ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций»

X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/67

ГРАДИЕНТНЫЕ ДИСЛОКАЦИОННЫЕ СУБСТРУКТУРЫ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ CU-MN

Конева Н.А., Тришкина Л.И., Черкасова Т.В.
Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

Разрушение металлических материалов определяется закономерностями развития деформации на разных масштабных и структурных уровнях [1,2]. Значительный интерес представляет установление взаимосвязи разрушения материалов с дислокационно-дисклинационными субструктурами, формирующимися на мезоуровне. Целью настоящей работы являлось электронно-микроскопическое изучение изменения дефектной структуры и ее параметров с расстоянием от места разрушения образцов и выявление типов субструктур, способствующих разрушению сплавов.

Материал и методика исследования. Исследовались поликристаллические ГЦК твердые растворы Cu – Mn с содержанием Mn 0.4 и 25ат.% со средним размером зерна 100 мкм. Образцы деформировались растяжением при комнатной температуре со скоростью $2\cdot10^{-2}$сек$^{-1}$. Дислокационная структура изучалась методом просвечивающей дифракционной электронной микроскопии (ПЭМ) на микроскопе с ускоряющим напряжением 125 кВ. Исследование дислокационной структуры и ее параметров проводилось в локальных участках образцов через каждые $2\cdot10^{-3}$ м от места разрушения. В каждой локальной области определялись степень деформации ($\varepsilon^{л}_{ист}$), плотности дислокаций (<ρ>), субграниц ($M_{субгр}$), микрополос (M), кривизна-кручение (χ) кристаллической решетки и плотность микротрещин ($P_{тр}$). Величины <ρ>, $M_{субгр}$, M, $P_{тр}$ измерялись методом секущей. Значения χ определялась из градиента непрерывной разориентировки с использованием изгибных экстинкционных контуров.

Результаты исследования. На рис.1 изображена схема образцов для исследуемых сплавов в исходном состоянии и после разрушения. Сплав с содержанием Mn 0.4ат.% разрушался при достижении степени деформации $\varepsilon_{ист}$ = 0.60, а концентрированный сплав (25ат.% Mn) – при $\varepsilon_{ист}$ = 0.80. Исследования показали, что по мере удаления от места разрушения сплава Cu+0.4ат.% Mn наблюдается формирование дислокационной структуры в следующей последовательности: микрополосовая и разориентированная ячеистая, неразориентированная ячеистая. В месте разрушения образца наблюдаются микротрещины, которые располагаются вдоль разориентированных границ ячеек, микрополос и границ зерен (рис. 2). Изменение субструктуры в сплаве Cu+25ат.% Mn по мере удаления от места разрушения распределяется следующим образом: микрополосовая и разориентированная ячеисто-сетчатая, неразориентированная сетчатая и дислокационные скопления. В области разрушения сплава наблюдаются: разориентированная ячеисто-сетчатая ДСС и микрополосовая ДСС (рис. 2).

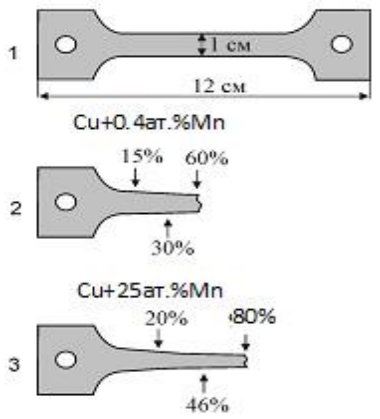

Рис.1. Схема образцов: 1 – исходное недеформированное состояние; 2,3 – после деформации до разрушения. Указаны локальные степени деформации в некоторых участках образцов после их разрушения

Количественные исследования показали, что средняя плотность дислокаций увеличивается по мере приближения к области разрушения образца как в сплаве Cu+0.4ат.% Mn, так и в сплаве Cu+25ат.% Mn. Такие же закономерности наблюдаются для плотности микрополос, плотности оборванных субграниц, плотности разориентированных границ ячеек. На рис.3 приведены зависимости кривизны-кручения (χ) от расстояния от области разрушения образцов исследуемых сплавов. Значения χ оказываются наиболее высокими в области разрушения. При этом большие

значения χ характерны для оборванных субграниц и микрополосовой ДСС.

