

Хайдарова Зарина Эркин кизи

студент

Термезский государственный университет

КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

Как мы знаем, для изготовления деталей машин требуются материалы с различными свойствами, способные работать при высоких нагрузках, положительных и отрицательных внешних температурах, зачастую в агрессивных или абразивных средах. Правильный выбор металлов или сплавов при конструировании, выбор оптимальных способов технологической переработки (от заготовительных операций до механической обработки), поведение изделия в разных условиях эксплуатации определяются свойствами выбираемых конструкционных материалов, которые зависят от их природы и внутреннего строения. Общее свойство металлов и сплавов – их кристаллическое строение, характеризующееся определенным закономерным расположением атомов в пространстве. Для описания атомно-кристаллической структуры используют понятие кристаллической решетки, являющейся воображаемой пространственной сеткой с ионами (атомами) в узлах.

Атомно-кристаллическая структура может быть представлена не рядом периодически повторяющихся объемов, а одной элементарной ячейкой. Так называется ячейка, повторяющаяся во всех трех измерениях. Трансляцией этого наименьшего объема можно полностью воспроизвести структуру кристалла (рис. 1.1).

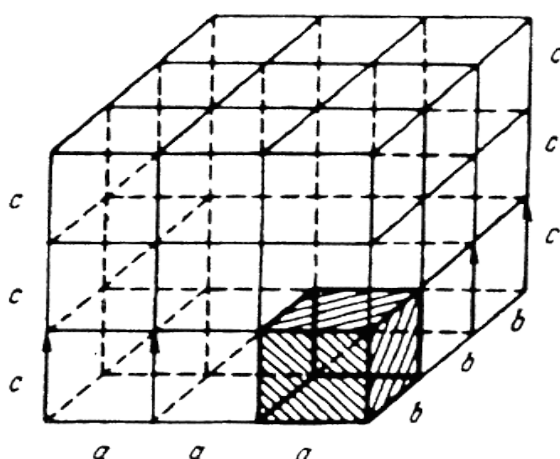


Рис. 1.1. Кристаллическая решетка

В кристалле элементарные частицы (атомы, ионы) сближены до соприкосновения. Для упрощения пространственное изображение принято заменять схемами, где центры тяжести частиц представлены точками. В точках пересечения прямых линий располагаются атомы; они

називаються вузлами решетки. Расстояния a , b и c между центрами атомов, находящихся в соседних узлах решетки, называют параметрами, или периодами решетки. Величина их в металлах порядка 0,1-0,7 нм, размеры элементарных ячеек – 0,2-0,3 нм.

Для однозначного описания элементарной ячейки кристаллической решетки необходимо знание величин параметров a , b , c и углов между ними.

В 1848 г. французский ученый Бравэ показал, что изученные трансляционные структуры и элементы симметрии позволяют выделить 14 типов кристаллических решеток. На рис. 1.2 показаны три типа элементарных ячеек кристаллических решеток, наиболее характерные для металлов: объемноцентрированная кубическая (ОЦК); гранецентрированная кубическая (ГЦК) и гексагональная плотноупакованная (ГП), а также схемы упаковки в них атомов.

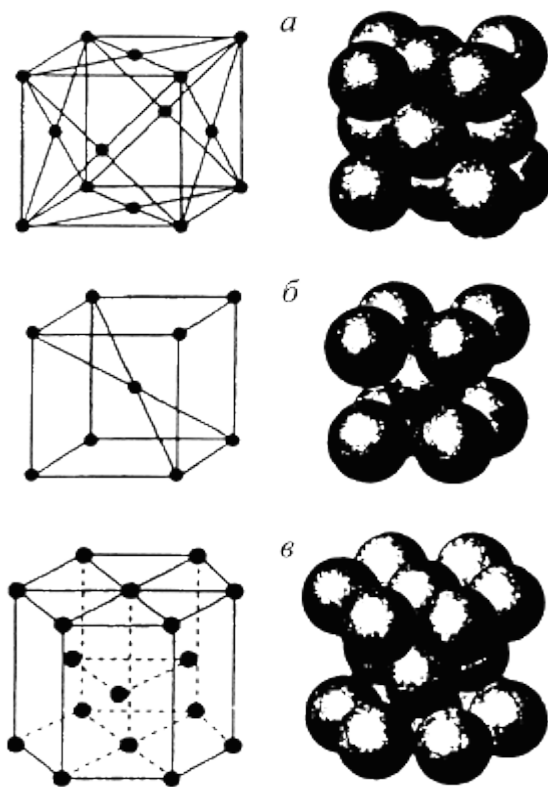


Рис. 1.2. Типы элементарных ячеек кристаллических решеток

металлов и схемы упаковки в них атомов:

а) гранецентрированная кубическая (ГЦК);

б) объемноцентрированная кубическая (ОЦК);

в) гексагональная плотноупакованная (ГП) решетка

В кубической гранецентрированной решетке (ГЦК; $A1$) атомы расположены в вершинах куба и в центре каждой грани (рис. 1.2, б).

В кубической объемноцентрированной решетке (ОЦК; $A2$) атомы расположены в вершинах куба, а один атом – в центре его объема (рис. 1.2, а).

В гексагональной плотноупакованной решетке (ГП; А3) атомы расположены в вершинах и центре шестигранных оснований призмы, а три атома – в средней плоскости призмы (рис. 1.2, в). Для характеристики кристаллических решеток вводят понятия координационного числа и коэффициента компактности. Координационным числом называется число атомов, находящихся на наиболее близком и равном расстоянии от данного атома. Для ОЦК решетки координационное число равно 8, для решеток ГЦК и ГП оно составляет 12. Из этого следует, что решетка ОЦК менее компактна, чем решетки ГЦК и ГП. В решетке ОЦК каждый атом имеет всего 8 ближайших соседей, а в решетках ГЦК и ГП их 12.

Если принять, что атомы в решетке представляют собой упругие соприкасающиеся шары, то нетрудно видеть, что в решетке, помимо атомов, имеется значительное свободное пространство. Плотность кристаллической решетки, т. е. объем, занятый атомами, характеризуется коэффициентом компактности.

Коэффициент компактности Q равен отношению суммарного объема атомов, входящих в решетку, к объему решетки:

$$Q = \frac{4\pi R^3 n}{3V} \cdot 100,$$

где R – радиус атома (иона); n – базис, или число атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку; V – объем элементарной ячейки.

Для простой кубической решетки $n = (1/8) \cdot 8 = 1$; $V = a^3 = (2R)^3$, коэффициент компактности $Q = 52\%$.

Схема определения базиса ОЦК решетки приведена на рис. 1.3. На решетку ОЦК приходится два атома: один центральный и один как сумма от вершин куба, так как ячейке принадлежит $1/8$ атома от каждого угла.

Для ОЦК решетки $n = (1/8) \cdot 8 + 1 = 2$. Учитывая, что атомы соприкасаются по диагонали куба, длина которой равна 4 атомным радиусам, параметр решетки, а коэффициент компактности $Q_{\text{ОЦК}} = 68\%$.

Проведя аналогичные вычисления, найдем $Q_{\text{ГЦК}} = 74\%$, $Q_{\text{ГП}} = 74\%$.

Таким образом, решетки ГЦК и ГП более компактны, чем ОЦК.

Некоторые металлы при разных температурах могут иметь различную кристаллическую решетку. Способность металла существовать в различных кристаллических формах носит название полиморфизма или аллотропии. Принято обозначать полиморфную модификацию, устойчивую при более низкой температуре, индексом α (α -Fe), при более высокой индексом β , затем γ и т.д. Известны полиморфные превращения железа:

Fea «Feg (a-Fe « g-Fe), титана Tia « Tig (a-Ti « g-Ti) и других элементов.

