

- [6] Сплицын А. И., Менде Ф. Ф., Личман Е. А., Чаркин В. А. Ден. в ВИНИТИ. Харьков, 1987. № 1376-B87. 33 с.
 [7] Mauban J., Mundel E. // IEEE Transaction. 1965. Vol. ANE-12. N 2. P. 148—166.
 [8] Рябов А. Б. // Электричество. 1969. № 4. С. 71—73.
 [9] Урман Ю. М. // Изв. вузов. Приборостроение. 1973. Т. 16. С. 72—76.

Физико-технический
 институт низких температур
 АН УССР
 Харьков

Поступило в Редакцию
 25 января 1988 г.

ДЕФОРМАЦИЯ ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ НАВОДОРОЖИВАНИИ МЕТАЛЛОВ Va ГРУППЫ

М. Я. Кац, Л. В. Спивак

Высокий коэффициент диффузии водорода в металлах Va группы при комнатной температуре позволяет создавать уникальные ситуации, при которых одна и та же система может вести себя и как замкнутая, и как открытая. Микродеформация при наводороживании и эффект памяти формы (ЭПФ) в ванадии и ниобии [1, 2] — частные случаи таких ситуаций.

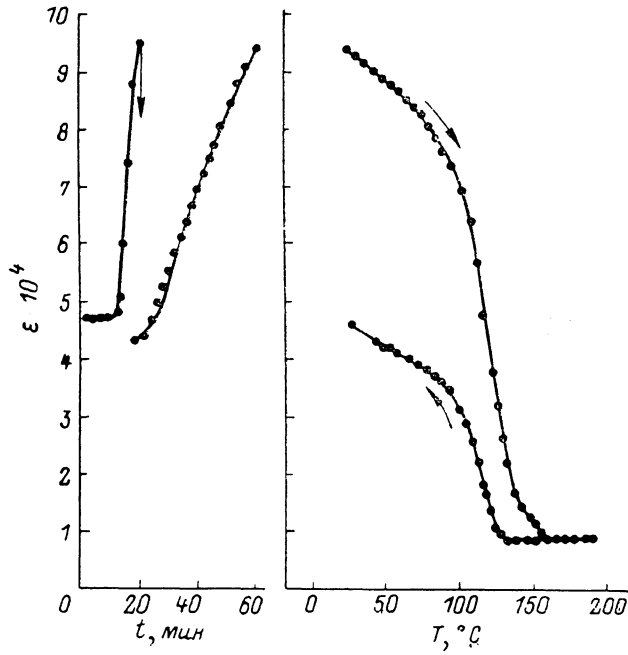


Рис. 1. Влияние продолжительности наводороживания под нагрузкой (20 МПа) и после снятия нагрузки (стрелки) на деформацию ванадия и эффект памяти формы при последующем нагреве и охлаждении наводороженного сплава. Плотность катодного тока 200 А/м².

В основе ЭПФ обычно лежит направленный рост кристаллографически упорядоченных фаз при температурно-силовом воздействии [3]. Реализуемый при этом эффект пластичности превращения (ЭПП) представляет собой накопление деформации прямого мартенситного превращения при охлаждении под нагрузкой через температурный интервал фазового перехода. Считается, что если на каком-то этапе охлаждения снять ориентирующее поле внешних напряжений, то прекратится и накопление деформации. В действительности дело не всегда обстоит так просто. Первоначально на сплавах Mn—Cu [4], а затем TiNiCu и TiNiFe [5, 6] было обнаружено, что накопление деформации часто имеет место и после удаления внешней нагрузки. В работе [3] этот эффект классифицируется как деформация ориентированного пре-

вращения (ДОП). Попытки наблюдения ДОП в других сплавах пока к успеху не привели.

Объектом исследования служили проволочные отожженные поликристаллические [образцы (диаметр 0.5 мм) технически чистых ванадия, тантала и ниобия. Упругую деформацию кручением и электролитическое наводороживание в InH_2SO_4 осуществляли на установке типа обратного крутильного маятника. Точность измерения микродеформации 0.5×10^{-6} . Скорость нагрева образцов после наводороживания 0.5 К/мин.

На первом этапе наводороживания V под нагрузкой (рис. 1) после некоторого инкубационного периода начинается деформация образца. Активизация деформации связана [1, 2] с достижением концентрации водорода, при которой начинается образование гидроксида ванадия. После снятия нагрузки продолжение наводороживания ведет к дальнейшему развитию деформации, направление которой совпадает с направлением деформации на первом этапе насыщения металла водородом. Темп накопления деформации на втором этапе заметно меньше, чем при наводороживании в поле напряжений, но в этом случае можно достигнуть тех же

