

ОТЗЫВ

официального оппонента Бориса Борисовича Страумала на диссертационную работу Елены Александровны Саркеевой на тему «Повышенные функциональные свойства холоднокатаных наноструктурных дисперсионно твердеющих медных сплавов систем Cu–Cr и Cu–Cr–Zr» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

Актуальность темы исследования.

Диссертационная работа Елены Александровны Саркеевой «Повышенные функциональные свойства холоднокатаных наноструктурных дисперсионно твердеющих медных сплавов систем Cu–Cr и Cu–Cr–Zr» посвящена решению научной задачи, связанной с достижением повышенных физико-механических свойств в тонких лентах из сплавов Cu–0,5Cr и Cu–0,5Cr–0,2Zr.

Актуальность данного исследования обусловлена перспективностью применения дисперсионно-твердеющих медных сплавов, к которым относятся данные сплавы, в таких областях, как транспортное машиностроение, электротехника и электроника. Современные промышленные приложения требуют от данного класса материалов сочетания высокой прочности и электропроводности, а также стабильности этих свойств в сложных условиях эксплуатации. В связи с этим, исследование особенностей изменения наноструктурных состояний сплавов систем Cu–Cr и Cu–Cr–Zr, формируемых в результате термомеханической обработки (ТМО), включающей равноканальное угловое прессование (РКУП), холодную прокатку (ХП) и старение, а также взаимосвязи с прочностью, пластичностью и электропроводностью является актуальным.

Применяемая в рамках данной работы комбинация интенсивной пластической деформации с традиционными методами обработки, позволяет контролировать наноструктурное состояние материалов и достигать оптимального баланса между механическими и функциональными характеристиками.

Структура и краткое содержание диссертации.

Диссертационная работа содержит введение, 5 глав, заключение, список литературы из 180 литературных источников, и представлена на 157 листах, включая 67 рисунков и 18 таблиц. Текст диссертации и автореферата оформлен должным образом, язык изложения грамотен и научно корректен. Результаты диссертационной работы представлены в 18 научных работах.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также приведены основные положения, выносимые на защиту. Представлены сведения о личном вкладе автора.

ВХОД. №	4256-13
« 06 »	11 2015 г.

Первая глава. Аналитический обзор научной литературы обобщает современные знания об особенностях микроструктуры дисперсионно-твердеющих медных сплавов систем Cu–Cr и Cu–Cr–Zr, а так же о влиянии интенсивной пластической деформации и традиционных методов обработки на их свойства. Также анализируются модели формирования наноструктур и распределения частиц второй фазы.

Вторая глава описывает материалы и методики исследования: приведен химический состав исследуемых сплавов, описаны методики деформационного воздействия и методики исследований микроструктуры, механических свойств и электропроводности.

Третья глава посвящена изучению особенностей формирования наноструктурных состояний сплавов Cu–0,5Cr и Cu–0,5Cr–0,2Zr при термомеханической обработке, включающей равноканальное угловое прессование, холодную прокатку и старение; представлены экспериментальные данные и их интерпретации.

В четвертой главе рассматривается достижение высокопрочного состояния в исследуемых сплавах, анализируется влияние различных режимов термомеханической обработки на механические свойства.

В пятой главе исследуются вопросы сохранения высокой электропроводности при проведении термомеханической обработки, проанализирован вклад микроструктурных параметров в электросопротивление и кинетика распада пересыщенного твердого раствора.

По результатам проведенных исследований сделаны общие выводы.

Обоснованность научных положений и выводов

Научные положения и выводы диссертационной работы выполнены на основе экспериментальных данных, полученных с использованием современного оборудования и взаимодополняющих методик исследования. Научные положения, выносимые на защиту, прошли успешную апробацию на научных конференциях российского и международного уровня, опубликованы в рецензируемых журналах. Таким образом, их достоверность и научная обоснованность не вызывают сомнений.

Достоверность положений, выводов, сформулированных в диссертации, не вызывает сомнений. В работе использовались современные методы исследования и оборудования. Для воспроизводимости экспериментальных результатов в работе имеется достаточное количество экспериментальных данных.

Новизна полученных результатов

В качестве наиболее важных научных результатов диссертационной работы, также определяющих ее новизну, можно отметить установление закономерностей формирования наноструктурных состояний в медных сплавах систем Cu–Cr и Cu–Cr–Zr при ТМО, включающую равноканальное угловое прессование, холодную прокатку и старение. Феноменологическую модель

трансформации микроструктуры, учитывающая особенности кинетики распада пересыщенного твердого раствора с выделением наночастиц второй фазы и регулируемое распределение дислокаций, что обеспечивает достижение оптимального комплекса механических и функциональных свойств. Получены результаты, показывающие возможность достижения уникального сочетания высокой прочности, пластичности и электропроводности в тонких лентах данных сплавов, что значительно расширяет потенциал их применения. Кроме того, по результатам анализа кинетики зарождения и роста наноразмерных частиц вторых фаз, выявлен аномально высокий уровень ускорения диффузионных процессов при старении, связанный с особенностями наноструктуры.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

заключается в разработке и обосновании новой феноменологической модели трансформации наноструктуры в дисперсионно-твердеющих медных сплавах систем Cu–Cr и Cu–Cr–Zr. Эта модель может быть использована для прогнозирования получаемой структуры изделий из медных сплавов с регламентированным уровнем механических свойств и электропроводностью. Практическая значимость выражается в определении оптимальных режимов равноканального углового прессования, холодной прокатки и старения, обеспечивающих получение тонких лент с повышенными физико-механическими свойствами.

Содержание диссертации соответствует пункту 2 «Структурные, морфологические и механические свойства наноматериалов и композитных структур на их основе» паспорта специальности 2.6.6 – Нанотехнологии и наноматериалы»

Содержание автореферата Е.А. Саркеевой соответствует содержанию диссертации.

Основное содержание диссертации представлено в 18 научных публикациях, в том числе в 7 статьях в реферируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, либо в научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

Основные результаты, выводы, положения и рекомендации работы докладывались и обсуждались на десяти российских и международных конференциях.

Замечания по диссертационной работе

К работе имеется несколько замечаний:

1. При описании результатов в главе 3 автор пишет, что после РКУП 4 и 8 проходов в микроструктуре отмечено присутствие незначительного количества наночастиц, которые обладают контрастом типа «кофейное зерно». На что данный контраст указывает?

2. Отмечается ли «кофейный контраст» только на частицах наблюдаемых в сплавах после 4 и 8 проходов РКУП или он характерен для частиц в результате термической обработки – старения.

3. Может ли наблюдаться ли при РКУП изученных сплавов стационарное состояние при увеличении количества проходов, подобное тому, что наблюдается при кручении под высоким давлением?

Заключение

Диссертация Елены Александровны Саркеевой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи достижения повышенных физико-механических свойств в тонких лентах из сплавов Cu-0,5Cr и Cu-0,5Cr-0,2Zr. Диссертация имеет важное значение для развития нанотехнологий и объемных наноматериалов, что соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (с последующими изменениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Официальный оппонент Страумал Борис Борисович
Заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, старший научный сотрудник

 Борис Борисович Страумал

Подпись Б.Б. Страумала заверяю
Ученый секретарь ИФТТ РАН,
к.ф.-м.н.



 Алексей Николаевич Терещенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук
142432 г. Черноголовка, ул. Академика Осипяна, д. 2
e-mail: straumal@issp.ac.ru <http://www.issp.ac.ru/> тел. + 7 (496)52 283-00
Дата составления отзыва «31» октября 2025 года