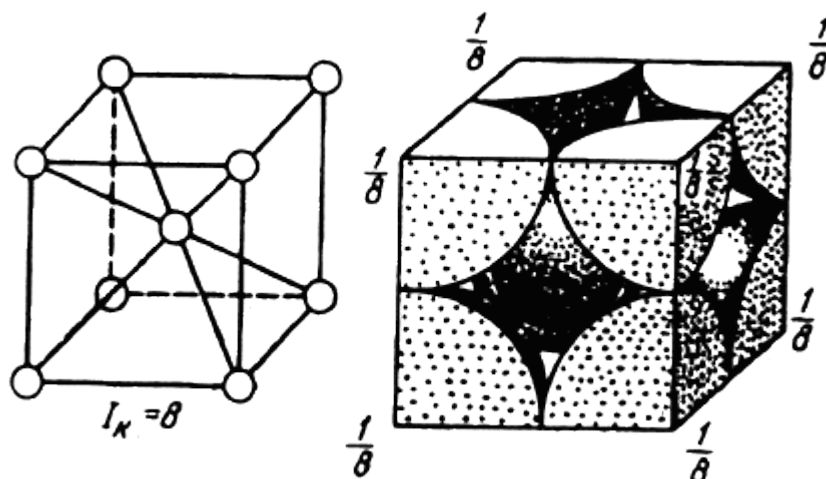


Рис. 1.3. Схема определения базиса ОЦК решетки

Температура превращения одной кристаллической модификации в другую называется температурой полиморфного превращения.

При полиморфном превращении меняются форма и тип кристаллической решетки. Это явление называется перекристаллизацией. Так, при температуре ниже 911°C устойчиво Fea, в интервале $911\text{--}1392^{\circ}\text{C}$ устойчиво Feg. При нагреве выше 911°C атомы решетки ОЦК перестраиваются, образуя решетку ГЦК. На явлении полиморфизма основана термическая обработка. При переходе из одной полиморфной формы в другую меняются свойства, в частности плотность и соответственно объем вещества. Например, плотность Feg на 3% больше плотности Fea, а удельный объем соответственно меньше. Эти изменения объема необходимо учитывать при термообработке.

Полиморфизм олова явился одной из причин гибели полярной экспедиции английского исследователя Р. Скотта. Оловом были запаяны канистры с керосином. При низкой температуре произошло полиморфное превращение пластичного белого олова с образованием хрупкого порошка серого олова. Горючее вылилось и испарилось, и на обратном пути экспедиция осталась без топлива. Превращение белого олова в серое называют «оловянной чумой». Свойства материалов зависят от природы атомов, из которых они состоят, и силы взаимодействия между ними. Аморфные материалы характеризуются хаотическим расположением атомов. Поэтому свойства их в различных направлениях одинаковы, или, другими словами, аморфные материалы изотропны. В кристаллических материалах расстояния между атомами в разных кристаллографических направлениях различны. Например, в ОЦК решетке в кристаллографической плоскости, проходящей через грань куба, находится всего один атом, так как четыре атома в вершинах

одновременно принадлежат четырем соседним элементарным ячейкам: $(1/4) 4 = 1$ атом. В то же время в плоскости, проходящей через диагональ куба, будут находиться два атома: $1 + (1/4) 4 = 2$.

Из-за неодинаковой плотности атомов в различных направлениях кристалла наблюдаются разные свойства. Различие свойств в кристалле в зависимости от направления испытания называется анизотропией.

Разница в физико-химических и механических свойствах в разных направлениях может быть весьма существенной. При измерении в двух взаимно перпендикулярных направлениях кристалла цинка значения температурного коэффициента линейного расширения различаются в 3-4 раза, а прочности кристалла железа – более чем в два раза. Анизотропия свойств характерна для одиночных кристаллов или для так называемых монокристаллов. Большинство же технических литых металлов, затвердевших в обычных условиях, имеют поликристаллическое строение. Они состоят из большого числа кристаллов или зерен. При этом каждое отдельное зерно анизотропно. Различная ориентировка отдельных зерен приводит к тому, что в целом свойства поликристаллического металла являются усредненными.

Поликристаллическое тело характеризуется квазиизотропностью – кажущейся независимостью свойств от направления испытания. Квазиизотропность сохраняется в литом состоянии, а при обработке давлением (прокатке, ковке), особенно, если она ведется без нагрева, большинство зерен металла приобретает примерно одинаковую ориентировку – так называемую текстуру, после чего металл становится анизотропным. Свойства деформированного металла вдоль и поперек направления главной деформации могут существенно различаться. Анизотропия может приводить к дефектам металла (расслою, волнистости листа). Анизотропию необходимо учитывать при конструировании и разработке технологии получения деталей.

Список использованной литературы:

1. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка). – М., 2003.
2. Черепяхин А.А. Материаловедение. – М., 2004.
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М., 2000.
4. Металловедение / Под ред. М.Н. Самоходского. – М., 2000.