

ПЛАН ЛЕКЦИИ 2

Металлы и сплавы

Атомно-кристаллическая структура металлов

Кристаллизация металлов

Полиморфные превращения

Дефекты кристаллического строения

Фазы и структура в металлических сплавах





МЕТАЛЛЫ

Под металлами понимают вещества, обладающие комплексом металлических свойств: характерным металлическим блеском, высокой электропроводностью, хорошей теплопроводностью, высокой пластичностью.



СПЛАВЫ

Абсолютно чистый металл можно получить только в космической лаборатории. Все остальные металлы в реальной жизни - сплавы — твердые соединения двух или более металлов (и неметаллов), полученные целенаправленно в процессе металлургического производства.

Аморфные и кристаллические тела

В твердых телах атомы могут размещаться в пространстве двумя способами:

Беспорядочное расположение атомов, когда они не занимают определенного места друг относительно друга. Такие тела называются **аморфными**.

Аморфные вещества обладают формальными признаками твердых тел, т.е. они способны сохранять постоянный объем и форму. Однако они не имеют определенной температуры плавления или кристаллизации.

Упорядоченное расположение атомов, когда атомы занимают в пространстве вполне определенные места. Такие вещества называются **кристаллическими**.

Атомы совершают относительно своего среднего положения колебания с частотой около 10^{13} Гц. Амплитуда этих колебаний пропорциональна температуре.

Благодаря упорядоченному расположению атомов в пространстве, их центры можно соединить воображаемыми прямыми линиями.

Совокупность таких пересекающихся линий представляет пространственную решетку, которую называют **кристаллической решеткой**.

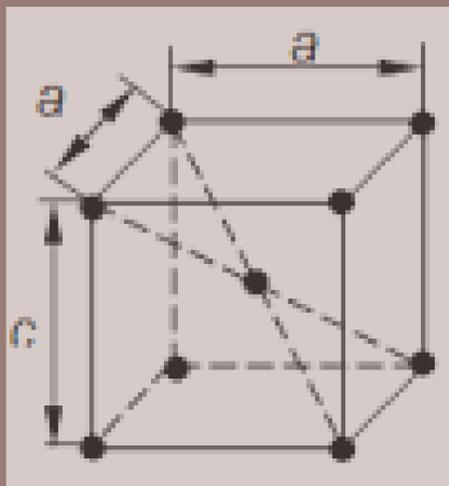
Атомно-кристаллическая структура металлов

Кристаллическая решетка — это воображаемая пространственная сетка, в узлах которой расположены атомы.

Элементарная кристаллическая ячейка - наименьшая часть кристаллической решетки, определяющая структуру металла.

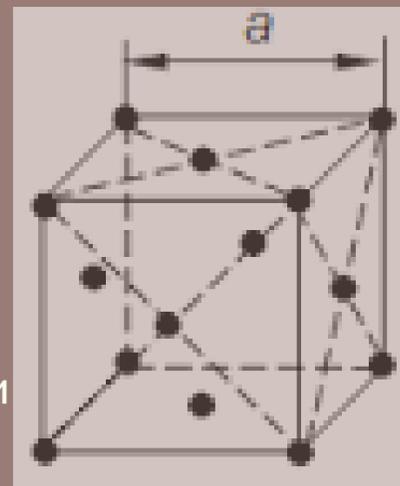
Кубическая объемно-центрированная решетка

В ячейке такой решетки атомы расположены в вершинах и центре куба. Такая ячейка содержит 9 атомов (хром, вольфрам, ванадий, молибден, литий, а при определенных температурах – железо и другие металлы).



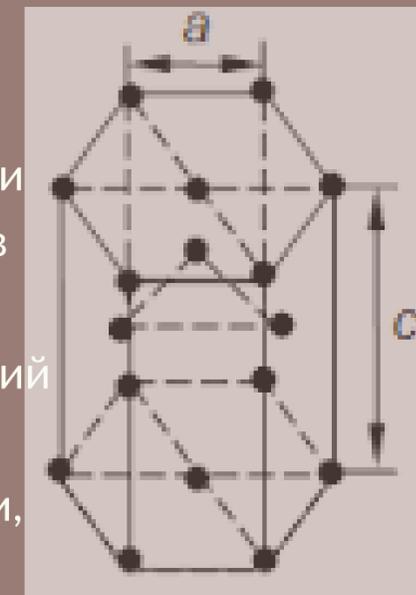
Кубическая гранецентрированная решетка

В ячейке такой решетки атомы находятся в вершинах куба и на пересечении диагоналей каждой плоскости. Такая ячейка имеет 14 атомов (свинец, никель, медь, золото, серебро, платина, железо при определенных температурах и другие металлы).



