

Рис. 2. Изменение микротвердости МС от температуры отжига при индентировании на подложке: $P = 60$ г

При $T_{от} \leq 623$ К разрушение МС не наблюдается (рис. 1), реализуется состояние $\varepsilon = 1$. Это достигается за счет пластической деформации, которая, в частности, проявляется в виде развития многочисленных полос деформации.

Из рис. 1 следует, что заметная потеря пластичности начинается при $T_{от} = 673$ К. В результате механических испытаний происходит образование магистральных трещин, ведущих к разрушению образцов. Таким образом, установлена температура перехода в хрупкое состояние: $T_f \approx 648$ К.

При повышении температуры отжига ε падает. Потеря пластичности приводит к потере вязкости разрушения и, соответственно, к возрастанию хрупкости. Предполагается, что снижение пластичности является следствием уменьшения подвижности атомов, обусловленным образованием в процессе структурной релаксации более стабильной структуры с близким порядком. Температура отжига $T_{от} \approx 873$ К, соответствующая максимальному охрупчиванию (минимальной

пластичности), связана с переходом образцов в дисперсное субмикроструктурное состояние. Это значение температуры совпадает с литературными данными, при которых происходит кристаллизация.

2. Исследован характер изменения микротвердости МС от температуры отжига при индентировании на подложке (рис. 2).

На представленном рис. 2 видно, что при температуре отжига выше 723 К наблюдается значительное возрастание твердости. В результате термической обработки микротвердость МС начинает увеличиваться, температура начала этого роста близка к температуре кристаллизации. Возрастание твердости связано с сегрегацией примесей у границ зерен поликристаллического сплава, образовавшегося после кристаллизации МС. Данное явление приводит к упрочнению материала при высоких температурах отжига.

Таким образом, в данной работе показан аномальный ход зависимости пластичности и микротвердости МС в интервале температур $T \sim 750-900$ К, близком к температуре кристаллизации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федоров В.А., Ушаков И.В., Чермякова Н.Е. Сравнительный анализ изменения пластичности отожженного металлического стекла // методом и методом микроиндентирования // *Материаловедение*. 2003, № 8. С. 21-24.
2. Федоров В.А., Чермякова Н.Е., Капустин А.Н. Методические аспекты измерения механических характеристик лент металлического стекла при микроиндентировании // *Современные достижения физики и фундаментальное физическое образование*, тез. докл. Четвертая междунар. науч. конф. 5-7 окт. 2005 г., Алматы, Казахстан. Алматы, 2005. С. 89.
3. Глезер А.М., Малютин Ю.В., Утевская О.Л. Структурные причины отпусковой хрупкости аморфных сплавов типа металл-металлоид // *ФММ*. 1984, Т. 58, № 5. С. 991-1000.

Поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВОЙНИКОВАНИЯ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ОЦК СПЛАВЕ Fe + 3,25 % Si

© В.А. Федоров, Т.Н. Плужникова, А.М. Кириллов

Feodorov V.A., Pluzhnikova T.N., Kirillov A.M. Characteristics twinning in a polycrystalline alloy Fe + 3.25 % Si. Quantitative characteristics of intensity twinning, accompanying destruction of two alloys Fe+3,25%Si differing in the size of a grain, in a wide interval of temperatures of test (290–370 K) are experimentally investigated at various speeds of deformation. Existence of critical parameters is shown: the size of a grain and loading rate at which twinning it is not observed. The contribution twinning in the general relative deformation is determined.

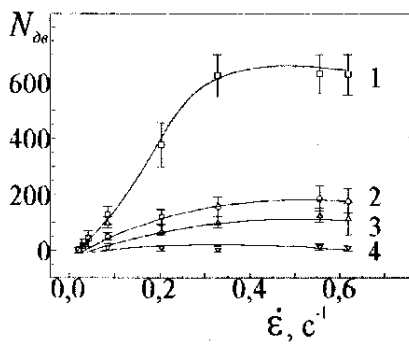
Двойникование в определенных условиях является одним из видов пластической деформации кристаллов с различными типами решеток [1]: это пониженные температуры и высокие скорости деформирования. В металлах наряду с двойникованием имеет место скольжение, и эти процессы, как правило, протекают одновременно, а в поликристаллических сплавах связаны с ориентацией отдельных зерен в деформируемой области и с размерами самих зерен.

