

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Толмачева Тимофея Павловича на тему: «Формирование, структура и механические свойства сплавов на основе ГЦК-металлов, полученных кручением под высоким давлением при комнатной и криогенной температурах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

**Актуальность темы диссертации.** Механическое сплавление является одним из способов получения новых сплавов из широкого спектра различных металлических систем, в том числе характеризующихся низкой взаимной растворимостью. Привлекательной особенностью данного способа является возможность контролируемого получения необходимых структурно-фазовых состояний с определенным комплексом физико-механических свойств за счет варьирования составом исходной шихты и условиями обработки.

На сегодняшний день наблюдается существенная нехватка работ по выявлению закономерностей образования сплавов на разных этапах механосплавления, а также изучению влияния условий такого воздействия на особенности микроструктуры и соответствующий уровень механических свойств. В свою очередь, такие исследования являются необходимым этапом развития адекватных представлений как о процессах механического сплавления, так и о механизмах формирования сложных высокодефектных структурных состояний в условиях интенсивного деформационного воздействия.

Таким образом, тема диссертации Т.П. Толмачева является актуальной и представляет большой интерес, как с научной точки зрения, так и для практического применения.

**Диссертация Толмачева Т.П.** включает в себя введение, пять глав, заключение и список литературы из 113 наименований. Полный объем работы составляет 135 страниц, включая 24 таблицы и 86 рисунков.

*Во введении* обоснована актуальность исследований, сформулированы цель работы и основные задачи. Представлены выносимые на защиту положения. Обоснованы научная новизна и практическая значимость. Приведены сведения об апробации результатов, личном вкладе, структуре и объеме диссертации.

*В первой главе* (литературном обзоре) изложены модельные представления образования сплавов традиционными способами металлургии и описаны основные методы реализации механосплавления. Проведен анализ литературных данных по тематике диссертационной работы.

*Во второй главе* изложены методические основы проведения механосплавления (схема обработки методом кручения под высоким давлением и условия реализации), описаны изучаемые в работе бинарные металлические системы, изложена методика измерения момента кручения, представлены используемые при исследовании методы и условия структурной аттестации.

*Третья глава* посвящена изучению закономерностей механосплавления компонентов системы Cu-Zn, обладающей отрицательной энтальпией смешения, в условиях кручения под высоким давлением при комнатной и криогенной температурах. Представлены результаты структурной аттестации и измерения механических свойств. Проведен анализ специфики формирования и изменения концентрации твердого раствора изучаемой системы в зависимости от условий деформации и особенностей микроструктуры. При комнатной температуре выявлено три основных этапа структурной эволюции, сопровождающиеся характерным увеличением периода кристаллической решетки и значений твердости в зависимости от величины истинной логарифмической деформации. Показано, что снижение температуры обработки приводит к смещению стадии интенсивного растворения в область больших величин деформации.

*В четвертой главе* изложены результаты исследования закономерностей механосплавления системы Cu-Ag, результаты детальной структурной аттестации материала, особенности распределения компонентов и механические свойства в зависимости от величины истинной логарифмической деформации

при комнатной и криогенной температурах. Выявлены основные факторы, способствующие распаду твердого раствора, характеризуемого положительным значением энтальпии смешения и близостью свойств компонентов.

*В пятой главе* приведены экспериментальные данные о закономерностях механосплавления компонентов системы Au-Co имеющей более высокую положительную энтальпию смешения. Установлено, что, в отличие от систем с отрицательной (Cu-Zn) или малой положительной (Cu-Ag) энтальпией смешения, при криогенной температуре рассматриваемая система характеризуется большим растворением и более однородной структурой, по сравнению с механосплавлением при комнатной температуре. Выявлены основные причины обнаруженной особенности.

В заключении сформулированы выводы, содержащие основные результаты диссертационной работы.

**Обоснованность научных положений и выводов.** Научные положения и выводы диссертации хорошо обосновываются полученными в работе экспериментальными данными. Интерпретация экспериментальных результатов проведена с учетом современных представлений о формировании механически синтезируемых сплавов и сопоставлением с данными других авторов.

