МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

лекции

220301 Автоматизация технологических процессов и производств

Составитель: доц. Ковалева Т.Ю.

ВВЕДЕНИЕ

- Материаловедение – это наука, изучающая строение и свойства металлов и устанавливает связь между составом, структурой и свойствами
- Основоположник материалов П.П.Аносов – раскрыл секрет булатной стали, применил микроскоп, работал над качественной сталью.
- Научный основоположник материаловедения Д.К.Чернов – обнаружил, что в процессе нагрева и последующего охлаждения изменяется структура стали, обнаружил диапазон этих температур (критические точки Чернова), сделал наброски диаграммы Fe-C.
- В 1873-1876 г.г Гиббс изложил основные законы фазового равновесия и, в частности, правило фаз, основываясь на законах термодинамики.
- Лауэ (1912 г) показал, что атомы в кристалле регулярно заполняют пространство, образуя пространственную дифракционную решетку, и что рентгеновские лучи имеют волновую природу

Строение и свойства материалов

- Все вещества подразделяются на кристаллические и аморфные
- Кристаллические тела имеют фиксированную температуру плавления и затвердевания, характеризуются упорядоченным расположением в пространстве элементарных частиц (имеют ближний и дальний порядок).
- Аморфные тела имеют только ближний порядок в расположении элементарных частиц, при нагреве размягчаются в большом температурном интервале, становятся вязкими
- Существует семь кристаллических систем элементов (семь сингоний): триклинная, моноклинная, ромбическая, ромбоэдрическая ,гексагональная, тетрогональная, кубическая.
- Системы отличаются размерами ребер (параметров решетки) и углами между ребрами.
- Всего 14 типов решеток Браве
- ***Элементарная ячейка*** – элемент объема из минимального числа атомов, многократным переносом которого в пространстве можно построить весь кристалл.

Строение и свойства материалов

Дополнительные параметры кристалла

- Элементарная ячейка характеризует особенности строения кристалла.
- Основными параметрами кристалла являются:

  -размеры ребер элементарной ячейки a, b, c, или периоды решетки – расстояния между центрами ближайших атомов. В одном направлении выдерживаются строго определенными.

  - углы между осями (α,β,χ).
- Дополнительные параметры:

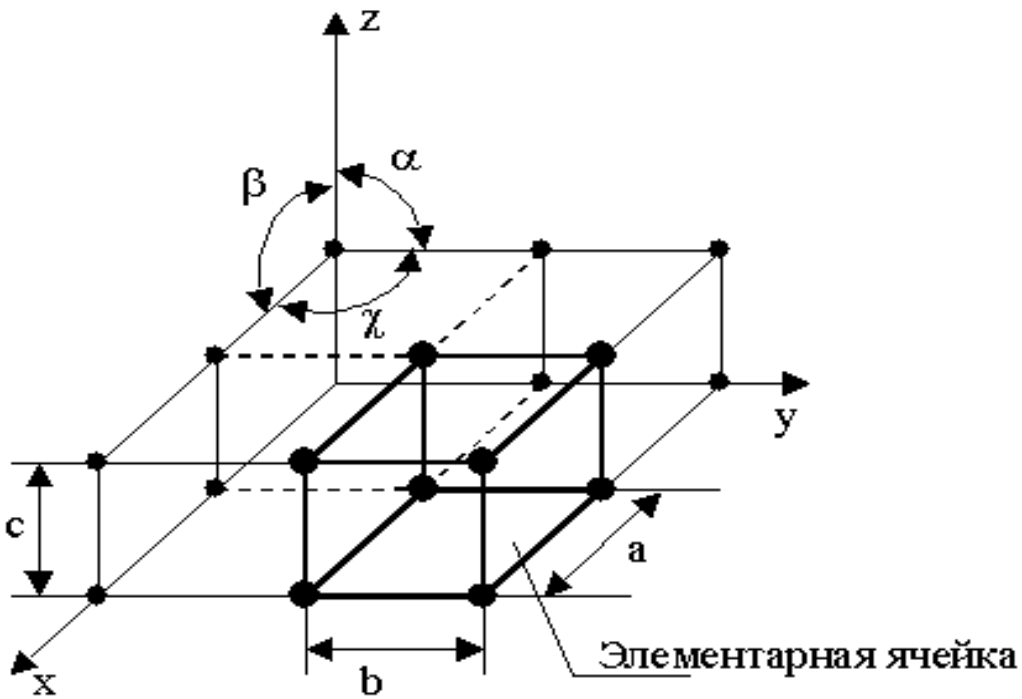
  -координационное число (К) указывает на число атомов, расположенных на ближайшем одинаковом расстоянии от любого атома в решетке

