

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.003.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИФМ УрО РАН) ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНСТВА НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.10.2017, № 18

О присуждении Толмачеву Тимофею Павловичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Формирование, структура и механические свойства сплавов на основе ГЦК-металлов, полученных кручением под высоким давлением при комнатной и криогенной температурах» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 14.07.2017, протокол № 13 диссертационным советом Д 004.003.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской Академии наук (ИФМ УрО РАН), Федеральное агентство научных организаций, 620108, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, приказы Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 и № 188/нк от 26.02.2015.

Соискатель Толмачев Тимофей Павлович, 1987 года рождения, в 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького», по окончании решением Государственной аттестационной комиссии присуждена степень магистра физики по направлению «Физика». Освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской Академии наук, год

окончания аспирантуры 2013, работает в должности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций.

Диссертация выполнена в лаборатории физики высоких давлений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Пилюгин Виталий Прокофьевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория физики высоких давлений, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

1. Страумал Борис Борисович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией поверхностей раздела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка.

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

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе РАН в своем положительном заключении, подписанном Кадомцевым Андреем Георгиевичем, доктором физико-математических наук, заведующим

лабораторией физики прочности, указала, что диссертационная работа Толмачева Т.П. «удовлетворяет требованиям пунктов 9 и 14 Положения о присуждении ученых степеней. Работа является законченным научным исследованием. Текст диссертации представляет собой научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования, не содержит результатов научных работ выполненных в соавторстве, без ссылок на соавторов, а её автор, Толмачев Тимофей Павлович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 24 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 10 работ, из них: статей, опубликованных в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях – 10; статей, опубликованных в сборниках тезисов и докладов в материалах всероссийских и международных конференций – 7. Общий объем научных изданий по теме диссертации 7,161 печатный лист. Автором исследованы особенности процесса механосплавления в условиях кручения под высоким давлением при комнатной и криогенной температурах деформации смесей порошков систем на основе ГЦК-металлов: Cu-Zn, Cu-Ag и Au-Co. Выбранные системы являются модельными с различной взаимной растворимостью компонентов, различной энтальпией смешения и различием свойств компонентов между собой. Получены новые данные об этапах механосплавления, влиянии физических параметров обработки кручением под высоким давлением, измерены механические свойства полученных сплавов как в процессе деформации, так и после нее. Впервые получены данные об особенностях механосплавления системы ограниченной растворимости Au-Co.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. On the structural features of mechanically alloyed Cu-Ag and Au-Co by severe cold and cryogenic plastic deformation / T. Tolmachev, V. Pilyugin, A.

Ancharov, A. Patselov, E. Chernyshev // *Physics Procedia*. — 2016. — V. 84. — P. 349—354.

2. Образование, структура и свойства сплавов системы Au–Co, полученных интенсивной пластической деформацией под давлением / Т.П.Толмачев, В.П.Пилюгин, А.И.Анчаров, Е.Г.Чернышев, А.М.Пацелов // *Физика металлов и металловедение*. — 2016. — Т.117, N2. — С.155 – 163.

3. О возможности формирования и свойствах твердых растворов медь–серебро при деформации под высоким давлением / В.П.Пилюгин, И.Л.Солодова, Т.П.Толмачев, О.В.Антонова, Е.Г.Чернышев, А.М.Пацелов // *Известия высших учебных заведений. Физика*. — 2015. — Т.58, N9. — С.123 – 129.

4. Образование и свойства твердых растворов медь–серебро при интенсивной деформации под давлением / В.П.Пилюгин, Т.П.Толмачев, И.Л.Солодова, О.В.Антонова, Е.Г.Чернышев, А.И.Анчаров, А.М.Пацелов // *Известия Российской Академии наук. Серия физическая*. — 2014. — Т.78, N10. — С.1238 – 1245.

5. Влияние температуры на механизм и кинетику образования твердых растворов в системе Cu-Zn при деформировании под давлением / В.П.Пилюгин, Т.П.Толмачев, А.М.Пацелов, Д.А.Брытков, Л.И.Щинова // *Деформация и разрушение материалов*. — 2013. — N6. — С.30 – 36.

6. Толмачев, Т.П. Фрактографическое исследование механически синтезированных Cu-Zn и Cu-Ag сплавов после холодной и криодеформации / Т.П.Толмачев, В.П.Пилюгин, А.А.Ярославцев // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. — 2013. — N 4. — С. 1659.

7. Temperature effect on solid solution formation mechanism and kinetics of Cu-Zn system under high pressure torsion / T.Tolmachev, V.Pilyugin, A. Patselov, E.Chernyshov // *Advanced Materials Research*. — 2014. — V.1013. — P.218—223.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность темы диссертационной работы, научная новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость. Отзывы без замечаний поступили от:

Старостенкова Михаила Дмитриевича, доктора физико-математических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки РФ, председателя диссертационного совета Д212.004.04, заведующего кафедрой «Физика», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.

Замечания содержатся в следующих отзывах:

От доктора физико-математических наук, профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Заслуженного деятеля науки РФ Федорова Виктора Александровича

Замечание:

Автор не обосновывает выбор используемых в работе пар ГЦК-металлов и не указывает области их возможного применения

От доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Кафедры теории упругости, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Беляева Сергея Павловича.