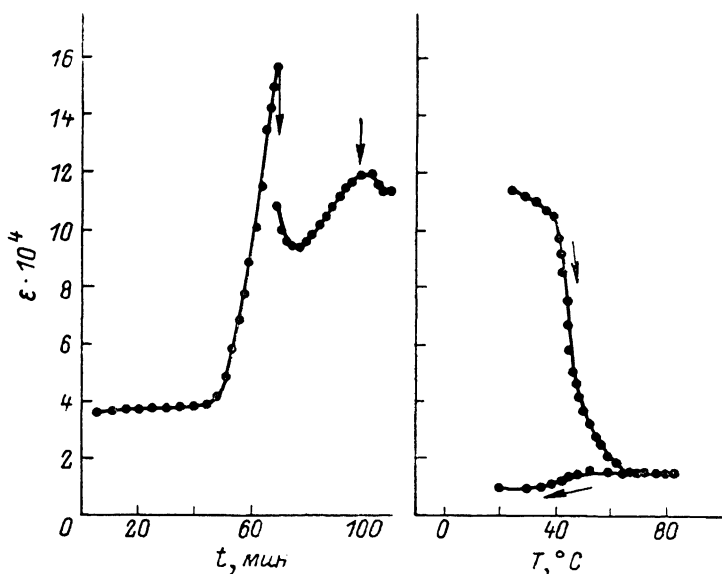


Рис. 2. Влияние продолжительности наводороживания тантала под нагрузкой (20 МПа) и после снятия нагрузки (стрелки) на деформацию тантала и эффект памяти формы при последующем нагреве и охлаждении наводороженного сплава. Маленькая стрелка — момент прекращения наводороживания. Плотность катодного тока 500 А/м².

величин деформаций, которые имели место на первом этапе. Таким образом, впервые обнаружена ДОП в системе V—H. Принципиальным отличием от [4–6] является то, что в нашем случае ДОП реализуется в открытой системе, когда при постоянстве температурно-силового поля изменяются величина и конфигурация поля концентрационного.

При нагреве наводороженного образца V (рис. 1) наблюдается деформация в направлении, которое противоположно деформации металла при наводороживании. Эта деформация есть проявление ЭПФ, реализуемого в нетрадиционной схеме его наблюдения. Величина деформации ЭПФ практически равна деформации образца, накопленной им при наводороживании, и представляет собой сумму деформации металла на первом и втором этапах насыщения металла водородом. При последующем охлаждении наблюдается деформация обратного знака, но она меньше той, которая имела место при нагреве наводороженного образца. По сути здесь наблюдается частично обратимый ЭПФ [3].

Результаты исследования показали существование хорошо воспроизводимого эффекта ДОП и при наводороживании Ta (рис. 2). Отличие от V сводится в основном к уменьшению темпа накопления деформации на первом этапе наводороживания, снижению величины ДОП и уменьшению деформации ЭПФ. В Nb также обнаружена ДОП, но ее величина существенно меньше, чем в V и Ta. Одна из главных причин отмеченного расхождения в поведении V, Ta и Nb связана с заметными различающимися тетрагональностями гидридных фаз перечисленных металлов. Для β -фаз степени тетрагональности равны соответственно 1.1, 1.01 и 1.001 [7]. Не последнюю роль, по-видимому, должна играть и специфика фазовых переходов в системах Me—H, что особенно важно для Nb. Так, при электролитическом наводороживании выделению β -фазы предшествует появление обогащенной водородом α' -фазы.

Таким образом, при наводороживании металлов Va группы обнаружена ДОП, величина и темп вакопления которой определяются природой металла, типом образующихся гидридных фаз, условиями насыщения металла водородом. Наличие ДОП, помимо прочего, является одним из самых весомых доказательств того, что определяющим механизмом микродеформации при наводороживании металлов Va группы является ориентированный, согласованный с действующим на образец направлением поля напряжений характер выделений гидридной фазы. Механизм ДОП связан, по-видимому, с возникновением новых фаз и подрастанием уже сформировавшихся гидридных частичек в самосогласованном поле внутренних напряжений, анизотропия которого тесно связана с анизотропией образующихся в данной системе гидридных фаз.

Литература

- [1] Гельд П. В., Кац М. Я., Спивак Л. В. // ДАН СССР. 1986. Т. 286. № 1. С. 106—108.
- [2] Кац М. Я., Скрыбина Н. Е., Спивак Л. В. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 12. Вып. 1. С. 21—24.
- [3] Лихачев В. А. // Изв. вузов. Физика. 1986. № 5. С. 21—40.
- [4] Винтайкин Е. З., Литвин Д. Ф., Макушев С. Ю., Удовенко В. А. // ДАН СССР. 1976. Т. 229. № 3. С. 597—600.
- [5] Кузьмин С. Л., Лихачев В. А., Шиманский С. Р., Чернышенко Л. И. // ФММ. 1984. Т. 57. Вып. 3. С. 612—614.
- [6] Лихачев В. А., Патрикеев Ю. И., Щуплецов В. Н. // ФММ. 1986. Т. 61. Вып. 1. С. 121—126.
- [7] Koiva M., Yoshinari O. // Acta Metall. 1983. Vol. 31. N 12. P. 2073—2081.

Институт механики сплошных сред
Уральский научный центр АН СССР
Пермь

Поступило в Редакцию
27 января 1987 г.