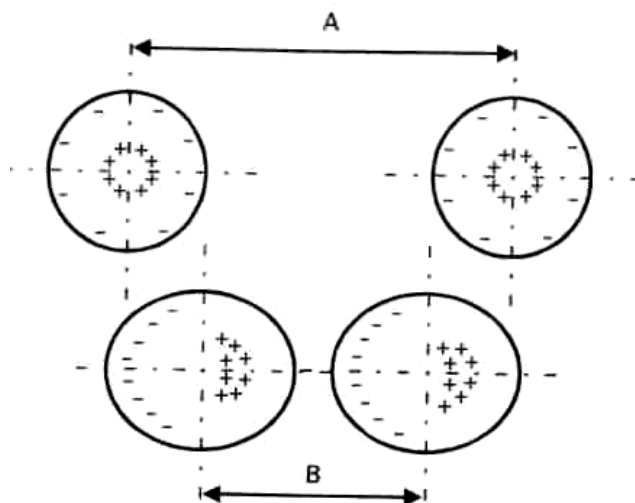


Рисунок 1.3 – Образование диполей при сближении атомов аргона

Энергия связи сил Ван-дер-Ваальса невелика, поэтому молекулярные кристаллы имеют низкие температуры плавления и испарения. Многие из них при нормальных условиях – газы. Молекулярные кристаллы – диэлектрики, так как кристалл построен из электрически нейтральных атомов (молекул), у которых энергетические зоны полностью построены.

Связи Ван-дер-Ваальса возникают всегда между близко расположенными атомами. Однако их роль существенна лишь в тех случаях, когда более сильные связи не образуются. Это слабые связи с типичными значениями энергии порядка 0,2 эВ на атом и реализуются они обычно между нейтральными атомами и молекулами.

Ковалентная или гомеоплярная химическая связь – характерна для многих неметаллических твердых тел. Это связь, при которой пара электронов одновременно принадлежит двум атомам. В результате в пространстве между этими двумя атомами имеется высокая плотность электрического заряда. Ковалентные кристаллы электроотрицательны. Эти кристаллы имеют большой потенциал ионизации, вступая во взаимодействие с элементами других групп, обобществляют свои валентные электроны с соседними атомами и достраивают свою валентную зону.

Число ковалентных связей, которые способен образовать атом, должно равняться числу электронов, недостающих во внешней оболочке данного атома

для образования заполненной электронной конфигурации ближайшего инертного газа. Например, у атомов германия четыре электрона на внешней оболочке, а у ближайшего инертного газа криптона – восемь. Значит, каждый атом германия может образовать парную, ковалентную связь с четырьмя себе подобными соседями.

Для ковалентной связи характерна четко выраженная направленность действия межатомных сил. Силы притяжения в этом случае обусловлены присутствием отрицательного электронного газа между положительно заряженными атомными остатками.

Таким образом, внутренние заполненные электронные оболочки атомов отталкивают атомы, а валентные электроны соседних атомов их притягивают.

### 3. Металлическая связь

Металлический тип связи в некоторой степени можно уподобить ковалентной. Например, в натрии каждый атом отдает только валентный электрон из 3s-оболочки, и структура кристалла натрия такова, что каждый атом окружен восемью соседями. Ковалентная связь может быть образована с любым из них обобществлением валентных электронов от двух атомов, но при этом заполняется только одна четвертая часть внешней перекрывшейся валентной оболочки. То есть получается как бы ковалентная связь, но с образованием неполностью заполненной электронной оболочки. Неполное заполнение оболочки электронами обуславливает свободное перемещение в ней электронов при приложении к такому кристаллу электрического поля, т.е. хорошую электропроводность. Это объясняет высокую электропроводность и теплопроводность металлов.

Ионные кристаллы состоят из положительных и отрицательных ионов, расположенных таким образом, что кулоновские силы притяжения между ионами противоположного знака оказываются больше кулоновских сил отталкивания одноименно заряженных ионов. Этот вид связи возникает при взаимодействии противоположно заряженных ионов.

Типичными ионными кристаллами являются галогениды щелочных металлов, например, NaCl кристаллизуется в виде  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ . Потенциал

ионизации щелочного металла Na относительно мал, а сродство к электрону у галогенов велико. Поэтому электрон от натрия переходит к хлору. В результате первый становится катионом  $\text{Na}^+$ , а второй – анионом  $\text{Cl}^-$ . При этом как  $\text{Na}^+$ , так и  $\text{Cl}^-$  обладают заполненными электронными конфигурациями.