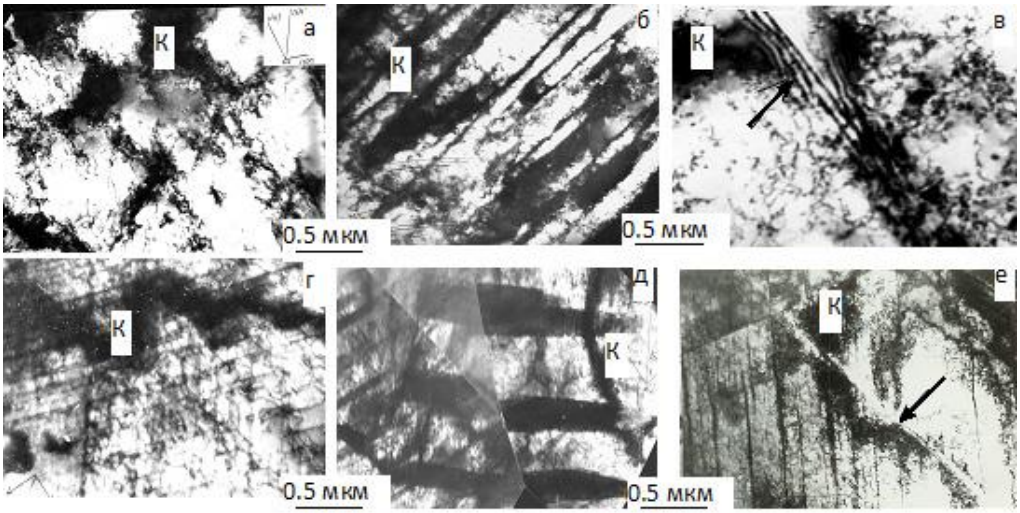

Рис. 2. Электронно-микроскопические изображения типов дислокационной субструктуры, наблюдаемых в месте разрушения образцов: а – разориентированная ячеистая ДСС, б, д – микрополосовая, в – микротрещина вдоль границ ячеек, г – разориентированная ячеисто-сетчатая, е – микротрещина вдоль границы зерна. Сплавы Cu+0.4 ат.% Mn (а – в) и Cu+25 ат.% Mn (г – е). Экстинкционный деформационный контур К

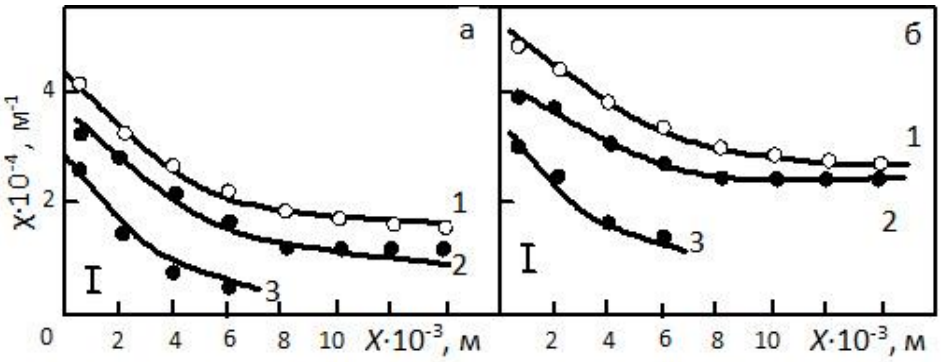

Рис. 3. Зависимости величины кривизны-кручения кристаллической решетки χ от различных источников ее происхождения в сплавах Cu+0.4 ат.%Mn (а) Cu+25 ат.%Mn (б) с расстоянием X от места разрушения образца: 1 – от оборванных субграниц; 2 – от микрополос, 3 – от микротрещин

Заключение. Методом ПЭМ изучена дефектная структура, наблюдающаяся на различных расстояниях от места разрушения образцов сплавов Cu+0.4ат.% Mn и Cu+25ат.% Mn. Установлен градиентный характер ее изменения в зависимости от расстояния от места разрушения. В области разрушения образцов наблюдаются деформационные разориентированные границы, вдоль которых образуются микротрещины. Разориентированные границы являются источниками высоких значений кривизны-кручения кристаллической решетки. На ряду с деформационными разориентированными границами источником микротрещин в исследуемых сплавах являются границы зерен.

Исследования выполнены при поддержке государственного задания на проведение научных исследований по проекту №3.8320.2017/БЧ.

Литература

1. Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. – М.: Металлургия, 1986. 224с.
2. Панин В.Е., Панин А.Е., Елсукова Т.Ф., Попкова Ю.Ф. Фундаментальная роль кривизны кристаллической структуры в пластичности и прочности твердых тел // Физическая мезомеханика. 2014. Т.17. №6. С.7-18.