УДК 538.911; 548.4; 620.192.63

DOI: 10.17223/00213411/64/6/125

И.И. СУХАНОВ, А.Н. ТЮМЕНЦЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОТОКАМИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В ПОЛЯХ ВЫСОКИХ ЛОКАЛЬНЫХ ГРАДИЕНТОВ ДАВЛЕНИЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ *

В рамках квазивязкого механизма пластической деформации потоками неравновесных точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов давления изучены особенности продвижения фронта нанополос переориентации кристаллической решетки. Проведен теоретический анализ скоростей точечных дефектов и носителей ротационной моды деформации – нанодиполей частичных дисклинаций в зависимости от типа точечных дефектов (вакансии и межузельные атомы), температуры деформации, особенностей дисклинационной структуры и упруго напряженного состояния на фронте распространения нанополос. Показана возможность одновременной реализации мартенситной и квазивязкой мод деформации на этом фронте. Проведены оценки эффективного коэффициента вязкости для различных энергий активации миграции и температур. Установлена важная роль высоких локальных моментов или градиентов полей напряжений при реализации ротационной моды деформации. Показано, что в условиях высоких локальных полей напряжений вязкость материала может достигать значений, близких к вязкости жидких стекол.

Ключевые слова: *пластическая деформация, внутренние напряжения, точечные дефекты, вязкость, диффузия.*

Введение

Одной из наиболее актуальных фундаментальных проблем современного материаловедения является изучение неравновесных наноструктурных состояний в различных металлических системах. Значительный интерес к этой проблеме во многом связан с описанием процессов формирования указанных выше состояний, закономерностей пластической деформации и разрушения нанокристаллических материалов. Важной особенностью неравновесных наноструктурных состояний являются высокие (неоднородные) локальные внутренние напряжения, при которых возможна кардинальная перестройка кристаллической решетки в процессе структурно-фазовой трансформации на наномасштабном структурном уровне. В работах [1, 2] после интенсивной пластической деформации на наковальнях Бриджмена в широком классе металлических материалов (чистом Ni, сплавах на основе V, твердом растворе Mo–Re и т.д.) обнаружены нанополосы локализации деформации с переориентацией кристаллической решетки размерами (шириной) от нескольких единиц до нескольких десятков нанометров. При этом распространение фронта нанополосы переориентации описывается движением носителей ротационной моды деформации – ансамблей нанодиполей частичных дисклинаций [3]. В этом случае наиболее предпочтительными механизмами пластической деформации и аккомодации решетки могут выступать механизмы квазивязкого массопереноса потоками неравновесных точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов напряжений.

В данной работе на основе анализа упруго-напряженного состояния нанодиполей проведена оценка скоростей квазивязкой моды деформации и эффективного коэффициента вязкости в зависимости от температуры и типа точечных дефектов (вакансии и межузельные атомы).

Результаты и их обсуждение

Обнаруженные в [3] нанополосы переориентации при размерах от нескольких единиц до нескольких десятков нанометров характеризуются высокой (до нескольких сотен град/мкм) упругой кривизной кристаллической решетки. Пластическая аккомодация таких структурных состояний связана со значительными эффектами интенсивного массопереноса. Эти эффекты могут быть реализованы в рамках квазивязкого механизма деформации (рис. 1, а) [1, 2]. В этом случае переориентация кристаллической решетки в нанополосе осуществляется путем квазивязкого массопереноса из областей сжатия в области растяжения потоками неравновесных (генерируемых при пластической деформации) точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов давления. При малых углах переориентации кристаллической решетки (до нескольких градусов) выражения для

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, номер FWRW-2021-0008.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>