Переход электрона от натрия к хлору осуществляется потому, что потенциал ионизации щелочного металла относительно мал, в то время как сродство к электрону у галогенов достаточно велико. Расстояние, на которое могут сблизиться ионы, ограничено из-за отталкивания, возникающего в соответствии с запретом Паули при перекрывании электронных оболочек катиона и аниона. Взаимодействие с ближайшими соседями заключается в кулоновском притяжении и отталкивании, вызванном перекрытием электронных оболочек.

В действительности оказывается, что идеальных ионных кристаллов ничтожно мало. Большинство неметаллических кристаллов имеет смешанный тип связи ионно-ковалентный. Ионность связывается с электроотрицательностью, т.е. способностью атома присоединять электрон.

Как отмечалось, при образовании  $\text{NaCl}$  электрон от натрия переходит к хлору, так как хлор имеет большое сродство к электрону. Электрон всегда будет смещен в сторону атома с большим сродством.



## СТРОЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ МАТЕРИАЛОВ

### План

1. Свойства материалов
2. Пластические деформации в материалах
3. Классификация структуры материалов
4. Дефекты в материалах

### 1. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Материалы, с которыми сталкивается человек в своей деятельности, всегда обладают присущими только им набором свойств. Все свойства можно разделить на пять больших групп, первые три из которых являются основными.

Физические свойства – светотражательная способность, плотность, электропроводность, теплопроводность, теплоемкость, температура плавления, расширяемость при нагревании и фазовых превращениях, магнитные свойства.

Химические свойства – окисляемость, растворимость, кислотостойкость, коррозионная стойкость. Они определяют способность сопротивляться воздействию окружающей среды.

Механические свойства – прочность, твердость, упругость, вязкость, пластичность, хрупкость, износостойкость. Они определяют поведение материала при различном характере внешнего силового воздействия.

Технологические свойства – прокаливаемость, жидкотекучесть, закаливаемость, ковкость, свариваемость, обрабатываемость механическим воздействием. Они характеризуют способность металлов и сплавов обрабатываться различными методами. Кроме того, они позволяют определить экономическую целесообразность изготовления изделия.

Эксплуатационные свойства – совокупность физических, химических и механических свойств, определяющих эксплуатационную пригодность изделия

или конструкции и способность сохранять во времени эксплуатационную надежность объекта.

Физические свойства металлов и сплавов важны для любой отрасли: самолетостроения, автомобилестроения, медицины, электротехнической промышленности, строительства и т.д. Эти свойства могут являться определяющими при использовании того или иного материала.

Физические свойства состоят из следующих свойств:

Электрическая проводимость (электропроводность) – способность вещества проводить электрический ток, величина обратная электрическому сопротивлению. Материалы, обладающие электропроводностью, являются медь и алюминий. Широко используются в электротехнической промышленности.

Плотность – масса единицы объема материала, величина, обратная плотности, называемая удельным объемом. Среди материалов, наибольшее предпочтение отдается наиболее легким, т. е. обладающим наименьшей плотностью.

Поведение материала определяется следующими свойствами:

Температура плавления – это температура, при которой металл или сплав целиком переходит в жидкое состояние.

Теплопроводность – количество теплоты, проходящее в секунду через сечение изделия в  $1 \text{ м}^2$ , когда на расстоянии в 1 м изменение температуры составляет 1 градус.

К магнитным свойствам металлов и сплавов относятся начальная магнитная проницаемость, максимальная магнитная проницаемость, коэрцитивная сила, намагниченность насыщения, индукция насыщения, остаточная магнитная индукция, точка Кюри, петля гистерезиса.

Эти свойства особенно важны при изготовлении из металлов и сплавов специальных деталей и изделий.

Для строительных материалов, кроме теплопроводности, важными является:

Влажность – отношение количества удельной влаги к массе образца абсолютно сухого материала;

Сорбционная влажность – способность материала поглощать пары воды из окружающего воздуха;

Гидрофобность – неспособность материала смачиваться водой;

Гидрофильность – способность материала смачиваться водой.