  -базис решетки- количество атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку решетки.

  -плотность упаковки атомов в кристаллической решетке - отношение объема, занятого атомами к объему ячейки (для объемно-центрированной кубической решетки – 0,68, для гранецентрированной кубической решетки – 0,74)

Схема кристаллической решетки

Рис.1



Лекция 1

Особенности атомно-кристаллического строения металлов.

- Металлы, особенности атомно-кристаллического строения
- Понятие об изотропии и анизотропии
- Аллотропия или полиморфные превращения
- Магнитные превращения
- ***Металлы*** – один из классов конструкционных материалов, характеризующийся определенным набором свойств:

  -«металлический блеск» (хорошая отражательная способность);

  -пластичность;

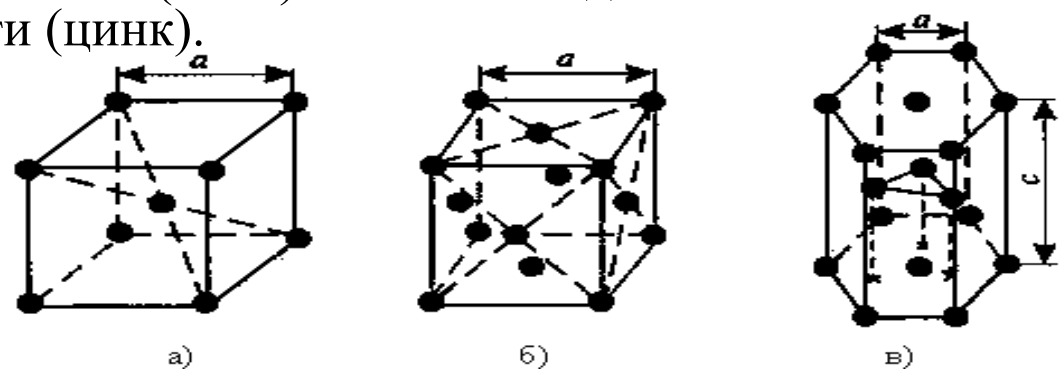
  -высокая теплопроводность;

  -высокая электропроводность.

  Все металлы, затвердевающие в нормальных условиях, представляют собой кристаллические вещества, то есть укладка атомов в них характеризуется определенным порядком – периодичностью, как по различным направлениям, так и по различным плоскостям. Этот порядок определяется понятием ***кристаллическая решетка***.
- **кристаллическая решетка** это воображаемая пространственная решетка, в узлах которой располагаются частицы, образующие твердое тело.

Основные типы кристаллических решеток металлов

- а – объемно-центрированная кубическая; б– гранецентрированная кубическая; в – гексагональная плотноупакованная Рис. 2.
- Основными типами кристаллических решеток являются :
- 1.Объемно - центрированная кубическая (ОЦК) (рис. 2а), атомы располагаются в вершинах куба и в его центре (V, W, Ti,)
- 2.Гранецентрированная кубическая (ГЦК) (рис.2б), атомы располагаются в вершинах куба и по центру каждой из 6 граней (Ag, Au,)
- 3.Гексагональная, в основании которой лежит шестиугольник:
- -простая – атомы располагаются в вершинах ячейки и по центру 2 оснований (углерод в виде графита);
- -плотноупакованная (ГПУ) – имеется 3 дополнительных атома в средней плоскости (цинк).
- Рис. 2.