Замечания:

- 1) На стр.12 автореферата со ссылкой на рис. 5б сказано, что средний размер кристаллитов «составляет около 6 нм». Однако, на рисунке можно видеть в основном крупные кристаллиты размером десятки нанометров. Масштаб рисунка не позволяет увидеть кристаллиты малого размера.
- 2) На стр. 12 использовано непонятное словосочетание «интенсивное упрочнение достигает больших величин деформации».
- 3) В таблице 2 в строке «Число оборотов» использованы термины «Трехступенчатый передел» и «40 оборотов». Непонятно чем они отличаются.

От доктора технических наук, заведующего лабораторией деформирования и разрушения, Институт машиноведения УрО РАН, г. Екатеринбург, Гладковского Сергея Викторовича.

Замечания:

- 1) Непонятно, каким образом получены изломы и как распределены по их поверхности химические элементы в составе сплавов? При описании изломов было бы целесообразно использовать современные представления и термины электронной фрактографии.
- 2) Реализованная в работе схема кручения под давлением не может быть использована как технология промышленного получения новых сплавов методом механосплавления. Поэтому на основе приведенных исследований следовало бы рекомендовать для этой цели другой метод /методы интенсивной пластической деформации.

От доктора химических наук, ведущего научного сотрудника Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск, Григорьевой Татьяны Федоровны

Замечание:

Стр.10, 3 строка сверху слово «дающая» необходимо исправить на дающий, т.к. это относится к рентгеновскому структурно-фазовому анализу. Аналогично 6 строка сверху, слово «позволяющая» исправить на позволяющий и т.п.

Выбор официальных оппонентов доктора физико-математических наук Страумала Бориса Борисовича и доктора физико-математических наук Дитенберга Ивана Александровича, а также ведущей организации обосновывается публикациями оппонентов, основными научными направлениями ведущей организации, тематикой структурного подразделения и публикациями, относящимися к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Установлено, что в результате механосплавления кручением под высоким давлением при комнатной и криогенной температурах достигнуто состояние ГЦК-твердых растворов замещения, причем в системах с ограниченной растворимостью и положительной энтальпией смешения (Cu-Ag и Au-Co) образовались пересыщенные твердые растворы.

2. Установлено, что в системах с отрицательной и невысокой положительной энтальпией смешения (Cu-Zn и Cu-Ag) в результате механосплавления кручением под высоким давлением полное растворение компонентов происходит при комнатной температуре, а в системе с относительно высокой энтальпией смешения (Au-Co) – при температуре кипения жидкого азота. Увеличение давления и величины деформации также приводит к увеличению растворимости.

3. Выявлена стадийность эволюции структуры при механосплавлении методом кручения под высоким давлением. На первой стадии происходит слабое растворение или отсутствие растворения компонентов и слабый рост твердости, поверхность излома образована деформированными частицами. Второй стадии соответствуют интенсивный рост концентрации растворяемого компонента в твердом растворе и значительное увеличение твердости, а поверхность излома образована слоистыми структурами. На третьей стадии происходит замедление темпов растворения и упрочнения, а поверхность излома становится однородной, межкристаллитного типа.

4. Механосплавление при температуре кипения жидкого азота приводит к замедлению процессов растворения в системах Cu-Zn и Cu-Ag по сравнению с деформацией при комнатной температуре, а для Au-Co, наоборот, замедление происходит в условиях комнатной температуры деформации.

5. Для всех исследованных систем показано, что при совместной обработке компонентов напряжение сдвига значительно выше, чем при их

деформировании по отдельности. В системах Au-Co и Cu-Ag показано, что снижение температуры обработки приводит к значительному увеличению напряжения сдвига.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что:

Выявлена взаимосвязь между параметрами процесса механосплавления кручением под высоким давлением и особенностями формирующейся в условиях больших пластических деформаций структуры сплавов, а также степенью растворения компонентов; выявлена стадийность эволюции структуры при КВД-механосплавлении.

Полученные данные расширяют представления о закономерностях механосплавления бинарных систем.

Практическая значимость работы заключается в том, что показана принципиальная возможность и определены параметры процесса механосплавления кручением под высоким давлением для бинарных смесей металлов с различной энтальпией смешения. Полученные экспериментальные данные о стадийности формирования неравновесных и равновесных твердых растворов могут быть использованы при синтезе новых сплавов, получение которых традиционными методами сплавления не возможно.

Достоверность результатов обусловлена использованием взаимодополняющих методов исследования структуры и механических свойств материалов. Анализ полученных результатов выполнен на основе современных представлений о деформационном поведении материалов. Основные результаты диссертационной работы изложены в 10 статьях, опубликованных в реферируемых научных журналах из списка ВАК.

Личный вклад соискателя. Автор участвовал в постановке цели и задач исследования, планировал эксперименты совместно с руководителем к.ф.-м.н. В.П. Пилугоиным, выполнял механосплавление образцов методом КВД, самостоятельно проводил *in situ* измерения напряжения сдвига, принимал непосредственное участие в исследовании структурных и механических характеристик, выполнял обработку экспериментальных данных. Автор принимал непосредственное участие в написании статей и тезисов докладов, лично представлял результаты работы на конференциях.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу и соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 20.10.2017 года диссертационный совет принял решение присудить Толмачеву Тимофею Павловичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук, академик РАН

В.В. Устинов

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук

Т.Б. Чарикова

23 октября 2017 г.