Эти свойства тесно связаны с такими свойствами, как усушка, разбухание, влагопоглощение, водопоглощение и водопроницаемость, которые могут определять технологичность и эксплуатационную пригодность материала.

Химические свойства особенно важны, если необходимо определить возможность изготовления из материала различных емкостей, труб для хранения и транспортирования различных жидкостей или определить срок эксплуатации конструкции с учетом воздействия внешней среды. Наиболее важными являются:

Окисляемость – способность образовывать соединения какого-либо вещества с кислородом.

Коррозионная стойкость – свойство материала противостоять коррозии. Она зависит от характера и степени взаимодействия металла со средой.

Кислотостойкость – способность материала противостоять действию кислот, преимущественно минеральных.

Любой объект создаваемый человеком предназначен для эксплуатации под действием внешней нагрузки. При выборе материала необходимо знать механические свойства. Величина и характер нагрузок могут быть самыми различными. Основные механические свойства следующие:

Твердость – свойство материалов оказывать сопротивление местной пластической деформации при контактном воздействии.

Упругость – способность восстанавливать первоначальные размеры и объем после снятия нагрузки.

Прочность – свойство материалов в определенных условиях и пределах сопротивляться разрушению. Характеризуется пределом текучести и временным сопротивлением.

Пластичность – свойство материала деформироваться без разрушения под действием внешних сил и сохранять новую форму после прекращения действия

сил.

Вязкость – способность материалов поглощать энергию при пластическом деформировании.

Ударная вязкость – механическая характеристика, оценивающая работу разрушения надрезанного образца при ударном изгибе на маятниковом копре.

Износостойкость – свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в условиях трения.

Это не полный перечень механических характеристик материала.

Путь, который проходит материал перед тем, как из него будет создана необходимая деталь или конструкция, связан с рядом технологических операций. Основными технологическими операциями являются создание материала из компонентов или очистка от нежелательных примесей (плавка, химическое производство и т.д.), литьё, обработка давлением (ковка, штамповка, прессование, волочение и прокатка), сварка.

Чтобы использовать эти технологические операции материал должен обладать рядом технологических свойств. Некоторые из них:

Ковкость – способность обрабатываться путем пластического деформирования.

Свариваемость – способность образовывать неразъёмное соединение, свойства которого близки к свойствам основного материала.

Прокаливаемость – способность охлаждаться (закаливаться) на определённую глубину.

Огнеупорность – свойство материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры, не размягчаясь и не деформируясь.

Обрабатываемость резанием – поведение материала под воздействием режущего инструмента.

Жидкотекучесть – способность материала в расплавленном состоянии заполнять литейную форму.

Изготовленная из материала деталь, всё изделие или конструкция должны удовлетворять эксплуатационным требованиям, т.е. обладать необходимыми эксплуатационными свойствами (надежностью). Эти свойства следующие:

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Составными частями надежности являются:

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени, или некоторой наработки.

Ремонтопригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности его к предупреждению и обнаружению отказов и восстановлению работоспособности.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, т.е. невозможности.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять работоспособность в течение (и после) его хранения и (или) транспортирования.

Работоспособность – состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, удовлетворяя требованиям нормативно-технической документации.

## 2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ

При обработке металлов давлением (ковка, штамповка, прокатка и волочение) важным является знание механических свойств материалов. При этих способах обработки, материал подвергается активной пластической деформации с постоянной скоростью. Необходимые механические характеристики получают из лабораторных испытаний на растяжение (сжатие) образцов из используемого материала.

При растяжении стандартных образцов с начальной площадью поперечного сечения  $P_0$  и рабочей длиной  $L_0$  строят диаграмму растяжения в координатах: нагрузка  $P$  – удлинение  $\Delta L$  образца. Кривая такой зависимости приведена на рис. 2.1.