Гексагональная плотноупакованная решетка

В ячейке такой решетки атомы располагаются в вершинах и в центре шестигранных оснований призмы, а три атома – в средней ее плоскости, при этом такая ячейка содержит 17 атомов (магний, цинк, кадмий, осмий, бериллий и другие металлы).



Компактность кристаллической решетки или степень заполненности ее объема атомами является важной характеристикой. Показатели компактности - это:

ПАРАМЕТР РЕШЕТКИ

расстояние между атомами по ребру элементарной ячейки.

Параметры решетки измеряется в нанометрах

(1 нм = 10^{-9} м = 10 \AA).

Параметры кубических решеток характеризуются длиной ребра куба и обозначаются буквой **a**.

Для характеристики гексагональной решетки принимают два параметра - сторону шестигранника **a** и высоту призмы **c**.

Когда отношение $c/a = 1,633$, то атомы упакованы наиболее плотно, и решетка называется гексагональной плотноупакованной.

Некоторые металлы имеют гексагональную решетку с менее плотной упаковкой атомов ($c/a > 1,633$). Например, для цинка $c/a = 1,86$, для кадмия $c/a = 1,88$.

Параметры **a** кубических решеток металлов находятся в пределах от 0,286 до 0,607 нм. Для металлов с гексагональной решеткой **a** лежит в пределах 0,228-0,398 нм, а **c** в пределах 0,357- 0,652 нм. Параметры кристаллических решеток металлов могут быть измерены с помощью рентгеноструктурного анализа.

ПЛОТНОСТЬ УПАКОВКИ

отношение суммарного объема, занимаемого собственно атомами в кристаллической решетке, к ее полному объему. Различные типы кристаллических решеток имеют разную плотность упаковки атомов. В ГЦК решетке атомы занимают 74 % всего объема кристаллической решетки, а межатомные промежутки («поры») 26 %. В ОЦК решетке атомы занимают 68 % всего объема, а «поры» 32 %. Компактность решетки зависит от особенностей электронной структуры металлов и характера связи между их атомами.

КООРДИНАЦ ИОННОЕ ЧИСЛО

Координационным числом понимается количество ближайших соседей данного атома.

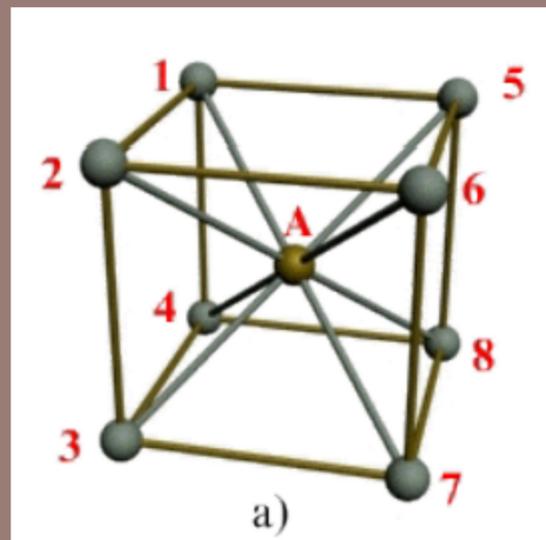
ЧИСЛО АТОМОВ

При подсчете числа атомов в каждой элементарной ячейке следует иметь в виду, что каждый атом входит одновременно в несколько ячеек. Например, для ГЦК-решетки, каждый атом, находящийся в вершине куба, принадлежит 8 ячейкам, а атом, центрирующий грань, двум. И лишь атом, находящийся в центре куба, полностью принадлежит данной ячейке. Таким образом, ОЦК- и ГЦК-ячейки содержат соответственно 2 и 4 атома.