**Достоверность** полученных результатов обеспечена комплексным применением современных методов исследования на соответствующем аттестованном оборудовании и подтверждается большим объемом экспериментальных данных. Представленные результаты и их интерпретация не противоречат фундаментальным научным положениям и данным других авторов. Достоверность выводов работы подтверждается также апробацией материалов диссертации на различных отечественных и международных научных конференциях и семинарах. Основные результаты опубликованы в 10 научных статьях в изданиях из перечня рецензируемых журналов, рекомендованных ВАК, 7 из которых индексируются в базах данных SCOPUS и Web of Science.

К числу наиболее важных результатов, имеющих существенную **научную**

**НОВИЗНУ**, можно отнести следующие:

1. Обнаружено, что наиболее полное растворение компонентов и образование гомогенных твердых растворов для систем с отрицательной и малой положительной энтальпией смешения происходит при комнатной температуре, в то время как для систем с более высоким положительным значением энтальпии смешения полное растворение наблюдается при криогенной температуре.
2. Установлено, что в случае деформации системы из смеси компонентов напряжение сдвига выше, чем при деформации чистых компонентов.
3. Впервые получены данные по кинетике и полноте механосплавления компонентов системы Au-Co.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что показана принципиальная возможность механосплавления бинарных смесей металлов с различной энтальпией смешения. Выявленная стадийность формирования неравновесных и равновесных твердых растворов является одним из определяющих факторов при синтезе новых материалов.

Диссертация логично структурирована, грамотно изложена, хорошо оформлена. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По работе имеются следующие **замечания**:

1. При наличии богатого экспериментального материала, полученного методами рентгеноструктурного анализа, в том числе, с использованием синхротронного излучения, автором не проведен анализ таких важных структурных характеристик, как размеры областей когерентного рассеяния (ОКР), значения микроискажений ( $\Delta d/d$ ) и т.д.
2. В работе не проведен анализ разориентировок, позволяющий разделить мало и большеугловые границы. Поэтому определяемые по темнопольным изображениям размеры областей когерентного рассеяния называть зернами не корректно.
3. При детальном описании данных просвечивающей электронной микроскопии, отмечается наличие областей с полосчатым контрастом, в

том числе, «имеющих вид, характерный для изгибных экстинкционных контуров», но на приведенных в работе темнопольных и светлопольных изображениях это не проиллюстрировано. Кроме того, данных о размерах таких областей не представлено.

4. К сожалению, отсутствуют результаты детального электронно-микроскопического исследования системы Au-Co, что было бы уместно для более полного сравнения с другими системами.
5. При оформлении работы не удалось избежать ошибок, опечаток. Также в тексте диссертации встречаются сленговые выражения, например: «скорость нарастания микротвердости» (стр. 54), «в направлении кручения» (стр. 58) и т.д.

Сделанные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научную и практическую значимость.

**Соответствие паспорту специальности.** Содержание диссертации Толмачева Т.П. «Формирование, структура и механические свойства сплавов на основе ГЦК-металлов, полученных кручением под высоким давлением при комнатной и криогенной температурах», объекты исследования, используемые методы и методики, научная новизна и практическая значимость полученных результатов полностью соответствуют п. 6 паспорта специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

**Заключение.** Диссертационная работа Толмачева Т.П. представляет собой законченное научно-квалификационное исследование и содержит ряд новых и практически значимых результатов, вносящих существенный вклад в развитие представлений о механическом сплавлении металлических систем, различающихся энтальпией смешения. Считаю, что диссертационная работа соответствует всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции Постановлений правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. и № 335 от 21.04.2016 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Толмачев Тимофей Павлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по

специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,  
старший научный сотрудник  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки «Институт физики  
прочности и материаловедения СО РАН»,  
заведующий кафедрой физики металлов  
физического факультета Федерального  
государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский государственный университет»,  
доктор физико-математических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_ Дитенберг Иван Александрович  
29.09.2017 г.

634055, г. Томск, просп. Академический 2/1, ИФПМ СО РАН.

тел.: +7(3822) 531-569, 89138708615

факс: +7 (3822) 533-034,

e-mail: ditenberg\_i@mail.ru

Подпись И.А. Дитенберга удостоверяю,

*И.О.* ученый секретарь Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки «Институт физики  
прочности и материаловедения СО РАН»  
кандидат физико-математических наук



\_\_\_\_\_ Матолыгина Наталья Юрьевна  
29.09.2017 г.