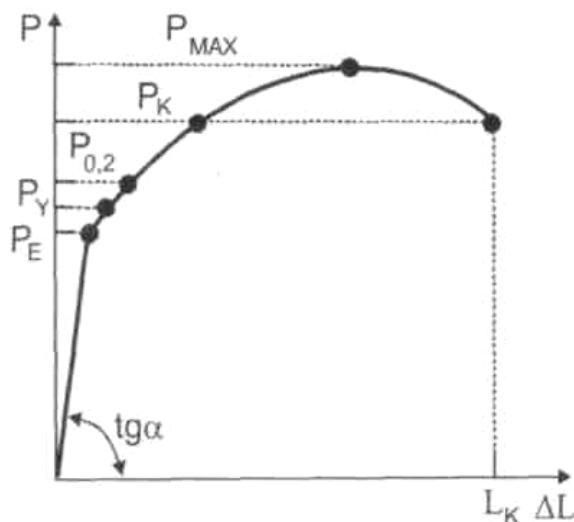


Рисунок 2.1 - Диаграмма растяжения

На диаграмме выделяют три участка: 1 - упругой деформации до нагрузки  $P_y$ ; 2 - равномерной пластической деформации от  $P_y$  до  $P_{\text{тах}}$ ; 3 - локализованной пластической деформации от  $P_{\text{тах}}$  до  $P_K$ ; прямолинейный участок сохраняется до предела пропорциональности  $P_E$ ;  $\text{tg} \alpha$  характеризует модуль упругости  $E$ .

Пластическое деформирование идет при возрастающей нагрузке, так как металл упрочняется в процессе деформирования. Упрочнение металла при деформировании называют наклепом.

Наклеп металла увеличивается до момента разрыва образца, хотя растягивающая нагрузка уменьшается от  $P_{\text{тах}}$  до  $P_K$ .

В результате испытаний получают значение величины предела упругости  $\sigma_y$ , текучести  $\sigma_{0,2}$  и прочности  $\sigma_B$ .

Пределом упругости  $\sigma_y$  называют напряжение, при котором появляется малая остаточная деформация (0,001; 0,005; 0,02 и 0,05%). Это важная характеристика пружинных материалов.

Условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$  – это напряжение, которому соответствует пластическая деформация 0,2%.

Предел прочности  $\sigma_B$  – это максимальная прочность материала, предшествующая разрушению.

Кроме этих основных характеристик можно выделить пластичность материала  $\delta$ .

Пластичность – величина предельной деформации до разрушения.

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ

Свойства кристаллов зависят от многих факторов: электронного строения атомов, характера их взаимодействия и пространственного расположения в кристалле, химического состава, размера и формы кристаллов.

Все эти детали строения кристаллов описывает понятие «структура», которую в зависимости от размеров структурных составляющих и применяемых методов их выявления можно разделить на тонкую структуру, микро- и макроструктуру (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Структура и методы её изучения

Тонкая структура описывает расположение элементарных частиц в кристалле и электронов в атоме. Она изучается дифракционными методами: рентгенография, электронография, нейтронография.

Микроструктуру изучают методами микроанализа при помощи оптического и электронного микроскопа. Это позволяет изучать особенности строения, начиная с прямого разрешения кристаллической решетки (тонкая структура) до макроскопических дефектов, выявляемых при визуальном наблюдении.

Макроструктура изучает строение материалов невооруженным глазом или

с применением оптических приборов, кратностью увеличения не превышающих 30 раз (лупа). Макроструктуру изделий можно изучать непосредственно на поверхности, на изломах и после предварительной подготовки (на шлифах).

Использование различных методов структурных исследований даёт возможность собрать важную информацию о строении реальных материалов.

Значительное расхождение теоретической и фактической прочности кристаллов объясняется тем, что деформация происходит не путем одновременного смещения целых атомных плоскостей, а за счет постепенного разрыва связей. Пластический сдвиг является следствием последовательного перемещения разрыва связей в плоскости сдвига.

Получение бездефектных кристаллов приводит к резкому повышению сопротивления пластической деформации, т.е. к повышению прочности материалов. Дефекты кристаллического строения составляют одну из деталей реального строения кристаллов, их структуру.

#### 4. ДЕФЕКТЫ В МАТЕРИАЛАХ

Строение реальных кристаллов отличается от идеальных. В реальных кристаллах всегда содержатся дефекты. Структурные несовершенства (дефекты) кристаллов по геометрическому признаку подразделяют на четыре группы: (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Классификация дефектов кристаллов



Точечные - размеры дефекта близки к межатомному расстоянию;

Линейные - длина дефектов на несколько порядков больше ширины;

Поверхностные (плоские) - толщина дефектов мала, а ширина и длина больше ее на несколько порядков;

Объемные - имеют значительные размеры во всех трех направлениях.