Базис решетки - это количество атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку решетки

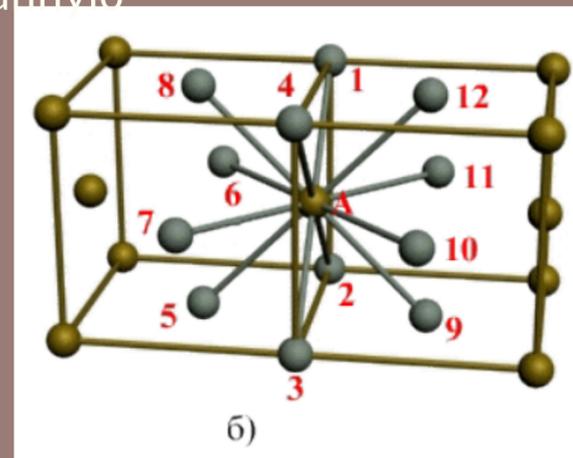
Объемно-центрированная кубическая решетка (ОЦК)

Атомы расположены в углах и центре куба. Период решетки равен a , в элементарной ячейке ОЦК наименьшее расстояние между атомами соответствует $d = 0,5 a$. Координационное число $K = 8$, базис решетки равен $2 : ((1/8) \cdot 8 + 1 = 2$. 8 атомов расположены в углах куба, 1 атом в центре куба принадлежит только одной ячейке). Данный тип решетки имеют металлы K, Na, Li, Ta, W, Mo, Fe- α , Cr, Nb и др. Коэффициент компактности ячейки, для ОЦК решетки = 68 %.



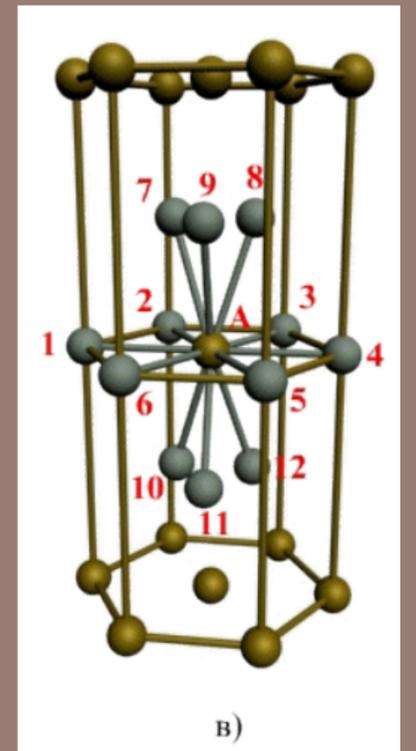
Гранецентрированная кубическая решетка (ГЦК)

Атомы расположены в углах куба и центрах его граней. Эта решетка характеризуется периодом a , координационным числом $K = 12$, базисом, равным $4 : (1/8) \cdot 8 + (1/2) \cdot 6 = 4$, 8 атомов в углах куба и 6 атомов в центрах граней, каждый из которых принадлежит двум элементарным ячейкам. Кубическую гранецентрированную решетку имеют следующие металлы: Ca, Pb, Ni, Ag, Au, Pt, Fe- γ и др.



Гексагональная плотноупакованная решетка (ГПУ)