Цели работы: 1) исследовать влияние температуры и скорости деформирования на интенсивность двойни-

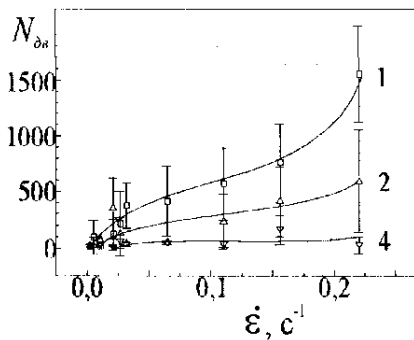
кования поликристаллических сплавов Fe + 3,25 % Si, отличающихся разным набором зерен; 2) оценить вклад двойникования в общую относительную деформацию образцов в исследуемом интервале температур.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования проводили на двух типах поликристаллического ОЦК сплава Fe + 3,25 % Si, различающихся размерами зерен. Плоские образцы толщиной 0,35 мм вырезались в форме двойной лопатки с разме-

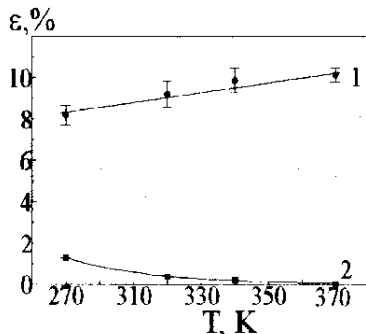


а)

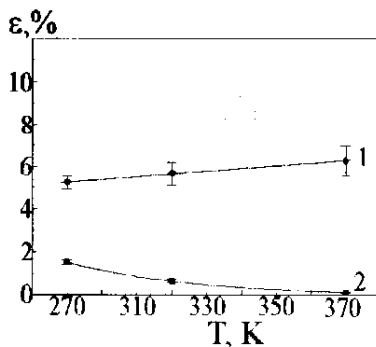


б)

Рис. 1. Зависимости интенсивности двойниковогообразования от скорости деформирования: а) для первого типа образцов; б) для второго типа образцов. 1 – $T = 290$ К; 2 – $T = 320$ К; 3 – $T = 340$ К; 4 – $T = 370$ К



а)



б)

Рис. 2. Зависимость общей относительной деформации (1) и деформации двойниковогообразования (2) от температуры для первого – а) и второго – б) типов образцов

ром рабочей зоны 10×30 мм. Рабочую поверхность образцов готовили как металлографический шлиф. Зеренную структуру выявляли химическим травлением.

В образцах $\sim 80\%$ всех зерен имели размеры в пределах $0,1 \div 3$ мкм и $1,5 \div 9$ мкм, для первого и второго типов соответственно. Среднестатистические размеры зерна $d_{cp1} = 1,42$ мкм и $d_{cp2} = 3,55$ мкм. Образцы подвергали растяжению на машине Instron-5565 с относительной скоростью деформирования $\dot{\epsilon} \approx 0,013 \div 0,66$ с $^{-1}$ для первого типа образцов и для второго типа образцов со скоростью $\dot{\epsilon} \approx 0,003 \div 0,22$ с $^{-1}$. Нагрев осуществлялся в температурном интервале $290 \div 370$ К. Во всех испытаниях при различных режимах деформирования снимали диаграмму нагрузка – деформация.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что в изучаемых интервалах скоростей деформирования и температур количество двойников возрастает с увеличением скорости деформирования (рис. 1). Экспериментально установлена некоторая критическая скорость деформирования $\dot{\epsilon}_{кр}$, зависящая от температуры и размеров зерен. При деформировании со скоростями $\dot{\epsilon} < \dot{\epsilon}_{кр}$ двойниковообразование в образцах с отмеченными наборами зерен не наблюдалось.

Рис. 2а и 2б отражают сравнительный вклад двойниковогообразования (2) в общую относительную деформацию (1) для образцов первого и второго типа образцов при скорости деформирования $\dot{\epsilon} = 0,2$ с $^{-1}$. Оценку деформации двойниковогообразования проводили по формуле, основанной на дислокационной модели двойника в ОЦК-решетке, предложенной в работе [2], а величину общей относительной деформации определяли по диаграмме нагрузка – деформация.

В ряде случаев при деформации образцовывалась значительная утяжка образцов, обусловленная пластическим течением без двойниковогообразования материала. Это связано с расположением в рабочей зоне образца крупного зерна, благоприятно ориентированного для развития в нем скольжения (высокие значения фактора Шмида). В нем также более низкие напряжения скольжения в соответствии с соотношением Холла-Петча.

Существование минимальной скорости деформирования, сопровождающейся двойниковообразованием, связано с динамической устойчивостью зародышей двойниковогообразования, формирующихся по механизму Пристнера – Лесли [3], а также с ростом температуры понижаются стартовые напряжения скольжения, в связи с чем для диссоциации зародыша двойника потребуется меньшее время, что проявляется в росте $\dot{\epsilon}_{кр}$. Подобное влияние оказывает и рост размера зерна.

ВЫВОДЫ

1. В интервале температур $290 \div 370$ К определены критические скорости деформирования, зависящие как от размеров зерен, так и от температуры испытаний. Двойниковообразование не наблюдается при скоростях деформирования менее критических.