К точечным дефектам относятся: (рис. 2.4)

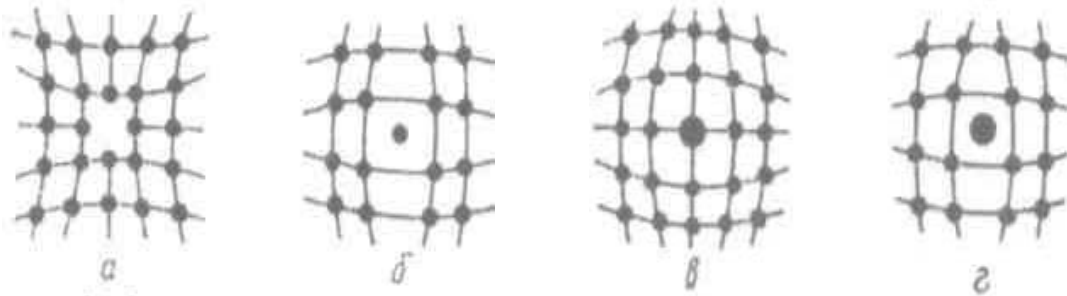


Рисунок 2.4 – Типы точечных дефектов в кристаллической решетке

а - вакансия; б - дислоцированный атом; в - примесный атом замещения;

г - внедрения

Вакансии - свободные места в узлах кристаллической решетки;

Дислоцированные атомы - атомы основного вещества, сместившиеся из узлов кристаллической решетки в междоузлия;

Примесные атомы - атомы других элементов, находящиеся как в узлах, так и в междоузлиях кристаллической решетки.

Вакансии и межузельные атомы появляются в кристаллах при любой температуре выше абсолютного нуля из-за тепловых колебаний атомов. Источниками вакансий являются свободные поверхности, границы зерен, пустоты, трещины и дислокации.

Линейные дефекты малы, в двух измерениях они имеют атомные размеры, а в третьем - их размер значительно больше, в некоторых случаях он, может быть, сравним с размером кристалла. К линейным дефектам относятся дислокации, цепочки вакансий и межузельных атомов. Дислокации являются особым типом несовершенства в кристалле, резко отличающиеся по своей природе от других несовершенств.

Дислокация – это дефект, который представляет собой обрывающуюся в

кристалле лишнюю атомную плоскость (полуплоскость), это линейное несовершенство, отделяющее внутри кристалла область, где прошел сдвиг одной части кристалла относительно другой области, где этот сдвиг ещё не прошёл. Оборванную полуплоскость называют экстраплоскостью. В зависимости от геометрической направленности экстраплоскости в кристалле различают краевую, винтовую или смешанную дислокацию.

В первом случае дислокация остается в кристалле и характеризует незавершенный сдвиг. Во втором случае на поверхности кристалла появляется ступенька.

Схематическое перемещение краевой дислокации показано на рисунке 2.5.

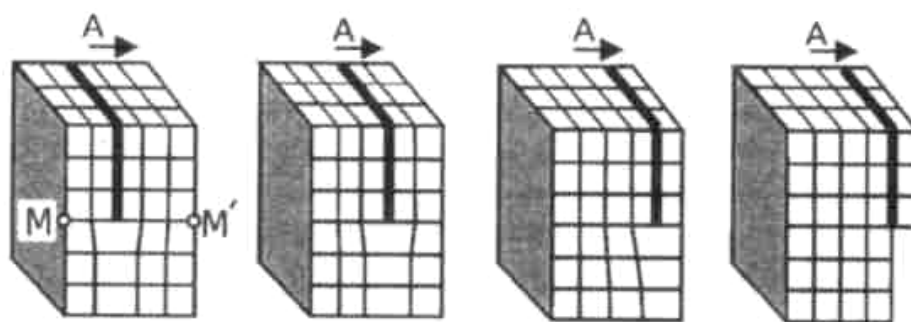


Рисунок 2.5 – Схема скольжения краевой дислокации

Стрелка А указывает направление сдвиговой нагрузки. Под ее действием вертикальная плоскость атомов перед экстраплоскостью разрывается. Затем нижняя часть объединяется с экстраплоскостью, а верхняя превращается в новую экстраплоскость.