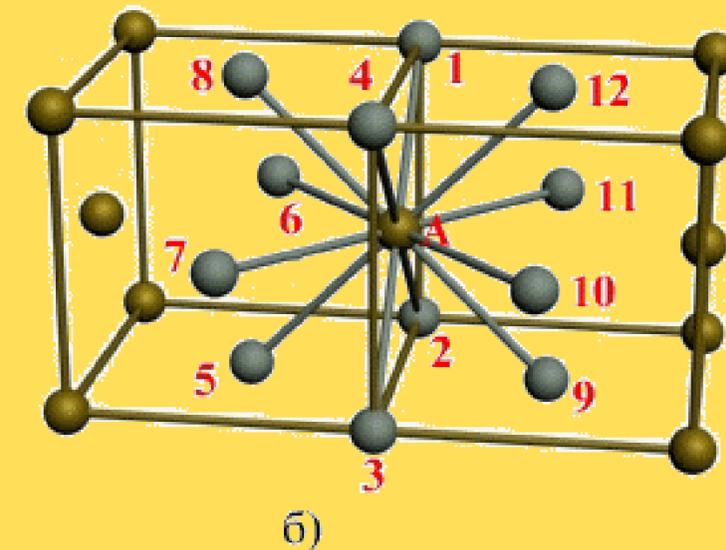
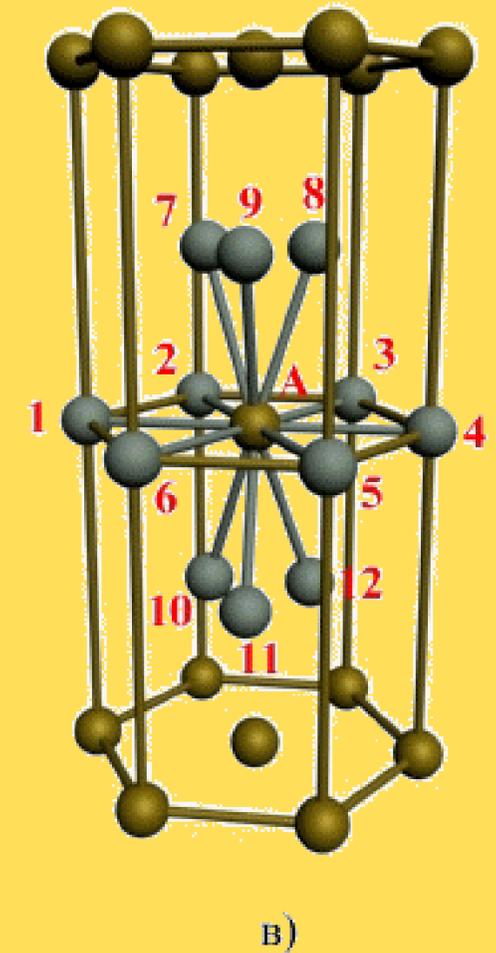
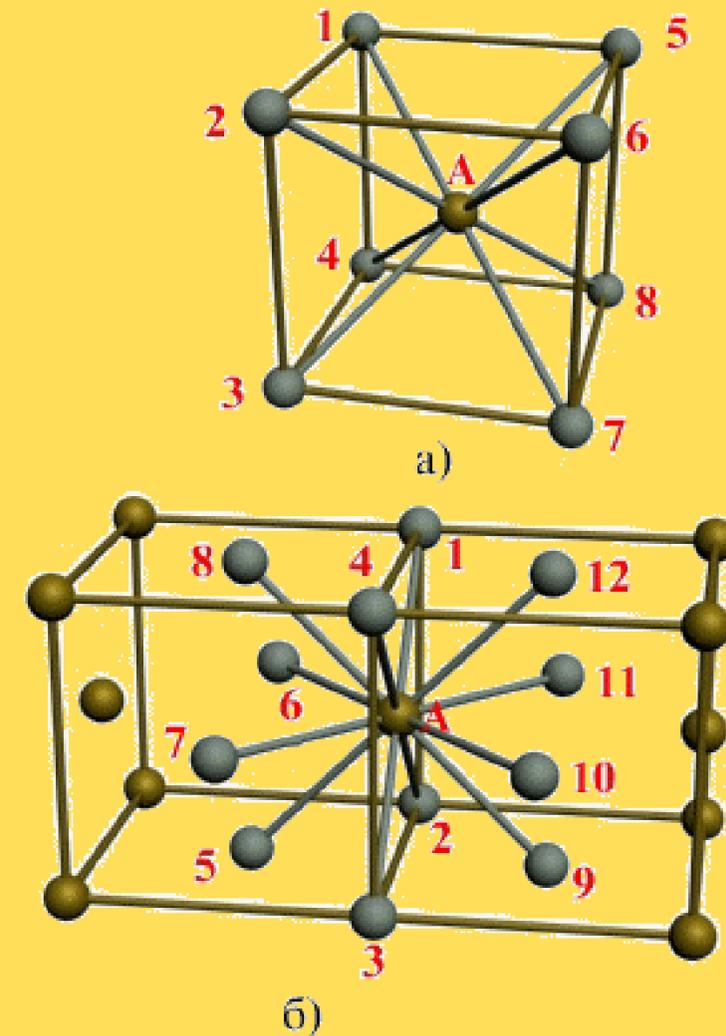
Атомы расположены в вершинах и центрах 6-гранных оснований призмы, кроме того, 3 атома находятся в средней плоскости призмы. Периоды решетки — a и c , причем $c/a > 1$ (например, $c/a = 1,633$ для Ru, Cd и $c/a > 1,633$ для Mg, Zn), координационное число $K = 12$, базис решетки равен 6. Координационное число равно $K = 12$, где расстояние между атомами $d = 0,5 a$. ГПУ решетка, для которой $c/a = 1,633$, имеет координационное число 12 (Г12), что также соответствует наиболее плотной упаковке. Если отношение c/a отличается от 1,633 то координационное число будет равняться 6. ГЦК ГПУ решетки более компактные; в них коэффициент компактности равен 74 %.