Понятие об изотропии и анизотропии

- Свойства тела зависят от природы атомов, из которых оно состоит, и от силы взаимодействия между этими атомами.
- . В аморфных телах с хаотическим расположением атомов в пространстве ,расстояния между атомами в различных направлениях равны, свойства будут одинаковые- аморфные тела ***изотропны***
- В кристаллических телах атомы правильно располагаются в пространстве, причем по разным направлениям расстояния между атомами неодинаковы, что предопределяет существенные различия в силах взаимодействия между ними и, разные свойства. Зависимость свойств от направления называется анизотропией
- Плоскость, проходящая через узлы кристаллической решетки, называется ***кристаллографической плоскостью***.
- Прямая, проходящая через узлы кристаллической решетки, называется ***кристаллографическим направлением.***
- Для обозначения кристаллографических плоскостей и направлений пользуются ***индексами Миллера.***

Аллотропия или полиморфные превращения

- Способность некоторых металлов существовать в различных кристаллических формах в зависимости от внешних условий (давление, температура) называется ***аллотропией или полиморфизмом***.
- Каждый вид решетки представляет собой ***аллотропическое*** видоизменение или ***модификацию.*** Примером ***аллотропического видоизменения*** в зависимости от температуры является железо ***(Fe).***
- ***Fe:t < 911o C- ОЦК - Feα***
- ***911 < t < 1392oC - ГЦК - Feβ***
- ***1392< t > 1539o C- ОЦК – Feδ высокотемпературное***
- Примером ***аллотропического*** видоизменения, обусловленного изменением давления, является углерод: при низких давлениях образуется графит, а при высоких – алмаз

Магнитные превращения

- Некоторые металлы намагничиваются под действием магнитного поля. После удаления магнитного поля они обладают остаточным магнетизмом. Это явление впервые обнаружено на железе и получило название ферромагнетизма. К ферромагнетикам относятся **железо, кобальт, никель** и некоторые другие металлы.
- При нагреве ферромагнитные свойства металла уменьшаются постепенно: вначале слабо, затем резко, и при определенной температуре (точка Кюри) исчезают (точка Кюри для железа –768 град.С). Выше этой температуры металлы становятся парамагнетиками. Магнитные превращения не связаны с изменением кристаллической решетки или микроструктуры, они обусловлены изменениями в характере межэлектронного взаимодействия.

Строение реальных металлов. Дефекты кристаллического строения

Лекция 2

- Точеные дефекты
- Линейные дефекты:
- Простейшие виды дислокаций – краевые и винтовые.

- В кристаллической решетке реальных металлов имеются различные дефекты (несовершенства), которые нарушают связи между атомами и оказывают влияние на свойства металлов. Различают следующие структурные несовершенства:

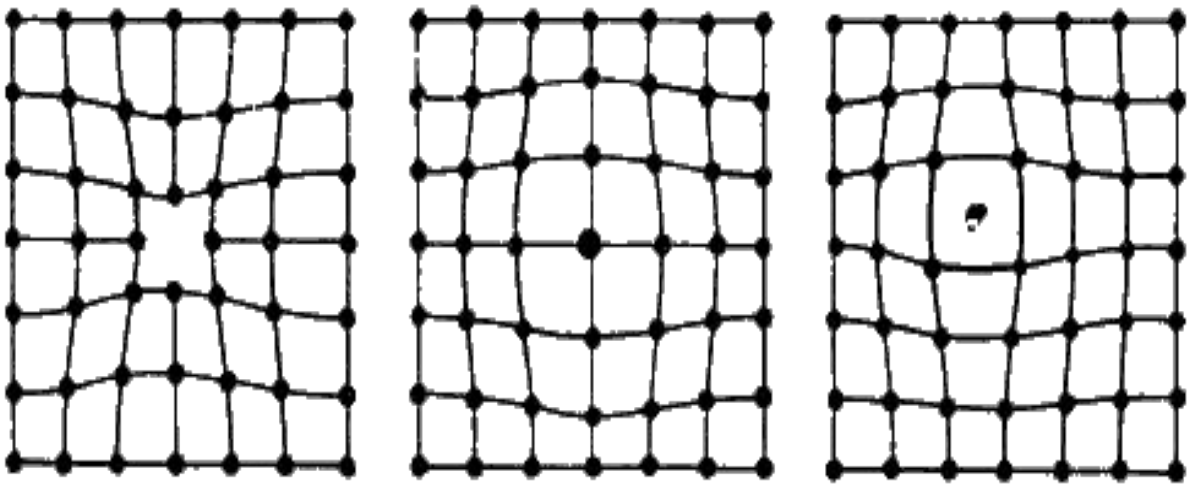
  -точечные – малые во всех трех измерениях;