*С отзвлом ознакомлен 5.10.2017.  
(Таммачев Т.П.)*

## СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

кандидатской диссертации Т.П. Толмачева

«Формирование, структура и механические свойства сплавов на основе ГЦК-металлов, полученных кручением под высоким давлением при комнатной и криогенной температурах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Дитенберг Иван Александрович;

Доктор физико-математических наук, доцент;

физико-математические науки, специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния;

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук

Старший научный сотрудник лаборатории физики структурных превращений;

почтовый адрес: 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4

Телефон: +7 (3822) 53-15-69,

E-mail: [ditenberg\\_i@mail.ru](mailto:ditenberg_i@mail.ru)

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Заведующий кафедрой физики металлов физического факультета;

почтовый адрес: 634050, Томск, пр. Ленина, 36

### Список

основных публикаций официального оппонента в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет в сфере исследований, которым посвящена диссертация:

1. Эволюция кривизны кристаллической решетки в металлических материалах на мезо- и наноструктурном уровнях пластической деформации / А.Н. Тюменцев, И.А. Дитенберг, А.Д. Коротаев, К.И. Денисов // Физическая мезомеханика. – 2013. – Т. 16, № 3. – С. 63-79.
2. Microstructural evolution of nickel under high-pressure torsion / I.A. Ditenberg, A.N. Tyumentsev, A.V. Korznikov, E.A. Korznikova // Physical Mesomechanics. – 2013. – Т. 16, № 3. – С. 239-247.
3. Microstructural peculiarities of copper and mechanisms of its hardening after mechanical activation and torsion in bridgman anvils / I.A. Ditenberg, K.I. Denisov, A.N. Tyumentsev, M.A. Korchagin, A.V. Korznikov // Physical Mesomechanics. – 2014. – Т. 17, № 2. – С. 134-140.

4. Особенности формирования микроструктуры и изменения микротвердости тантала в процессе деформации кручением на наковальнях Бриджмена / И.А. Дитенберг., А.Н. Тюменцев, А.В. Корзников // Известия Вузов. Физика. – 2014. – Т. 57. – № 12. – С. 61-67.
5. Особенности микроструктуры и упрочнения Nb после механической активации и последующей консолидации кручением под давлением / И.А. Дитенберг, К.И. Денисов, А.Н. Тюменцев, М.А. Корчагин, А.В. Корзников // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 7. – С. 68-75.
6. Peculiarities of the formation of high-defect states in mechanocomposites and powders of niobium and aluminum under severe deformation in planetary ball mills / I.A. Ditenberg, A.N. Tyumentsev, K.I. Denisov, M.A. Korchagin // Physical Mesomechanics. – 2013. – V. 16. – № 1. – P. 84-92.
7. Formation of nanostructured state in an internally oxidized vanadium alloy under severe plastic deformation / K.V. Grinyayev, I.V. Smirnov, I.A. Ditenberg, A.N. Tyumentsev, V.L. Radishevskii, A.N. Gavrilin, A.V. Korznikov, V.M. Chernov // Russian Physics Journal. – 2017. V.59. – issue. 12 – pp. 2094-2100.
8. Влияние продолжительности механической активации на морфологию, микроструктуру и микротвердость порошка титана / И.А. Дитенберг, М.А. Корчагин, Ю.П. Пинжин, В.В. Мельников, А.Н. Тюменцев, К.В. Гриняев, И.В. Смирнов, В.Л. Радишевский, А.С. Цверова, И.И. Суханов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2017. – Т. 60, № 6. – С. 101-107.
9. Nanodipoles of partial disclinations in the region of localized elastic distortions / A.N. Tyumentsev, I.A. Ditenberg // Physical Mesomechanics. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 158-162.
10. Влияние продолжительности механической активации на параметры микроструктуры и уровень микротвердости порошка тантала / И.А.Дитенберг, К.И. Денисов, Ю.П. Пинжин, М.А. Корчагин, А.Н. Тюменцев, И.А. Швец // Физическая мезомеханика. – 2013. – Т. 16. – № 2. – С. 41-46.

/ Дитенберг Иван Александрович./

04.10.2017 г.

Ученый секретарь

ФГБУН ИФПМ СО РАН



/Матолыгина Наталья Юрьевна