

Отзыв

научного руководителя на диссертационную работу Козловой Танзили Вакильевны «Перераспределение избыточного объема и связанной с ним энергии при низкотемпературном отжиге ультрамелкозернистого никеля и меди», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Козлова Танзиля Вакильевна 1986 года рождения, в 2010 году окончила магистратуру Национального исследовательского Томского Государственного Университета по направлению «Физика». Закончила очную аспирантуру Института физики прочности и материаловедения (ИФПМ СО РАН), сроки обучения 14.09.2010 – 13.09.2012 и 08.08.2014 – 11.08.2015. С 2012 по 2014 годы работала в должности инженера-исследователя, а с 2015 года по настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории Физической мезомеханики и неразрушающих методов контроля ИФПМ СО РАН.

Диссертационная работа Козловой Т.В. посвящена исследованию перераспределения деформационно индуцированного избыточного объема при низкотемпературном отжиге поликристаллов меди и никеля, структура которых получена методом РКУП и последующей прокатки. Для исследования эволюции структуры ультрамелкозернистых никеля и меди после низкотемпературного отжига использовали сканирующую туннельную микроскопию (СТМ) и методы электрон-позитронной аннигиляции (ПА).

С помощью СТМ получены зависимости изменения размеров зеренно-субзеренной структуры (ЗСС) меди и никеля, по которым проведена оценка уменьшения протяженности малоугловых границ и связанного с ними избыточного объема в зависимости от температуры отжига. Впервые выявлены два конкурирующих процесса на двух масштабных уровнях: измельчение структуры на высоком масштабном уровне ($100\text{нм} < d < 500\text{нм}$) и огрубление структуры на низком масштабном уровне ($d < 100\text{нм}$) в меди и никеле.

С помощью метода ПА исследовано образование точечных дефектов вакансионного типа в меди и никеле после РКУП и последующей прокатки и после низкотемпературного отжига. Показано, что преимущественными центрами захвата позитронов в никеле и меди являются дислокации и небольшие вакансионные кластеры размерами $\sim 2 - 9$ вакансий, которые являются стабильными и сохраняются в структуре металлов после низкотемпературного отжига.

На основе совместного анализа данных СТМ и ПА показано, что изменение избыточного объема за счет удаления малоугловых границ при отжиге меди и никеля, на

три порядка превышает соответствующую величину объема, запасенного в вакансионных кластерах.

С помощью СТМ, методом зернограничной канавки травления, проведены оценки относительной энергии границ ЗСС меди и никеля в исходном состоянии и после различных температур отжига, которые представлены в форме дифференциальных и интегральных функций распределения. Анализ интегральных функций распределения (ИФР) относительной энергии границ ЗСС меди и никеля после разных температур отжига выявил принципиальное отличие в их форме, которое связано с отличиями структур двух металлов, сформировавшихся в процессе деформации, которые, в свою очередь, связаны с разными энергиями дефектов упаковки и температур плавления меди и никеля. В работе впервые показано, что интегральные функции распределения наглядно отражают многоуровневый процесс перераспределения избыточной энергии от точечных дефектов вакансионного типа в малоугловые границы (МУГ), от МУГ к неравновесным большеугловым границами (БУГ), что обеспечивает формирование условий для начала рекристаллизации.

Достоверность результатов обеспечивается комплексным подходом к решению поставленных задач с использованием современных экспериментальных методов, систематическим характером экспериментальных исследований и их статистической обработки, согласием результатов, полученных с помощью различных методов и с литературными данными других авторов.

Основные результаты диссертации опубликованы в 8 работах, из которых 4 – в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК, 4 – в журналах, индексируемых Scopus и WoS, сделано 12 докладов на конференциях различного уровня.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН III.23.1 «Фундаментальные основы физики и механики поведения нелинейных многоуровневых иерархически организованных систем» (координатор академик РАН В.Е. Панин) на 2017 – 2020 годы, проект III.23.1.1 «Мезомеханика самоорганизации процессов в мультискейлинге нелинейных иерархических структур и научные основы аддитивных технологий создания многослойных материалов» (руководитель академик РАН В.Е. Панин).

Диссертационная работа Козловой Т.В. является законченным научным исследованием, выполненным соискателем самостоятельно. Считаю, что по своему научному уровню, актуальности, новизне, достоверности результатов и обоснованности выводов работа полностью отвечает требованиям п. II 9 положения о присуждении

ученых степеней ВАК, а по содержанию соответствует пунктам 1 и 3 паспорта специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Научный руководитель
старший научный сотрудник ЛФМиНМК,
кандидат физико-математических наук, доцент



Кузнецов
Павел Викторович

Подпись Кузнецова П.В.
ПОДТВЕРЖДАЮ
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН
кандидат физико-математических наук



Матольгина
Наталья Юрьевна