

Лекция 1

Тема Лекции:
Особенности атомно-кристаллического строения металлов

к.ф.-м.н., PhD, ассоциированный профессор
Тулегенова Аида Тулегенкызы

Цель лекции:

Ознакомление с основами атомно-кристаллического строения металлов, их структурными особенностями и влиянием кристаллической решётки на физико-механические свойства. Сформировать представления о понятиях изотропии, анизотропии, аллотропии и магнитных превращениях в металлах

Основные вопросы:

1. Металлы: особенности атомно-кристаллического строения.
2. Понятие об изотропии и анизотропии.
3. Аллотропия или полиморфные превращения.
4. Магнитные превращения.

Введение

Материаловедение - ***это наука о взаимосвязи электронного строения, структуры материалов с их составом, физическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами.***

Создание научных основ металловедения по праву принадлежит. Чернову Д.К., который установил критические температуры фазовых превращений в сталях и их связь с количеством углерода в сталях. Этим были заложены основы для важнейшей в металловедении диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов.

Открытием аллотропических превращений в стали, Чернов заложил фундамент термической обработки стали. Критические точки в стали, позволили рационально выбирать температуру ее закалки, отпуска и пластической деформации в производственных условиях.

В своих работах по кристаллизации стали, и строению слитка Чернов изложил основные положения теории литья, не утратившие своего научного и практического значения в настоящее время.

Великий русский металлург Аносов П.П. впервые применил микроскоп для исследования структуры металлов. Ему принадлежит приоритет в создании легированных сталей. Разработал теорию и технологию изготовления клинков из булатной стали. Из его работ стало ясно, что так называемый булатный узор на поверхности стали, непосредственно зависит от ее внутренней структуры.

В пятидесятых годах, когда началось исследование природы свойств металлических материалов, было показано, что большинство наиболее важных свойств, в том числе сопротивление пластической деформации и разрушению в различных условиях нагружения, зависит от особенностей тонкого кристаллическо строения.

***Этот вывод способствовал привлечению физических теорий о строении реальных металлов для объяснения многих непонятных явлений и для конструирования сплавов с заданными механическими свойствами*.**

Благодаря теории дислокаций, удалось получить достоверные сведения об изменениях в металлах при их пластической деформации.

Особенно интенсивно развивается металловедение в последние десятилетия. Это объясняется потребностью в новых материалах для исследования космоса, развития электроники, атомной энергетики.

Металлы, особенности атомно-кристаллического строения

Металлы **– один из классов конструкционных материалов, характеризующийся определ¨нным набором свойств:**

- **«металлический блеск» (хорошая отражательная способность);**
- **пластичность;**
- **высокая теплопроводность;**
- **высокая электропроводность.**

Данные свойства обусловлены особенностями строения металлов. Согласно теории металлического состояния, металл представляет собой вещество, состоящее из положительных ядер, вокруг которых по орбиталям вращаются электроны. На последнем уровне число электронов невелико и они слабо связаны с ядром. Эти электроны имеют возможность перемещаться по всему объему металла, т.е. принадлежать целой совокупности атомов

Все металлы, затвердевающие в нормальных условиях, представляют собой кристаллические вещества, то есть укладка атомов в них характеризуется определ¨нным порядком – периодичностью, как по различным направлениям, так и по различным плоскостям. Этот порядок определяется понятием *кристаллическая решетка.*

***Другими словами, кристаллическая решетка это воображаемая пространственная решетка, в узлах которой располагаются частицы, образующие твердое тело*.**

***Элементарная ячейка* – элемент объема из минимального числа атомов, многократным переносом которого в пространстве можно построить весь кристалл.**

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

- **размеры ребер элементарной ячейки. a, b, c – периоды решетки – расстояния между центрами ближайших атомов. В одном направлении выдерживаются строго определ¨нными.**
- **углы между осями** α, β, γ

