

УДК 669.24:539.25

DOI: 10.17223/00213411/64/7/30

Е.В. НАЙДЕНКИН, И.П. МИШИН

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ И ЗЕРНОГРАНИЧНОГО АНСАМБЛЯ НИКЕЛЯ ПРИ ДИФфуЗИОННОМ ОТЖИГЕ В УСЛОВИЯХ СЕГРЕГИРУЮЩЕЙ ПРИМЕСИ (СЕРЕБРА) ПО ГРАНИЦАМ ЗЕРЕН *

Проведены исследования влияния сегрегирующей по границам зерен никеля примеси (серебра) на эволюцию структуры и зернограничного ансамбля в условиях диффузионного отжига при температуре 823 К, 6 ч. Показано, что в указанных условиях в системе Ni(Ag) наблюдается развитие процесса инициированной диффузией примеси (серебра) рекристаллизации, в отличие от системы Ni(Cu), в которой отмечался процесс инициированной диффузией миграции границ зерен (ИДМГ). Сделанные расчеты показали, что возможной причиной того, что в системе Ni(Ag) инициированная диффузией миграция границ зерен практически не реализуется, может быть существенно меньшая по сравнению с системой Ni(Cu) величина осмотического давления как движущая сила процесса ИДМГ.

Ключевые слова: никель, зернограничная диффузия, разориентировки границ зерен, сегрегация серебра.

Введение

Разработка поликристаллических металлов и сплавов с заданными характеристиками границ зерен является приоритетной задачей сравнительно нового научного направления в материаловедении – зернограничной инженерии материалов [1–4]. В рамках этого направления проводятся исследования, направленные на получение поликристаллических металлов и сплавов с требуемыми свойствами путем управления характеристиками их зернограничного ансамбля. Этот подход актуален, в частности, при разработке сплавов на основе никеля, работающих в условиях повышенных температур и воздействия агрессивной внешней среды. Известно, что материалы, применяемые в таких условиях, должны обладать высоким сопротивлением ползучести, межкристаллитному охрупчиванию и разрушению. В связи с этим большое значение уделяется формированию структуры таких сплавов, содержащей высокую долю специальных низкоэнергетических границ зерен, препятствующих развитию этих процессов. В работе [2] было показано, что увеличение доли границ зерен специального типа приводит к снижению скорости пластической деформации на установившейся стадии ползучести никеля, а также повышению сопротивления трещинообразованию в условиях диффузии серебра с поверхности в области высоких скоростей деформирования. В работе [5] при исследовании влияния сегрегаций атомов примеси на характер разрушения технического никеля (99.75%) при четырехточечном изгибе установлено, что в случае насыщения границ зерен серой развитие межкристаллитного разрушения идет путем распространения трещины по границам общего типа. Увеличение доли границ зерен специального типа с 40 до 53% значительно повышает сопротивление развитию трещин. Имеются также данные расчетов [6], которые показывают, что для повышения сопротивления межкристаллитному трещинообразованию необходимо увеличить долю границ специального типа выше 60%. Однако обычными методами механотермической обработки получить в никеле долю границ зерен специального типа выше 55% не удастся [2, 5].

В этой связи представляют интерес результаты исследований, приведенные в работе [7], в которой на примере системы Ni(Cu) в процессе развития инициированной диффузией примеси (меди) миграции границ зерен (ИДМГ) наблюдалось фасетирование мигрирующей границы в никеле с образованием участков размером около 0,1 мкм, соответствующих специальным разориентировкам. В работе [8] на этой же системе было показано, что в процессе диффузионного отжига никеля под медью наблюдались миграции отдельных участков границ зерен общего типа в положения, соответствующие разориентировкам специальных границ $\Sigma 3$, что приводило к увеличению в зернограничном ансамбле доли специальных границ зерен выше 70%. Следует отметить, что медь не сегрегирует по границам зерен, имеет с никелем полную взаимную растворимость, вследствие че-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0004.

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>