  -линейные – малые в двух измерениях и сколь угодно протяженные в третьем;

  -поверхностные – малые в одном измерении

Точечные дефекты

- Одним из распространенных несовершенств кристаллического строения является наличие точечных дефектов: вакансий, дислоцированных атомов и примесей. (рис. 2.1.) *а* – вакансии, *б* – дислоцированные атомы, *в* – атомы примесей



а *б* *в*

Линейные дефекты

- Основными линейными дефектами являются дислокации
- Дислокация – это дефекты кристаллического строения, представляющие собой линии, вдоль и вблизи которых нарушено характерное для кристалла правильное расположение атомных плоскостей.
- Простейшие виды дислокаций – краевые и винтовые

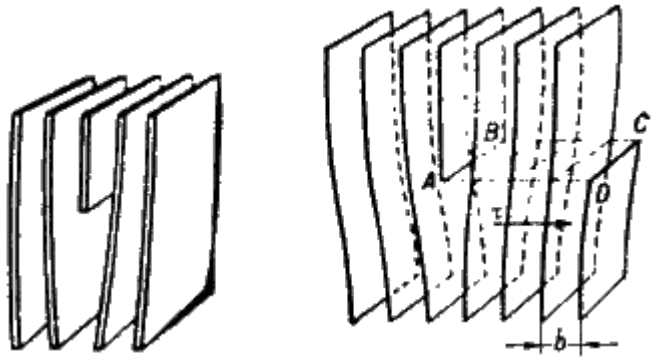


Рис.2.2 Краевая дислокация (а) и механизм ее образования (б)

Краевая дислокация

- Представляет собой линию, вдоль которой обрывается внутри кристалла край “лишней“ полуплоскости (рис. 2.2)
- Экстраплоскость - неполная плоскость
- Дислокации образуются путем сдвигового механизма. Сдвигается нижняя часть (ABCD), рис.2.2. относительно верхней на один период решетки в направлении, перпендикулярном AB, а затем вновь атомы сближаются на краях разреза внизу.
- Наибольшие искажения в расположении атомов в кристалле имеют место вблизи нижнего края экстраплоскости.
- Вправо и влево от края экстраплоскости эти искажения малы (несколько периодов решетки).
- Вдоль края экстраплоскости искажения простираются через весь кристалл и могут быть очень велики (тысячи периодов решетки) (рис. 2.3). Рис. 2.3. Искажения в кристаллической решетке при наличии краевой дислокации

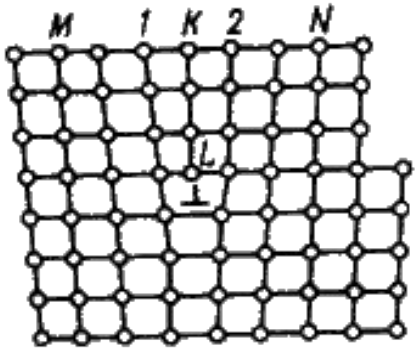


Рис.2.3 Искажения в КР

Винтовая дислокация

- Получена за счет частичного сдвига по плоскости Q вокруг линии EF (рис. 2.4)
- На поверхности кристалла образуется ступенька, проходящая от точки E до края кристалла.
- Такой частичный сдвиг нарушает параллельность атомных слоев. Кристалл превращается в одну атомную плоскость, закрученную по винту в виде полого геликоида вокруг линии EF.
- Линия EF представляет границу, отделяющую часть плоскости скольжения, где сдвиг уже произошел, от части, где сдвиг не начинался.
- Винтовая дислокация может перемещаться по любой плоскости, проходящей через линию дислокации.

