

УДК 539.37

DOI: 10.17223/00213411/63/4/139

Т.А. КОВАЛЕВСКАЯ^{1,2}, О.И. ДАНЕЙКО^{1,2}, Т.А. ШАЛЫГИНА¹**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ УПРОЧНЯЮЩИХ НЕКОГЕРЕНТНЫХ ЧАСТИЦ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДЕФЕКТНОЙ СТРУКТУРЫ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЁННЫХ СПЛАВОВ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЕ ***

С использованием математического моделирования проведено исследование влияния диаметра некогерентных упрочняющих сферических частиц в диапазоне от нано- до микроразмеров на формирование и эволюцию в процессе пластической деформации дефектной структуры дисперсно-упрочнённых кристаллических материалов с алюминиевой матрицей. Выявлено, что формирование и накопление в зоне сдвига различных видов дислокаций в значительной мере определяется размером упрочняющих частиц. Показано, что для материалов, содержащих микроразмерные упрочняющие частицы, прочностные свойства уменьшаются с ростом размера частиц в пределах одной объёмной доли.

Ключевые слова: дисперсно-упрочнённые материалы, пластическая деформация, математическое моделирование, деформационное упрочнение, плотность дислокаций.

Введение

Современное состояние науки требует создания новых материалов для использования в промышленности и военной технике. Актуальным остаётся применение композитов на основе металлической матрицы, упрочнённой второй фазой. В работе использовалась математическая модель пластической деформации скольжением дисперсно-упрочнённых материалов с алюминиевой матрицей и некогерентными недеформируемыми сферическими частицами [1–3], позволившая исследовать процессы деформационного упрочнения и эволюции деформационной дефектной среды [4–8]. В модели предполагается, что все деформационные дефекты равномерно распределены в объёме деформируемого тела. Дислокационная подсистема включает матричные сдвигообразующие дислокации, которые накапливаются по границам зоны сдвига, кольца Орована [9–12], призматические петли [13–16], дипольные конфигурации [1, 17], которые формируются внутри зоны сдвига, вблизи некогерентных частиц. При этом начало формирования дислокационных дипольных структур определяется достижением некоторой критической плотности дислокаций ρ_c , величина которой зависит от масштабных характеристик упрочняющей фазы [1]. Дефектная подсистема также включает точечные дефекты: межузельные атомы, вакансии и бивакансии [17], которые в процессе деформации взаимодействуют друг с другом и с дислокациями различного типа. Математическая модель включает уравнения баланса деформационных дефектов [18], а также дополнение уравнением, связывающим скорость деформации с приложенным воздействием и характеристиками дефектной среды [9].

Решение системы уравнений численными методами позволило получить зависимости плотностей дислокаций различного типа и напряжение течения от степени деформации. Начальные плотности дислокаций и концентрации точечных дефектов задавались согласно [3, 7]. Скорость деформации задавалась равной 10^{-3} с^{-1} , температура – 293 К. Проведено теоретическое исследование поведения кривых течения и эволюции составляющих дислокационной подсистемы в процессе пластической деформации дисперсно-упрочнённых сплавов с алюминиевой матрицей, содержащих различное количество упрочняющих некогерентных частиц, размеры которых варьируются в диапазоне от нано- до микроразмеров.

Результаты исследований

Математическое моделирование проводилось для малой объёмной доли упрочняющих частиц (0.0001 %), при этом размеры частиц варьировались в диапазоне от нано- до микроразмеров ($\delta = 10, \dots, 500 \text{ нм}$). Прочностные свойства для дисперсно-упрочнённых кристаллических сплавов с некогерентными наноразмерными частицами были рассмотрены в работе [17]. Расчёты для спла-

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-13-01252).

Уважаемые читатели!

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

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