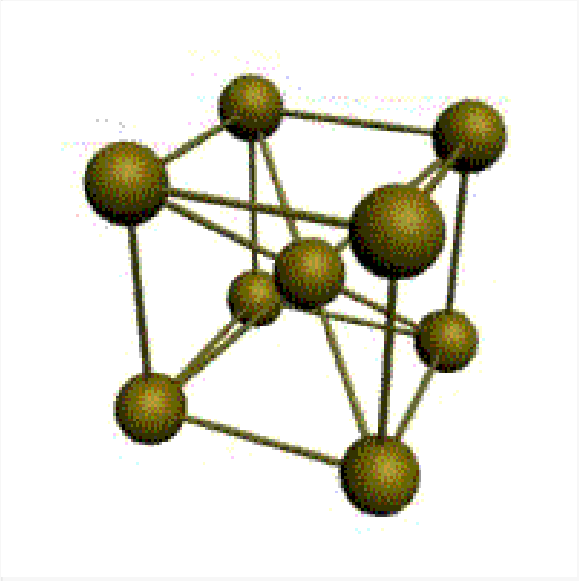
Сложные элементарные ячейки

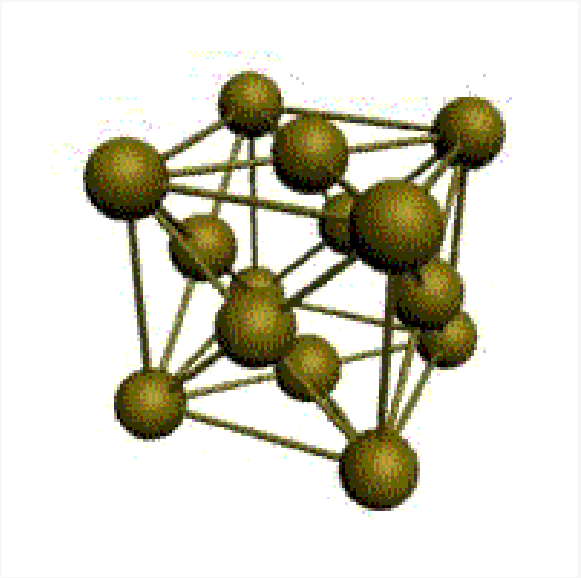
а) объемно-центрированная кубическая (ОЦК);

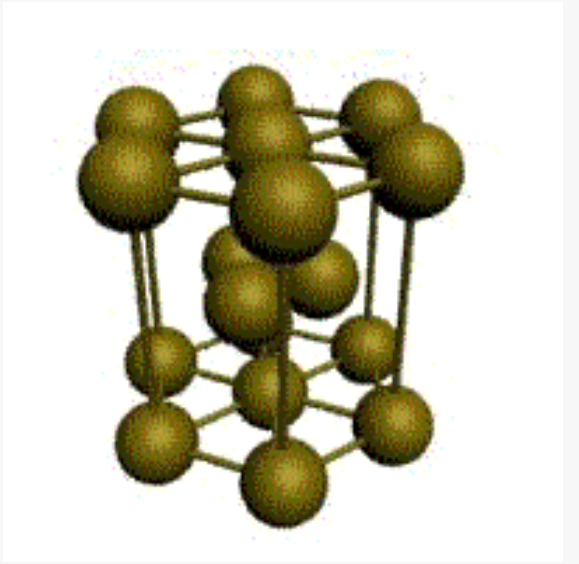
б)гранецентрированная кубическая (ГЦК);

в)гексагональная плотноупакованная (ГПУ);

а б в





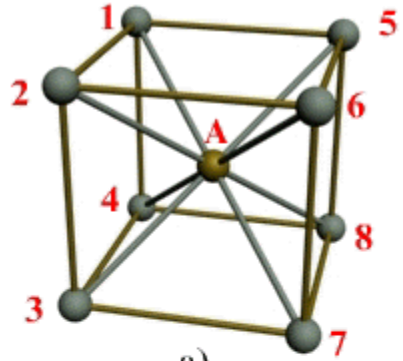


Гексагональная плотноупакованная ГПУ-ячейка состоит из отстоящих друг от друга на параметр **c** параллельных центрированных гексагональных оснований.

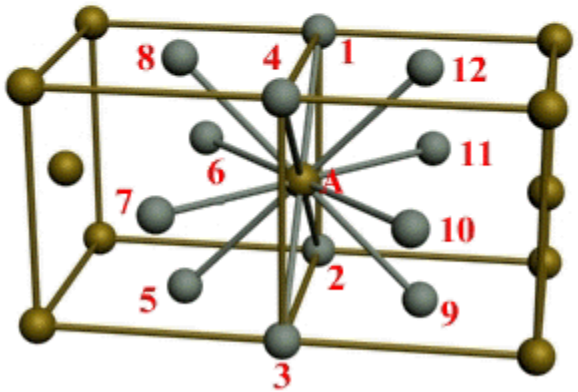
Три иона (атома) находятся на средней плоскости между основаниями.

Отношение параметра c/a у ГПУ решеток всегда больше единицы.

