Исследования структуры металлов в прошлом и современной науке

Изучение «несовершенств» реальных кристаллов было начато советским ученым Я. И. Френкелем, английским физиком Дж. Тейлором и венгром Е. Орованом, на работах которых основываются теперь все современные представления о влиянии дефектов кристаллической решетки на прочность металлов.

В чем же физическая причина возникновения дефектов в кристаллической решетке металла?

Находящиеся в узлах решетки ион-атомы не остаются неподвижными. Они колеблются с тем большей амплитудой, чем выше температура. Это движение не прекращается даже вблизи абсолютного нуля. При повышении температуры увеличивается средняя энергия большинства ион-атомов, причем в результате их взаимодействия друг с другом отдельные из них приобретают столь большую энергию, что могут покинуть положения равновесия. После этого они или странствуют внутри кристаллической решетки, или испаряются с поверхности металла в окружающее пространство. Блуждающие в решетке ион-атомы называют дислоцированными, а пустое место, откуда ушел ион-атом, — вакансией, или «дыркой».

При температуре, близкой к температуре плавления, число дислоцированных атомов достигает 1—2% от общего их количества.

Не только дислоцированный атом, но и «дырка» может перемещаться по кристаллической решетке. Чтобы яснее понять, как это происходит, представьте себе, что, скажем, в 10-м ряду кинозала пустует одно место в самой середине. Если каждый зритель этого ряда справа или слева от него станет передвигаться, занимая освобождающееся место, то это будет выглядеть так, словно перемещается само свободное место. Наконец, свободным местом окажется самое крайнее место в ряду. Так же и вакансия в кристаллической решетке движется до тех пор, пока не выйдет на поверхность кристалла.

Искажается кристаллическая решетка и из-за внедрения в нее атомов всевозможных

примесей, которые тоже не остаются неподвижными.

Так как атомы очень малы, то даже при небольшом процентном содержании примесей насчитывается огромное количество искажений кристаллической решетки. Не удивительно, что они сильно влияют на свойства материала. Например, достаточно 0,005% примеси серы в никеле, чтобы этот пластичный в чистом виде металл стал хрупким. Достаточно 0,001% примесей водорода или углерода в железе, чтобы оно стало хрупким уже вблизи комнатной температуры, в то время как чистейшее железо остается пластичным даже при температуре жидкого гелия (минус 268,8°С). Ничтожные примеси углерода делают хрупкими вольфрам и молибден, которым торгует в настоящее время биржа металлов. (Обо всем этом у нас еще будет речь впереди.) А свойства германиевого полупроводника изменяются даже тогда, когда имеется хотя бы один атом примеси на миллиард атомов германия! Также любые примеси в стали могут весьма существенно изменить вес стали.

На прочность и другие свойства металлических материалов влияет еще одна любопытная особенность некоторых металлов — их способность иметь различные кристаллические структуры в зависимости от внешних условий (температуры, давления и т. п.).