

# ЛЕКЦИЯ 4

## Определение кристаллизации. Схема процесса кристаллизации

В твердом состоянии атомы взаимодействуют друг с другом по определенному закону, в структуре имеется как ближний, так и дальний порядок, атомы образуют кристаллическую решетку того или иного вида.

**Кристаллизация** – процесс перехода из жидкого или газообразного состояния в твердое, в результате чего образуется кристаллическая решетка и возникают кристаллы.

**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.

Классификация возможных видов кристаллических решеток была проведена французским ученым О. Браве, соответственно они получили название «решетки Браве». Всего для кристаллических тел существует четырнадцать видов решеток, разбитых на четыре типа;

- примитивный – узлы решетки совпадают с вершинами элементарных ячеек;
- базоцентрированный – атомы занимают вершины ячеек и два места в противоположных гранях;
- объемно-центрированный – атомы занимают вершины ячеек и ее центр;

- гранецентрированный – атомы занимают вершины ячейки и центры всех шести граней

Основными типами кристаллических решеток металлов являются:

4. Объемно - центрированная кубическая (ОЦК) (см. рис.1.2а), атомы располагаются в вершинах куба и в его центре (V, W, Ti,  $\text{Fe}_\alpha$ )

5. Гранецентрированная кубическая (ГЦК) (см. рис.1.2б), атомы располагаются в вершинах куба и по центру каждой из 6 граней (Ag, Au,  $\text{Fe}_\gamma$ )

6. 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.1.2в).

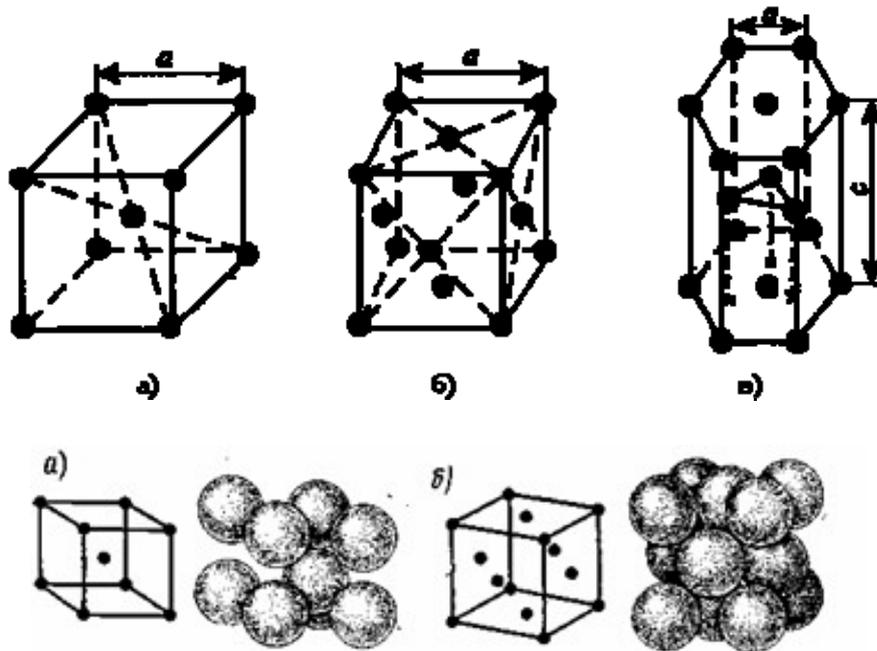


Рисунок 1.2 – Основные типы кристаллических решеток:

а – объемно-центрированная кубическая; б – гранецентрированная кубическая; в – гексагональная плотноупакованная

Строение и свойства реальных кристаллов отличаются от идеальных вследствие наличия дефектов. Так, фактическая прочность металлов на 2–3 порядка ниже их теоретической прочности, которой обладает совершенно бездефектный металл.

Дефекты в кристаллах принято классифицировать по характеру их измерения в пространстве:

7. Точечные дефекты – вызывают незначительные искажения решетки, что может привести к изменению свойств тела (электропроводность, магнитные свойства), их наличие способствует

процессам диффузии и протеканию фазовых превращений в твердом состоянии. При перемещении по материалу дефекты могут взаимодействовать.