Количество линейных дефектов в материалах может быть достаточно велико. Ряд свойств материалов зависит от их количества, которое характеризуется плотностью дефектов.

Кристаллические твердые тела могут иметь как монокристаллическое, так и поликристаллическое строение.

Монокристаллы - твёрдые тела, атомы которых имеют единую кристаллическую решетку. Для того чтобы вырастить монокристалл, нужно создать особые условия. Для этого используют специальные установки. Большинство кристаллических твердых тел имеют поликристаллическое строение, т.е. являются поликристаллами.

Поликристаллы - твердые тела, состоящие из множества различно ориентированных зерен, отделённых друг от друга границами. Границей называется поверхность, по обе стороны от которой кристаллические решетки различаются пространственной ориентацией. В промышленности применяют как поликристаллические, так и монокристаллические материалы. Границы между зёрнами поликристаллов являются большеугольными.

Угол взаимной разориентации между соседними блоками невелик, поэтому такие границы называются малоугловыми. Принято относить границы с углом разориентировки до 8 градусов к малоугловым, а больше 8 градусов - к большеугловым.

Размер кристаллитов может меняться в очень широких пределах. Их классификация представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Классификация кристаллических тел по размеру кристаллитов

Тип кристаллита	Размер кристаллита
1. Кластеры	0,5 - 2 нм
2. Квазикластеры	2 - 5 нм
3. Нанокластеры	5 - 10 нм
4. Субмикрокристаллы	0,01 -0,1 мкм
5. Микрокристаллы (субзерна)	0,1-1 мкм
6. Мелкозернистый поликристалл	1 - 10 мкм
7. Обычные зёрна	10- 100мкм
8. Крупные зёрна	100 - несколько мм
9. Монокристалл	несколько мм - образец

Размер кристаллитов немонотонно влияет на свойства. При уменьшении их размера до некоторой величины материал приобретает новый комплекс свойств, который определяется только плоскими дефектами (нанокристаллы).

В процессах пластической деформации и рекристаллизации многих металлов важную роль играет двойникование – образование двойниковых

прослойка. Двойникование – это симметричная переориентация областей кристаллической решетки.

При осуществлении сдвига в плоскости плотнейшей упаковки атомов может возникать поверхностный дефект (дефект упаковки атомов). Дефект упаковки представляет собой часть атомной плоскости, ограниченную дислокациями, в пределах которой нарушен нормальный порядок чередования атомных слоев.

Поверхностные дефекты влияют на механические и физические свойства материалов. Особенно большое значение имеют границы зерен. Поэтому деформация зёрен при повышенных температурах может осуществляться перемещением зерен по границам за счет диффузии (зернограничное проскальзывание).

Основными объёмными дефектами являются поры и трещины. Поры возникают в материалах в процессе их изготовления и могут, как ухудшать, так и улучшать механические свойства. В металлических материалах поры образуются в процессе кристаллизации. Как правило, поры ухудшают прочностные свойства кристаллических твердых тел. Они являются стоками для линейных и точечных дефектов, местами предпочтительного зарождения микротрещин. В ряде случаев поры повышают пластические свойства и даже создают возможность значительного (сверхпластического) формоизменения материала. Механические свойства зависят от размера пор, их формы и распределения, а также от мест их образования.

Пористость уменьшается, если холодное прессование заменить горячим, использовать штамповку, пропитку легкоплавкими металлическими расплавами, термическую и химико-термическую обработку.

Пористость повышает окисляемость и ухудшает коррозионную стойкость материалов. Это обусловлено развитой поверхностью открытых сообщающихся пор. Поэтому детали из порошковых материалов, предназначенные для работы в агрессивных средах, должны иметь пористость не более 3%.

Поры, заполненные газом, снижают теплопроводность. Это обстоятельство позволяет широко использовать пористые неметаллические материалы в

качестве теплоизоляционных материалов в строительстве.

Другим объемным дефектом является трещина. Трещина появляется в материале при его деформации. В зависимости от способа и условий испытания трещина появляется на заключительной стадии деформации, предшествующей разрушению, или задолго до неё. В последнем случае стадия разрушения с момента появления трещины может составлять до 90% долговечности конструкции. В этом случае трещины появляются и растут в процессе эксплуатации изделия, полноправно сосуществуя с другими типами дефектов и эволюционируя при взаимодействии с ними.