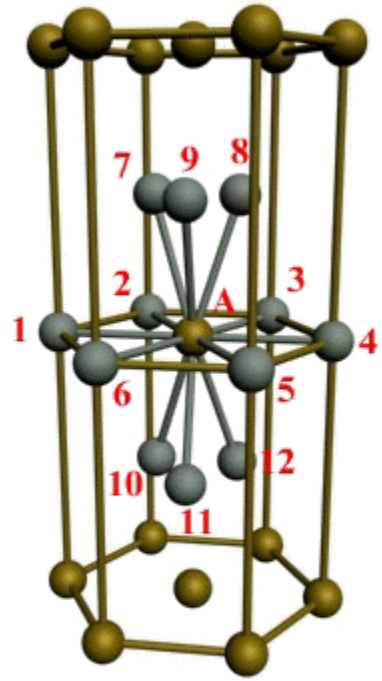
Такую решетку имеют магний, титан, берилий и др.


1
5
2
6
A
4
8
3
7

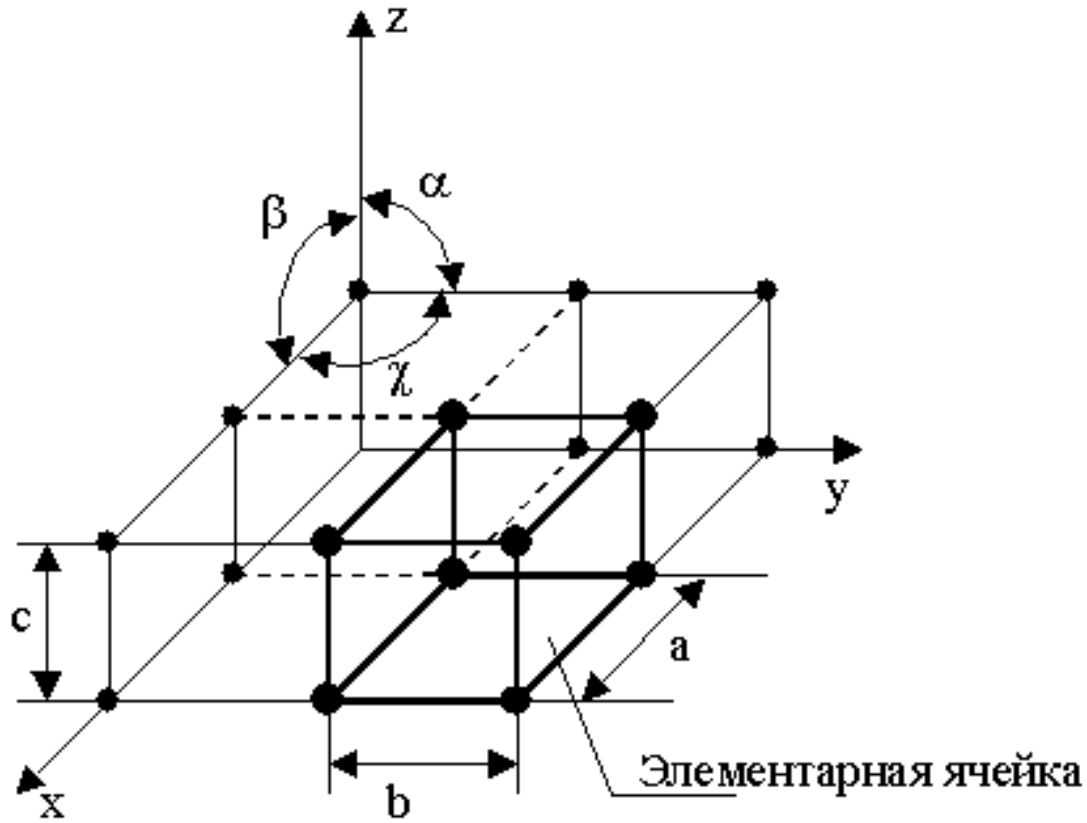
а)


8
4
1
12
6
11
A
7
10
2
5
9
3

б)


7
9
8
2
3
A
1
4
6
5
12
10
11

в)


