

ной кристаллографич. ориентировки исходной и мартенситной фаз образуются лишь те, для к-рых работа внеш. сил имеет наиб. значение. Когда деформации подвергается образец в мартенситном состоянии (в интервале темп-р ниже M_K), под действием приложенных напряжений происходит передвойникование мартенситных кристаллов или их переориентация, что приводит к макроскопич. формоизменению. При нагреве в интервале темп-р обратного превращения восстанавливается структура и ориентировка кристаллов исходной фазы, что сопровождается восстановлением макроскопич. формы и размеров. Для данной системы интервал темп-р обратного мартенситного превращения, а следовательно, и интервал темп-р восстановления формы, зависит от состава сплава и может в широких пределах изменяться при изменении содержания осн. и легирующих элементов. На рис. 1 приведён график изменения линейных размеров образца из сплава Cu — Al — Ni под действием небольшой пост. нагрузки при охлаждении и нагреве. Мартенситное превращение в интервале темп-р $M_H — M_K$ сопровождается постепенным удлинением образца до полного перехода исходной фазы в мартенситную. Обратное превращение, происходящее с небольшим температурным гистерезисом в интервале темп-р $A_H — A_K$, сопровождается полным восстановлением исходной формы образца.

Деформация при темп-ре, превышающей A_K , также может приводить к образованию кристаллов мартенсита. Последующее уменьшение и снятие напряжений вызывает (с нек-рым гистерезисом по напряжению) уменьшение и исчезновение этих кристаллов, восстанавливается стабильная при этих темп-рах в отсутствие напряжений высокотемпературная фаза, а следовательно, и исходная форма образца. П. ф., к-рая наблюдается при пост. темп-ре, получила назв. сверхупругости, аномальной упругости, сверхэластичности. На рис. 2 приведена типичная кривая $\sigma — \epsilon$ при нагружении и разгрузке монокристалла сплава Cu — Al — Ni при темп-ре выше A_K . Нач. линейный участок кривой

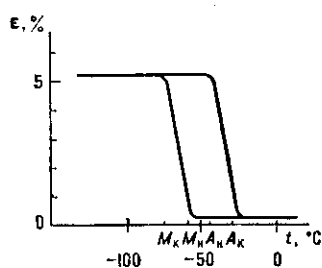


Рис. 1. Изменение длины образца из сплава Cu — Al — Ni при охлаждении и нагреве под действием постоянной нагрузки $\sigma = 20$ МПа.

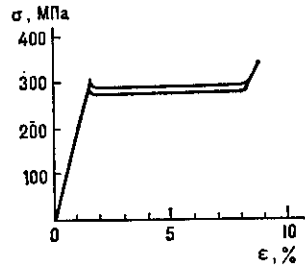


Рис. 2. Диаграмма растяжения монокристалла из сплава Cu — Al — Ni при комнатной температуре. Ориентировка оси растяжения $\langle 100 \rangle_{\beta_1}$, $M_H = 100^\circ\text{C}$.

соответствует упругой деформации. Дальнейшее формоизменение обусловлено фазовым переходом. С повышением темп-ры деформации напряжение, при к-ром начинается мартенситное превращение, линейно возрастает в соответствии с ур-нием типа Клапейрона — Клаузиуса:

$$\frac{d\sigma}{dT} = \frac{\Delta H}{T\epsilon}$$

где ΔH — теплота фазового превращения, ϵ — деформация, связанная с полным превращением в мартенсит.

Под действием внеш. напряжений кроме мартенситной фазы, идентичной образующейся при охлаждении, как выше, так и ниже A_K могут возникать фазы, нестабильные в отсутствие внеш. сил. Так, в монокристаллах сплава Cu — Al — Ni наблюдалась сверхупругость, обусловленная образованием ряда метастабильных фаз. За счёт образования и последующего исчезновения этих

фаз в процессе нагружения и разгрузки, при соответствующей ориентировке монокристалла, обратимая деформация при пост. темп-ре достигает 25%.

Нек-рые способы термич. и механич. обработки позволяют иницировать т. н. обратимую П. ф. Так, деформация высокотемпературной фазы и многократный обратимый фазовый переход при охлаждении и нагреве под нагрузкой, а также нек-рые др. варианты комбинации деформации и термич. обработки приводят к последующему самопроизвольному (без внеш. нагрузки) изменению формы при охлаждении и её восстановлению при нагреве. Этот эффект обусловлен тем, что в исходной фазе образуются определённым образом закономерно ориентированные дефекты, к-рые являются эффективными центрами зарождения мартенситных кристаллов с преимуществ. ориентировкой. Величина деформации в этом случае существенно меньше и не превышает неск. %.

В сплавах с большим температурным гистерезисом мартенситного превращения наблюдается лишь частичное восстановление формы. К таким сплавам можно отнести Nb — Ni, Fe — Mn, нержавеющей сталь и др. В них уже небольшие противодействующие напряжения исключают восстановление формы. Это связано с тем, что, во-первых, мартенситные фазы в этих сплавах обладают высокой симметрией, что допускает протекание обратного превращения по путям, отличным от прямого превращения. Во-вторых, образование мартенсита даже в отсутствие напряжения в этих сплавах сопровождается необратимым процессом возникновения и перемещения полных дислокаций.

Сплавы с П. ф. получают всё более широкое распространение в технике для изготовления термочувствит. силовых элементов, трубчатых и др. разьёмных и неразьёмных соединений, исключая необходимость применения сварки и пайки, а также в медицине в качестве разл. фиксаторов при переломах и для др. целей.

Лит.: Корнилов И. И., Белоусов О. К., Качур Е. В., Никелия титана и другие сплавы с эффектом «памяти», М., 1977; Эффект памяти формы в сплавах, пер. с англ., М., 1979; Тихонов А. С., Герасимов А. П., Прохорова И. И., Применение эффекта памяти формы в современном машиностроении, М., 1981; Лихачев В. А., Кузьмин С. Л., Каменцева З. П., Эффект памяти формы, Л., 1987. В. В. Мартынов, Л. Г. Хандрос.

ПАР — газообразное состояние, в к-рое переходит вещество в результате испарения, сублимации или кипения. Процесс перехода конденсиров. вещества в П. наз. *парообразованием*. Обычно П. находится в контакте с конденсиров. фазой. Понятия газа и пара почти полностью эквивалентны; к газам относят вещества при темп-ре выше критической (см. *Критическая точка*), поэтому при повышении давления газ не переходит в конденсиров. состояние. Процесс конденсации возможен лишь из парообразного состояния, т. е. при темп-ре ниже критической.

П. индивидуальных хим. веществ и их смесей, растворов, расплавов и т. п. состоит из смеси отд. молекул (атомов) и ассоциров. комплексов (*кластеров*), макс. число частиц в к-рых растёт с ростом давления П. Состав П. определяется только экспериментально, гл. обр. методами масс-спектрометрии, он не всегда совпадает с составом конденсиров. фазы, а для сложных веществ эти составы всегда различны. Равновесные состояния паровой и конденсиров. фаз описываются *диаграммами состояний*, к-рые строят по эксперим. данным.

Между П. и конденсиров. фазой осуществляется пост. обмен молекулами (атомами). При динамич. равновесии испаряющийся поток молекул каждого сорта равен обратному потоку данных молекул в конденсиров. фазу. Условно, при к-рых достигается динамич. равновесие в системе П. — конденсиров. фаза, — замкнутость объёма, постоянство темп-ры и *парциальных давлений* всех компонент, т. е. система должна быть термодинамически «закрытой». П., находящийся в равновесном состоянии, наз. *насыщенный*.