К ним относятся:

*Вакансия* – отсутствие атомов в узлах кристаллической решетки, «дырки». Образуется при переходе атомов с поверхности в окружающую среду или из узлов решетки на поверхность. Концентрация вакансий в значительной степени определяется температурой тела. Перемещаясь по кристаллу, одиночные вакансии могут встречаться и объединяться в дивакансии.

*Дислоцированный атом* – это атом, вышедший из узла решетки и занявший место в междоузлии. Концентрация дислоцированных атомов значительно меньше, чем вакансий, так как для их образования требуются существенные затраты энергии.

*Примесные атомы*, присутствующие в металле, больше или меньше по размерам основных атомов и располагаются в узлах решетки или междоузлиях.

Скопление многих вакансий может привести к образованию пор и пустот.

2. *Линейные дефекты* в кристаллах характеризуются тем, что их поперечные размеры не превышают нескольких межатомных расстояний, а длина может достигать размера кристалла. К линейным дефектам относятся дислокации – линии, вдоль и вблизи которых нарушено правильное периодическое расположение атомных плоскостей кристалла.

Различают следующие виды дислокации: краевые дислокации, винтовые дислокации, смешанные.

3. *Поверхностные (двумерные)*. Под этими дефектами понимают нарушения, которые обладают большой протяженностью в двух измерениях и протяженностью лишь в несколько межатомных расстояний в третьем измерении. К поверхностным дефектам относятся дефекты упаковки, двойниковые границы, границы зерен.

4. *Объемные (трехмерные)*. Под ними понимают нарушения, которые в трех измерениях имеют неограниченные размеры. К таким нарушениям относят трещины, поры, усадочные раковины.

Свойства тела зависят от природы атомов, из которых оно состоит, и от силы взаимодействия между этими атомами. Силы взаимодействия между атомами в значительной степени определяются расстояниями между ними. В аморфных телах с хаотическим расположением атомов в пространстве расстояния между атомами в различных направлениях равны, следовательно, свойства будут одинаковые, то есть 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, в конечном результате, разные свойства. Зависимость свойств от направления называется **анизотропией**. Некоторые металлы в твердом состоянии могут перестраивать свою кристаллическую решетку при изменении температуры. Эта способность металлов носит название **полиморфизма** или **аллотропии**. Способность некоторых металлов существовать в различных кристаллических формах в зависимости от внешних условий (давление, температура) называется **аллотропией или полиморфизмом**.

Используя явление полиморфизма, можно упрочнять и разупрочнять сплавы при помощи термической обработки.

### **Свойства металлов сплавов**

В зависимости от назначения все металлы и сплавы должны обладать определёнными свойствами, которые разделяются на четыре группы:

➤ Физические (плотность, температуру плавления, цвет, электропроводность, теплопроводность, удельная теплоемкость, расширяемость при нагревании, магнитные свойства);

➤ Химические (коррозионная стойкость, окисляемость и растворимость);

➤ Механические (прочность, твердость, упругость, пластичность, вязкость и хрупкость);

➤ Технологические (обрабатываемость резанием, свариваемость, ковкость, прокаливаемость, литейные свойства, такие как жидкотекучесть, усадка) и эксплуатационные (износостойкость, коррозионная стойкость, прирабатываемость).

### **Вопросы для письменного опроса:**

1. В чем особенность кристаллического строения?
2. Какими характеристиками описывают кристаллические решетки?
3. Что такое период решетки, какова его примерная величина?
4. Какие разновидности кубических решеток свойственны металлическим элементам?
5. Что такое полиморфизм?
6. Что такое дефекты решетки? Назовите их разновидности.
7. Перечислите основные виды точечных дефектов. Охарактеризуйте нарушения в решетке, создаваемые этими дефектами.

8. Что такое краевые дислокации? Как они возникают?  
Каков механизм перемещения дислокаций?