



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ:

«Институт проблем машиностроения Российской академии наук- филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН»

на диссертационную работу **Фаизова Ильшата Альбертовича**

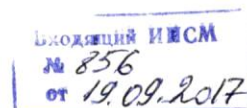
«Фазовые превращения «растворение-выделение» в низколегированных сплавах системы Cu-Cr-Zr при интенсивной пластической деформации»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Актуальность темы диссертации

Формирование ультрамелкозернистой структуры методами интенсивной пластической деформации (ИПД) является признанным способом получения высокопрочных состояний в металлах и сплавах. Механизм формирования таких состояний является предметом широких исследований на протяжении последних двух десятилетий. Однако из-за сложности и многообразия происходящих в материалах процессов до настоящего времени отсутствует целостная картина и вследствие этого возможность однозначных трактовок получаемых результатов. В последнее время внимание многих исследователей привлекают диффузионные фазовые превращения, индуцируемые ИПД. Для некоторых типов сплавов такие превращения могут играть существенную роль в формировании конечных свойств материала, в том числе таких как термостабильность получаемой ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры и предел текучести.

В диссертационной работе исследуются процессы растворения и выделения частиц вторых фаз в низколегированных медных сплавах системы Cu-Cr-Zr при ИПД со сравнительно небольшими значениями накопленной деформации. Данная тема является актуальной научной проблемой физики конденсированного состояния и имеет непосредственную связь с практическими проблемами разработки новых методов улучшения механических свойств дисперсионно-упрочняемых сплавов. Актуальность



темы не вызывает сомнений и подтверждается Приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники Российской Федерации.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и списка литературы. Работа изложена на 159 страницах, содержит 49 рисунков и 14 таблиц. Библиография включает 194 наименования. Основное содержание диссертации отражено в 15 публикациях, включая 5 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК и 10 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов. Список основных публикаций приведен в конце автореферата.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость, достоверность, вклад автора, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обзор современных представлений о фазовом составе сплавов системы Cu-Cr-Zr, о структурных трансформациях и фазовых превращениях, протекающих при ИПД в кристаллических материалах, обсуждаются различные методы ИПД. Приведен подробный обзор и анализ результатов исследований деформационно-стимулированных фазовых превращений в условиях ИПД. На основе анализа литературных данных обоснована новизна и сформулированы цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе приведено описание объектов и методов исследования. Изложены методики расчета вкладов различных механизмов деформации на каждом этапе обработки низколегированного сплава системы Cu-Cr-Zr.

В третьей главе описывается эксперимент, посвященный демонстрации деформационно-индуцированного растворения частиц вторых фаз при равноканальном угловом прессовании (РКУП). Комплексный анализ полученных данных о структурных превращениях и изменении физических и механических свойств образцов представляет в целом убедительные доказательства возрастания концентрации твердого раствора при деформировании, единственным источником которого в условиях данного эксперимента является растворение частиц вторых фаз.

В четвертой главе исследуется соотношение между скоростями процессов растворения частиц вторых фаз и деформационно-стимулированного распада твердого раствора и делается вывод о том, что процессы деформационно-индуцированного растворения в целом являются доминантными в условиях проведенного эксперимента.

В пятой главе исследуется влияние одновременного протекания превращений «растворения-выделения» на эволюцию отдельных фаз с различным химическим составом

в ходе предварительной высокотемпературной ТО, комплексной ИПД (РКУП, кузнечная протяжка и волочение) и пост-деформационного отжига. Описана сложная эволюция ансамблей частиц вторых фаз различного состава. Приводятся расчеты вкладов различных механизмов упрочнения на всех этапах обработки сплава и показывается, что вклад дисперсионного упрочнения является доминирующим для полученного высокопрочного состояния.

Приведенные **выводы** обоснованы полученными в диссертации экспериментальными и расчетными результатами. Экспериментальные исследования соответствуют целям и задачам, поставленным в диссертационной работе. Все выводы и рекомендации подтверждены экспериментально, апробированы и опубликованы.

Научная новизна результатов диссертационной работы

Среди результатов, полученных при выполнении работ новыми являются следующие:

- получены экспериментальные доказательства возможности деформационно-индуцированного растворения частиц вторых фаз дисперсионно-упрочняемых сплавов системы Cu-Cr-Zr в процессе РКУП;
- экспериментально установлено наличие двух разнонаправленных процессов: деформационно-индуцированного растворения дисперсных частиц и деформационно-стимулированного распада твердого раствора, одновременно происходящих при РКУП исследуемых медных сплавов;
- показано, что процесс деформационно-индуцированного растворения частиц вторых фаз является доминирующим при РКУП сплавов системы Cu-Cr-Zr.

Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы

Научная значимость работы, заключается в том, что ее результаты вносят существенный вклад в развитии физических представлений о механизмах фазовых превращений, индуцированных интенсивной пластической деформацией. Продemonстрированное в работе деформационно-индуцированное растворение частиц вторых фаз в низколегированных хромо-циркониевых бронзах при интенсивном деформировании придает новую актуальность проблеме исследования механизмов этого явления. Учет вклада этого процесса в формирование свойств сплавов является необходимой частью научно-обоснованного подхода к разработке перспективных технологий на основе ИПД. Результаты работы могут быть использованы для решения исследовательских и прикладных задач в области физического материаловедения при изучении взаимосвязи структурных и фазовых превращений в металлических материалах. Они представляют несомненный интерес для специалистов в области физического материаловедения и могут быть использованы в организациях и учреждениях, ведущих

исследования, направленные на разработку методов получения материалов с новыми свойствами. В частности, в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», ФГБУН Институте физики им. М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, ФГБУН Институте физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН, Институте проблем машиностроения РАН-филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН, ФГБУН Институте проблем сверхпластичности металлов РАН, ФГАОУ ВПО Белгородском государственном национальном исследовательском университете (НИУ «БелГУ», ФГБУН ИФФТ РАН.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов определяется тщательным соотнесением экспериментальных результатов с литературными данными; многоуровневым анализом микроструктуры, включающим определение среднего размера зерен/фрагментов, исследованием характера распределения частиц легирующих элементов методом экстракционных реплик, а также значительными статистическими выборками для анализируемых параметров размера и плотности распределения частиц (до 1500 частиц); сопоставлением структурных и фазовых изменений с физическими свойствами материала, а так же опубликованными статьями в рецензируемых журналах.

Замечания по диссертационной работе:

1. Результаты эксперимента, описываемого в Главе 3 диссертации, являются ключевыми в обосновании выводов данной работы. Вызывает некоторое недоумение выбор для поставленной цели трехкомпонентного сплава, к тому же потенциально имеющего широкий спектр составов частиц вторых фаз. В условиях, когда возрастание концентрации твердого раствора обнаруживается лишь косвенными методами, вопрос, какой из легирующих элементов преимущественно переходит в раствор, остается без ответа. Порожденная этим неопределенность распространяется и на дальнейшие выводы, что в целом снижает их качество.

2. Использованный в Главе 5 способ идентификации составов частиц по их морфологическим признакам вызывает сомнения в части достоверности идентификации частиц малых размеров. Если уменьшение размеров частиц происходит вследствие растворения, этот процесс будет более интенсивен там, где кривизна поверхности максимальна, т.е. будет менять не только размер, но и форму частиц, что делает описанный способ недостаточно верным.

3. Для обоснования тех или иных выводов автор систематически использует данные об изменениях среднего размера частиц и плотности их распределения. Известно, что

существует закономерная корреляция между плотностью частиц и структурными дефектами материала, что выражается в неоднородности их распределения, которая в УМЗ структурах будет особенно резкой. Это обстоятельство может исказить статистические оценки даже при достаточном объеме выборки, приводимом в описании использованных методик. Автор нигде не обсуждает неоднородность распределения частиц, что ставит под вопрос достоверность статистических оценок и делаемых на их основе заключений.

Общая оценка диссертационной работы

В целом диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой получены новые важные экспериментальные результаты. Диссертация имеет все необходимые разделы от постановки задачи, обзора и описания методов решения задачи до результатов эксперимента, их анализа, выводов и заключения. Материалы работы представлены в 5 статьях в рецензируемых журналах перечня ВАК, включая одну в журнале из перечня SCOPUS. Всего опубликовано 15 научных работ, которые отражают содержание диссертации. Работа известна также по выступлениям автора на большом количестве международных симпозиумов и конференций.

Диссертационная работа Фаизова И.А. соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней и отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатской диссертации. Фаизов И.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Диссертация рассмотрена и обсуждена на заседании лаборатории наноструктурных материалов и упрочняющих технологий ИПМ РАН.

Руководитель научного
направления ИПМ РАН,
д.ф.-м.н., проф.,
Заслуженный деятель науки РФ



Перевезентsev Владимир Николаевич

Адрес: 603024, Нижний Новгород, ул. Белинского, 85
тел. (831) 432-23-40
v.n.perevezentsev@gmail.com