2. Установлено, что в образцах с более крупным размером зерна интенсивность двойниковогообразования, как и

вклад двойникования в общую относительную деформацию выше, чем в образцах с меньшим зерном при одинаковой относительной скорости деформирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фиксель В. М. Физика разрушения. М.: Металлургия, 1970. 376 с.
2. Моисеев В.Ф., Трефилов В.И. Пластичность при двойниковании // Физическая природа пластической деформации и разрушения металлов. Киев: Наук. думка, 1969. С. 7-15.

3. Priestner R., Leslie W.C. Nucleation of Deformation Twin at Slip Plane Intersections in b. c. c. Metals // Phil. Mag. 1965. V. 11. № 113. P. 895-916.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №05-01-00759, №06-01-96320р).

Поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

ВЛИЯНИЕ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

© В.А. Федоров, Т.Н. Плужникова, Р.А. Кириллов, А.В. Чиванов, М.В. Чемеркина

Fedorov V.A., Plushnikova T.N., Kirillov R.A., Chivanov A.V., Chemerkina M.V. Influence of electromagnetic radiation on movement of dislocation in ionic crystals. Influence of electromagnetic radiation of a ultra-violet range on the movement of dislocations in ionic crystals is investigated. It is presupposed that the interaction of dislocations with low-energy exciton forms the basis of the effects observed.

Воздействие ультрафиолетового (УФ) излучения на вещество сопровождается различными эффектами: упрочнением металлов [1], характерной окраской ЦГК [2] после совместного воздействия УФ излучения и ударной волны [3], изменением химического состава пленок фоторезисторов под действием импульсного УФ излучения [4], гашением магнитопластического эффекта [5] и т. д. До настоящего времени исследования взаимодействия УФ излучения с веществом не потеряли своей актуальности как в научном плане, так и в прикладных направлениях.

Цель работы: экспериментально исследовать влияние УФ излучения на движение скользящих дислокаций в ионных кристаллах путем установления зависимости длины дислокационных лучей краевой и винтовой ориентации в дислокационных «розетках», образующихся при индентировании, от времени совместного воздействия нагрузки и УФ излучения.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования влияния ультрафиолетового излучения на изменение дислокационной структуры проводили на оптически прозрачных монокристаллах LiF, NaCl с количественным содержанием примесей от 10^{-2} до 10^{-3} вес.%. Из крупных блоков выкалывались образцы размерами $10 \times 10 \times 2$ мм.

В экспериментах исследовали зависимости длины лучей дислокационных розеток винтовой и краевой ориентации, полученных воздействием индентора ПМТ-3 (пирамида Виккерса) при фиксированных нагрузках 10, 20, 40 г, от величины и времени воздействия нагрузки при одновременном ультрафиолетовом облучении образцов. Для облучения монокристаллов ультрафиолетовыми лучами применялась установка, в основе которой использовалась ртутно-кварцевая лампа ПРК-2. Время облучения: 1, 3, 5, 20, 40 и 60 мин.

Были построены характерные зависимости длины лучей дислокационных розеток от времени облучения (рис. 1, 2). Для этого на контрольных образцах строи-

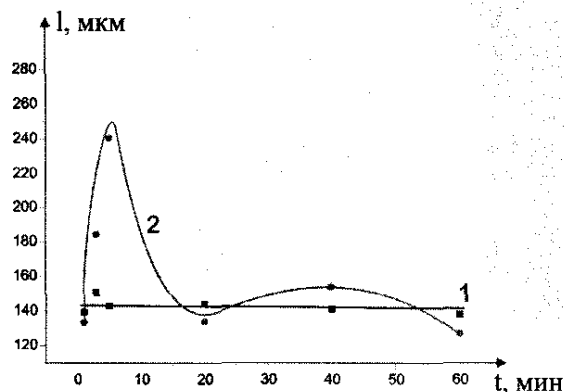


Рис. 1. Зависимость изменения длины лучей розеток, содержащих краевые дислокации в кристаллах LiF от времени воздействия УФ-излучения и нагрузки 10 г – 2; кристалл, нагружаемый без облучения – 1

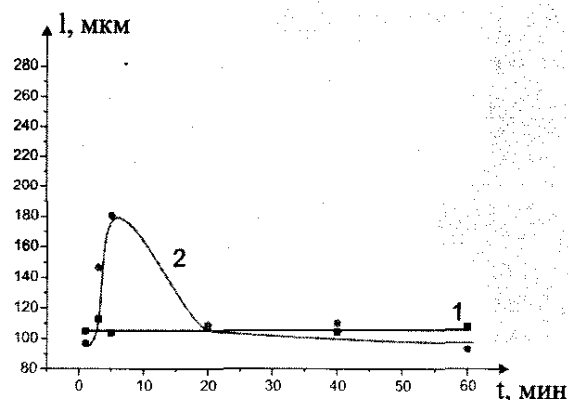


Рис. 2. Зависимость изменения длины лучей розеток, содержащих винтовые дислокации в кристаллах LiF от времени воздействия УФ-излучения и нагрузки 40 г – 2; кристалл, нагружаемый без облучения – 1.