

УДК 669.35:539.214

DOI: 10.17223/00213411/63/5/58

Н.А. КОНЕВА¹, А.И. ПОТЕКАЕВ², Л.И. ТРИШКИНА¹, Т.В. ЧЕРКАСОВА^{1,3}, А.А. КЛОПOTOВ^{1,2}

РОЛЬ КРИТИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ЗЕРЕН ПОЛИКРИСТАЛЛОВ МЕЗОУРОВНЯ В ХОДЕ ДЕФОРМАЦИИ В СЛАБОУСТОЙЧИВОМ СОСТОЯНИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Методом просвечивающей дифракционной электронной микроскопии показано, что в слабоустойчивом состоянии в ходе деформации при переходе от одной стадии упрочнения к другой в качестве характеристики с критическими значениями может выступать размер зерна поликристаллов. Для этого изучены дислокационные и дислокационно-дисклинационные субструктуры в деформированных растяжением поликристаллах ГЦК-сплавов твердых растворов Cu–Al и Cu–Mn с размерами зерен 20–240 мкм. Установлены взаимозависимости параметров, характеризующих субструктуру дефектов, и среднего размера зерен. Проведено сопоставление этих зависимостей со структурно-фазовым состоянием сплавов. На основе анализа установлено существование критического размера зерен в области мезоуровня $d \approx 100$ мкм. При размерах более 100 мкм основную роль в накоплении дефектов при деформации играют внутризеренные процессы. Коэффициент деформационного упрочнения на стадии II при $d > 100$ мкм почти не зависит от размера зерен, а при $d < 100$ мкм он резко возрастает с уменьшением размера зерен.

Ключевые слова: металлы, сплавы, деформация, слабоустойчивые состояния, размер зерна.

Введение

Большинство металлов и сплавов используются в виде поликристаллов, поэтому для прогнозирования механических свойств важно знать взаимное влияние размера зерен поликристаллов и структурно-фазовое состояние системы. Это касается поликристаллов как микро-, так и мезоуровня. Мезоуровень охватывает интервал размеров рассматриваемых объектов (в данном случае зерен) от 10 мкм до 1 мкм, а микроуровень – от 3 нм до 1 мкм [1]. Исследования зеренной структуры и механических свойств поликристаллов микроуровня позволили выделить два критических размера зерен [1]. Это такие средние размеры зерен, в окрестности которых происходят значительные изменения свойств поликристаллического агрегата. Так как «под слабоустойчивым состоянием системы понимается такое ее состояние вблизи структурного или фазового превращения, в котором наблюдаются аномалии структуры или свойств» [2–6], то это ярко выраженное слабоустойчивое структурно-фазовое состояние системы. При этом наблюдается хорошо просматриваемая взаимосвязь слабоустойчивого структурно-фазового состояния системы с количественными особенностями поведения характеристик структуры (в данном случае – средние размеры зерен).

Первый критический размер зерна на микроуровне d_1^{kp} связан с соотношением Холла – Петча (Х–П): $\sigma = \sigma_0 + kd^{-1/2}$, где σ_0 – сопротивление деформированию монокристалла; k – коэффициент; d – размер зерна.

Коэффициент k является важной характеристикой зернограничного упрочнения. С уменьшением размера зерна коэффициент k уменьшается [7], причем $k > 0$ при $d > d_1^{kp}$ и $k < 0$ при $d < d_1^{kp}$. Смена знака коэффициента k означает смену зернограничного упрочнения на зернограничное разупрочнение. При этом резко возрастает роль зернограничных процессов в деформации, к которым относятся диффузионные процессы на границах зерен (ГЗ), скольжение решеточных и зернограничных дислокаций по ним, миграция ГЗ и т.д.

Второй критический размер зерна на микроуровне $d_2^{kp} \approx 100$ нм связан с тем, что зерна или субзерна становятся бездислокационными. Внутризеренное упрочнение исчезает. Из-за малого размера бездислокационные зерна упрочняют микрополикристалл и вносят изменения в механизмы его деформации.

В области мезоуровня размеров зерен установлено существование критического размера зерна $d_3^{kp} \approx 10$ мкм. Если $d > d_3^{kp}$, в дислокационном ансамбле преобладают статистически запасенные дислокации [8]. При $d < d_3^{kp}$ плотность геометрически необходимых дислокаций больше плотности статистически запасенных. В этих условиях формируется градиентная дислокационная структура, обеспеченная полями напряжений от дисклинаций, расположенных в границах зерен и тройных стыках.

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>