



МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

Авторы: А. Л. Ройтбурд, М. Н. Панкова

МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ, один из видов структурных фазовых переходов, при котором изменение взаимного расположения составляющих кристалл атомов (молекул) происходит в результате одновременного относит. смещения (сдвига) соседних атомов на расстояния, малые по сравнению с межатомным расстоянием. Перестройка кристаллич. решётки обычно сводится к деформации её элементарной ячейки, и конечная фаза М. п. (мартенситная фаза) может рассматриваться как однородно деформированная исходная фаза. Величина относит. деформации мала (порядка 10^{-1} – 10^{-2}) и соответственно мал (по сравнению с энергией связи частиц в кристалле) энергетич. барьер, препятствующий однородному переходу исходной фазы в конечную. М. п. является фазовым переходом 1-го рода; его параметром порядка служит деформация.

М. п. развивается путём образования и роста областей более стабильной фазы в исходной метастабильной. Необходимое условие М. п. – сохранение упорядоченного контакта между сосуществующими фазами. Упорядоченное строение межфазных границ при малости энергетич. барьера для однородного фазового перехода обеспечивает их малую энергию и высокую подвижность. При некотором отклонении от равновесия фаз избыточная энергия, необходимая для зарождения кристаллов новой фазы, становится сопоставимой с энергией дефектов, присутствующих в исходной фазе. Поэтому зарождение мартенситной фазы происходит с большой скоростью и может не требовать тепловых флуктуаций (т. н. нетермическое М. п.).

Внутр. напряжения, возникающие из-за упругого «приспособления» кристаллич. решёток соприкасающихся фаз, приводят к смещению равновесия взаимодействующих фаз относительно положения истинного термодинамич. равновесия для изолиров. фаз. Поэтому темп-ра начала М. п. может значительно

отличаться от темп-ры истинного равновесия.

Стремление к минимуму упругой энергии определяет внутр. структуру и взаимное расположение мартенситных кристаллов. Новая фаза образуется в форме тонких пластинок, определённым образом ориентированных относительно кристаллографич. осей исходной фазы. Часто пластинки не являются монокристаллами, а представляют собой пакеты двойниково-связанных плоскопараллельных доменов – областей новой фазы, различающихся ориентацией кристаллич. решётки (см. [Домены](#), [Двойникование](#)). Интерференция полей напряжений от разл. доменов приводит к их частичному уничтожению. Дальнейшее уменьшение упругих полей достигается за счёт формирования ансамблей из закономерно расположенных пластин.

Деформирование материала с такой структурой происходит в осн. за счёт смещения доменных границ («сверхупругость»). При нагреве мартенситная фаза превращается в исходную и тело восстанавливает первоначальную форму, которую оно имело до М. п. (эффект памяти формы).

Рост внутр. напряжений в процессе М. п. в определённых условиях приводит к установлению двухфазного термоупругого равновесия, которое обратимо смещается при изменении внешних условий: под действием механич. нагрузок или при изменении темп-ры размеры отд. кристаллов и их число изменяются.

Представленной картине М. п. достаточно полно отвечают М. п. в сплавах цветных металлов, но обычно эта картина искажается процессами пластич. релаксации – рождением и перемещением [дислокаций](#). Релаксация внутр. напряжений делает М. п. существенно необратимым: между прямым и обратным превращениями имеет место явление [гистерезиса](#). Чем больше степень релаксации, тем при меньших отклонениях от точки истинного равновесия фаз может проходить М. п., но тем меньше его скорость и менее отчётливо проявляется характер исходной и конечной фаз. В одном и том же материале в зависимости от степени отклонения от точки истинного равновесия фаз и скорости релаксации наблюдаются разл. кинетич. варианты М. п. (нетермич. или изотермич.). Поскольку сопротивление материала деформации уменьшается с повышением темп-ры, характерные особенности М. п. при высоких темп-рах проявляются слабее, чем при низких. М. п. родственны сегнетоэластич.

переходы (см. [Сегнетоэластики](#)), для которых параметром порядка также служит деформация, но они, в отличие от М. п., являются фазовыми переходами 2-го рода.

М. п. обнаружены во многих кристаллич. материалах, но наиболее полно изучены в сплавах на основе Fe в связи с практич. значением закалки стали. Возникающая при закалке стали фаза – [мартенсит](#) – дала назв. всему классу превращений. В сочетании с диффузионным перераспределением компонентов и изменением атомной структуры М. п. составляют основу многочисл. структурных превращений, благодаря которым с помощью термич. и механич. обработки кристаллич. материалов осуществляется направленное изменение их свойств. Изменение формы при М. п. также находит практич. применение.

Литература

Лит.: Курдюмов Г. В., Утевский Л. М., Энтин Р. И. Превращения в железе и стали. М., 1977; Варлимонт Х., Дилей Л. Мартенситные превращения в сплавах на основе меди, серебра и золота. М., 1980; Лободюк В. А., Эстрин Э. И. Мартенситные превращения. М., 2009.