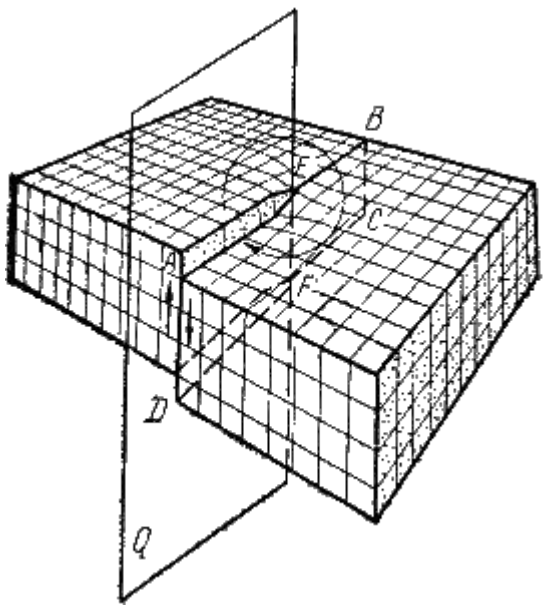


Рис. 2.4. Механизм образования винтовой дислокации

Описание дислокаций

- Линии дислокаций не могут обрываться внутри кристалла, они либо замкнутые и образуют петлю, либо разветвляются на несколько дислокаций, либо выходят на поверхность кристалла.
- Дислокационная структура материала характеризуется ***плотностью дислокаций*.**
- ***Плотность дислокаций*** в кристалле определяется как среднее число линий дислокаций, пересекающих внутри тела площадку площадью 1 м2, или как суммарная длина линий дислокаций в объеме 1 м3

$$\rho = \frac{\sum l}{V} \qquad \text{(см-2; м-2)}$$

- Плотность дислокаций изменяется в широких пределах и зависит от состояния материала.
- После тщательного отжига плотность дислокаций составляет 105…107 м-2,
- В кристаллах с сильно деформированной кристаллической решеткой плотность дислокаций достигает 1015…10 16 м –2.
- Плотность дислокации в значительной мере определяет пластичность и прочность материала.
- Минимальная прочность определяется критической плотностью дислокаций

Поверхностные дефекты

•Поверхностные дефекты– границы зерен, фрагментов и блоков (рис. 2.5).
•Размеры зерен составляют до 1000 мкм.

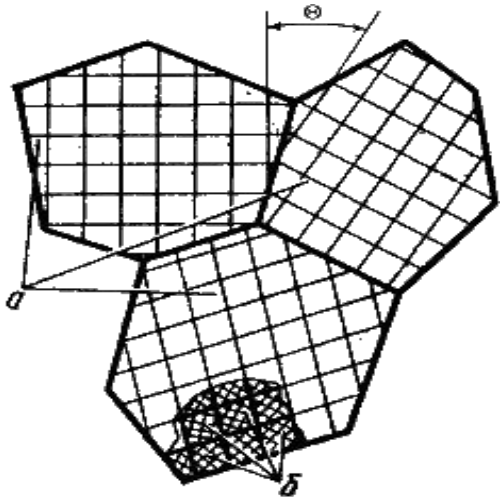


Рис2.5.Разориентация зерен и блоков

•Углы разориентации составляют до нескольких десятков градусов ( ).
•Граница между зернами представляет собой тонкую в 5 – 10 атомных диаметров поверхностную зону с максимальным нарушением порядка в расположении атомов.
•На границах зерен повышена концентрация примесей, которые понижают поверхностную энергию.
•Внутри зерна не идеальное строения кристаллической решетки. Имеются участки, разориентированные один относительно другого на несколько градусов ( ).
Эти участки - ***фрагменты***.
каждый фрагмент состоит из блоков, размерами менее 10 мкм, разориентированных на угол менее одного градуса ( ).