z
α
β
χ
y
c
a
b
x
Элементарная ячейка

Понятие об изотропии и анизотропии

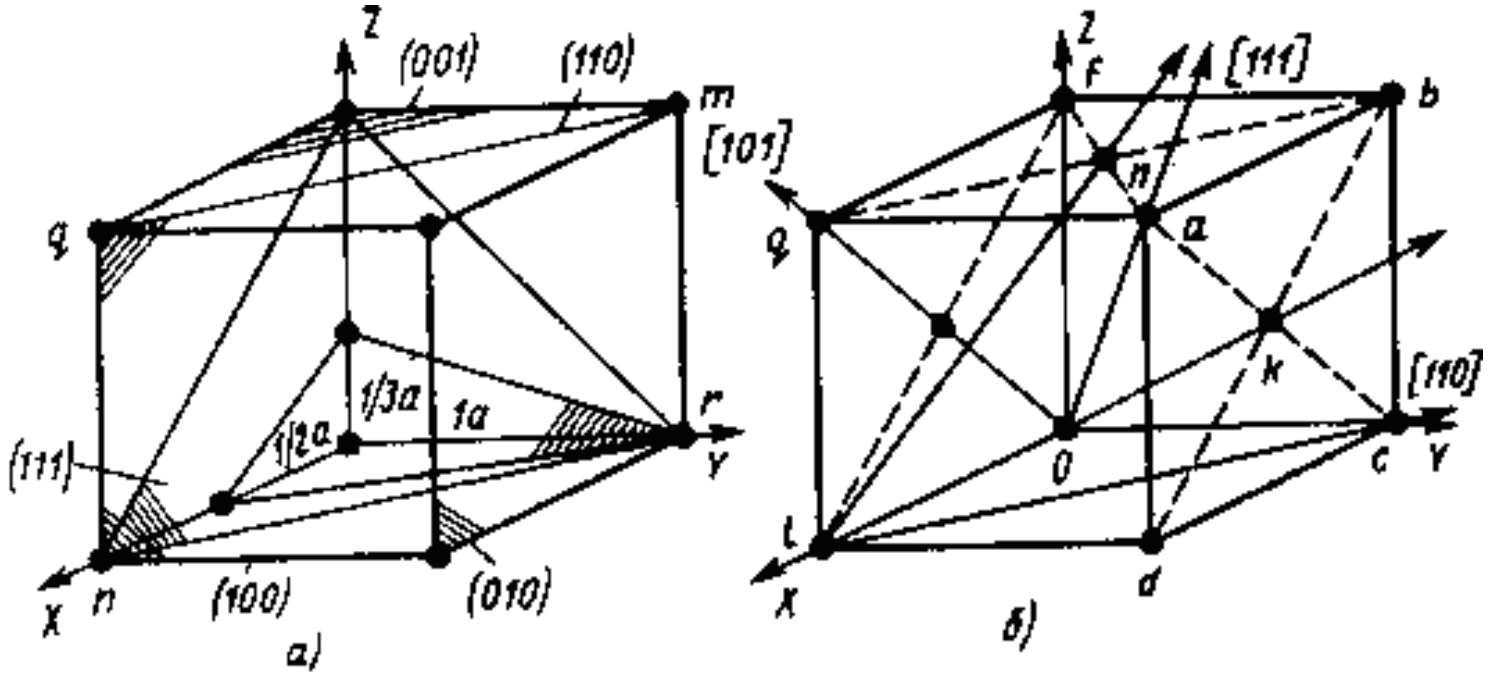
В кристаллических телах атомы правильно располагаются в пространстве, причем по разным направлениям расстояния между атомами неодинаковы, что предопределяет существенные различия в силах взаимодействия между ними и, в конечном результате, разные свойства. Зависимость свойств от направления называется *анизотропией*

Чтобы понять явление анизотропии необходимо выделить кристаллографические плоскости и кристаллографические направления в кристалле.

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*. Чтобы установить индексы Миллера, элементарную ячейку вписывают в пространственную систему координат (оси X,Y, Z – кристаллографические оси). За единицу измерения принимается период решетки.



Примеры обозначения кристаллографических плоскостей (а) и кристаллографических направлений (б)

Выводы лекции:

Атомно-кристаллическое строение: Металлы обладают упорядоченной кристаллической решёткой (ОЦК, ГЦК, ГПУ) с металлической связью, что определяет их высокую электропроводность, теплопроводность и пластичность.

Анизотропия и изотропия: Монокристаллы анизотропны (свойства зависят от направления в решётке), тогда как реальные поликристаллические металлы изотропны из-за хаотичной ориентации зёрен.

Аллотропия (полиморфизм): Способность металлов менять тип кристаллической решётки при изменении температуры или давления лежит в основе термической обработки и управления свойствами сплавов.

Магнитные превращения: Переход металлов из ферромагнитного состояния в парамагнитное при достижении точки Кюри происходит без перестройки кристаллической решётки, за счёт изменения электронной структуры.

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1. Какие типы кристаллических решёток характерны для металлов?
2. Чем изотропные материалы отличаются от анизотропных?
3. Приведите примеры аллотропных превращений в металлах.
4. Что происходит с железом при температуре выше точки Кюри?
5. Как кристаллическая структура влияет на механические свойства металлов?

Список литературных источников:

1. Соколова Т. Н. Физика конденсированного состояния. — М.: Лань, 2020.
2. Китаев В. П. Физика твёрдого тела. — М.: Физматлит, 2021.
3. Капустин А. П. Кристаллография, минералогия и физика твёрдого тела. — М.: МИСиС, 2020.
4. Kittel, C. Introduction to Solid State Physics. — Wiley, 2022.
5. Ashcroft, N. W., Mermin, N. D. Solid State Physics. — Cengage, 2019.