В ОЦК решетке (рис. а) атом А (в центре) находится на наиболее близком равном расстоянии от 8 атомов, расположенных в вершинах куба, т. е. координационное число этой решетки равно **8 (К8)**.

В ГЦК решетке (рис. б) атом А (на грани куба) находится на наиболее близком равном расстоянии от четырех атомов 1, 2, 3, 4, расположенных в вершинах куба, от четырех атомов 5, 6, 7, 8, расположенных на гранях куба, и, кроме того, от четырех атомов 9, 10, 11, 12, принадлежащих расположенной рядом кристаллической ячейке. Атомы 9, 10, 11, 12 симметричны атомам 5, 6, 7, 8. Таким образом, ГЦК решетки координационное число равно **12 (К12)**.

В ГПУ решетке при $c/a = 1,633$ (рис. в) атом А в центре шестигранного основания призмы находится на наиболее близком равном расстоянии от шести атомов 1, 2, 3, 4, 5, 6, размещенных в вершинах шестигранника, и от трех атомов 7, 8, 9, расположенных в средней плоскости призмы. Кроме того, атом А оказывается на таком же расстоянии еще от трех атомов 10, 11, 12, принадлежащих кристаллической ячейке, лежащей ниже основания. Атомы 10, 11, 12 симметричны атомам 7, 8, 9. Следовательно, для ГПУ решетки координационное число равно **12 (Г12)**.



Кристаллизация – это процесс перехода металла из жидкого состояния в твердое с образованием кристаллической структуры.

В природе кристаллизация и плавление обусловлены тем, что новое состояние в новых условиях является энергетически более устойчивым, обладает меньшим запасом энергии.

Первичная кристаллизация - переход металла из жидкого или парообразного состояния в твердое с образованием кристаллической структуры.

Вторичная кристаллизация - образование новых кристаллов в твердом кристаллическом веществе.

Процесс кристаллизации состоит из двух одновременно идущих процессов зарождения и роста кристаллов.

Кристаллы могут зарождаться самопроизвольно – самопроизвольная кристаллизация или расти на имеющихся готовых центрах кристаллизации – несамопроизвольная кристаллизация.

Критической точкой называется температура, которая соответствует какому-либо превращению в металле.

При охлаждении переход из жидкого состояния в твердое сопровождается образованием кристаллической решетки, т. е. кристаллизацией. Для того чтобы вызвать кристаллизацию, жидкий металл нужно переохладить до температуры ниже температуры плавления.

При затвердевании и при аллотропическом превращении в металле вначале образуются центры кристаллизации, вокруг которых группируются атомы, образуя соответствующую кристаллическую решетку.

Процесс кристаллизации складывается из двух этапов: образования центров кристаллизации и роста кристаллов.

У каждого из возникающих кристаллов кристаллографические плоскости ориентированы случайно, кроме того, при первичной кристаллизации кристаллы могут поворачиваться, так как они окружены жидкостью.

Смежные кристаллы растут навстречу друг другу, и точки их столкновения определяют границы кристаллитов (зерен).

У аморфных веществ кривые охлаждения плавные, без площадок и уступов: понятно, что аллотропии у этих веществ быть не может.

Механизм кристаллизации металла состоит в том, что при соответствующем понижении температуры внутри тигля с жидким металлом начинают образовываться мелкие кристаллики, называемые центрами кристаллизации или зародышами.

Для начала роста кристаллов из жидкого металла необходимо, чтобы свободная энергия металла уменьшилась. Если же в результате образования зародыша свободная энергия металла увеличивается, то зародыш растворяется. Минимальный размер способного к росту зародыша называется критическим размером зародыша, а такой зародыш – устойчивым.

Чем больше степень переохладения, понижающая свободную энергию металла, тем меньше критический размер зародыша. Вокруг образовавшихся центров начинают расти кристаллы. По мере роста кристаллов в металле, оставшемся еще в жидком состоянии, продолжают возникать новые центры кристаллизации.

Каждый из растущих новых кристаллов ориентирован в пространстве произвольно. Кристаллы с неправильной формой называются зернами или кристаллами.

Твердые тела, в том числе и металлы, состоящие из большого количества зерен, называют поликристаллическими.



Video unavailable

This video contains content from Crowley Media, who has blocked it in your country on copyright grounds.



<https://www.youtube.com/watch?v=Z59IVM8w55k>