

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 15.12.2017, № 21

О присуждении РАСПОСИЕНКО Дмитрию Юрьевичу, гражданину России, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние мегапластической деформации и термической обработки на структуру и свойства высокопрочных стареющих сплавов на основе Al-Li» по специальности 05.16.01 – металловедение и термическая обработка металлов и сплавов принята к защите 05.10.2017, протокол № 17 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) Федерального агентства 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 Распосиенко Дмитрий Юрьевич, 1988 года рождения, в 2011 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности «Материаловедение и технология новых материалов», 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 2014, работает в должности научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Федерального агентства научных организаций.

Диссертация выполнена в лаборатории цветных сплавов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Федерального агентства научных организаций.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Пушин Владимир Григорьевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Федерального агентства научных организаций, лаборатория цветных сплавов, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

1. Овчинников Владимир Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией пучковых воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук Федерального агентства научных организаций, г. Екатеринбург,
 2. Илларионов Анатолий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Термообработка и физика металлов» Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург,
- дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем сверхпластичности металлов

Российской академии наук (ИПСМ РАН) в своем положительном заключении, подписанном Назаровым Айратом Ахметовичем, доктором физико-математических наук, заместителем директора по научной работе ИПСМ РАН, и Имаевым Марселем Фаниревичем, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории материаловедения труднодеформируемых сплавов, указали, что диссертационная работа Распосиенко Д.Ю. «является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для развития металловедения и методов термической обработки сложных гетерофазных систем с ультрамелкозернистой структурой. Диссертация соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатской диссертации, а ее автор Распосиенко Дмитрий Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соискатель имеет 30 опубликованных работ по теме диссертации, из них статей, опубликованных в рецензируемых российских изданиях, входящих в перечень ВАК - 8, тезисов докладов в материалах всероссийских и международных конференций – 22. Общий объем научных изданий 13,74 печатных листов. Соискатель имеет «Акт внедрения» научных и практических положений диссертационной работы в Институте новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. Автором получены экспериментальные данные о влиянии мегапластической деформации и последующей термической обработки на структурные и фазовые превращения и свойства в новых промышленных алюминий-медь-литиевых сплавах 1450 с добавками Sc и Mg, В-1461 и В-1469, установлена взаимосвязь между сформированной микроструктурой и механическими свойствами, а также показана возможность стабилизации полученной нано- и

субмикроструктурной структуры. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Влияние интенсивной пластической деформации на образование нанокристаллической структуры и старение многокомпонентного алюминий-литиевого сплава с малыми добавками Sc и Mg / Л.И. Кайгородова, Д.Ю. Распосиенко, В.Г. Пушин, В.П. Пилюгин // Физика металлов и металловедение. – 2011. – Т.111, №1. – С. 74–81.
2. Влияние длительного вылеживания на структуру и свойства сплава на основе системы Al-Li-Cu-Zr, подвергнутого интенсивной пластической деформации кручением под давлением / Л.И. Кайгородова, Д.Ю. Распосиенко, В.Г. Пушин, В.П. Пилюгин // Физика металлов и металловедение. – 2012. – Т. 113, № 9. – С. 913–924.
3. Особенности структуры и свойств сплава на основе системы Al-Li-Cu-Zr, подвергнутого интенсивной пластической деформации кручением под давлением / Л.И. Кайгородова, Д.Ю. Распосиенко, В.Г. Пушин, В.П. Пилюгин // Деформация и разрушение материалов. – 2013. – №6 – С. 21–29.
4. Влияние длительного вылеживания на структуру и свойства сплава на основе системы Al-Li-Cu-Zr, подвергнутого интенсивной пластической деформации кручением под давлением / Л.И. Кайгородова, Д.Ю. Распосиенко, В.Г. Пушин, В.П. Пилюгин // Деформация и разрушение материалов. – 2013. – №7. – С. 26–32.
5. Стабильность нанокристаллической структуры и фазовые превращения в высокопрочном сплаве Al-Li-Cu-Zr / Л.И. Кайгородова, В.П. Пилюгин, В.Г. Пушин, Д.Ю. Распосиенко // Металловедение. – 2013. – № 3. – С. 53–60.
6. Структура и свойства стареющего сплава Al-Li-Cu-Zr-Sc-Ag после мегапластической деформации кручением под давлением / Л. И. Кайгородова, Д. Ю. Распосиенко, В. Г. Пушин, В. П. Пилюгин, С. В. Смирнов // Физика металлов и металловедение. – 2015. – Т.116, № 4. – С. 366–376.

7. Влияние отжига на структуру и свойства сплава Al–Li–Cu–Zr–Sc–Ag, подвергнутого мегапластической деформации / Л. И. Кайгородова, Д. Ю. Распосиенко, В. Г. Пушин, В. П. Пилюгин, С. В. Смирнов // Физика металлов и металловедение. – 2015. – Т. 116, № 9. – С. 982–991.
8. Структура стареющего сплава Al–Li–Cu–Zr–Sc–Ag после мегапластической деформации и длительного вылеживания / Л. И. Кайгородова, Д. Ю. Распосиенко, В. Г. Пушин, В. П. Пилюгин, С. В. Смирнов // Физика металлов и металловедение. – 2015. – Т. 116, № 11. – С. 1165–1172.

На диссертацию и автореферат поступило 8 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 Ковалевской Татьяны Андреевны, доктора физико-математических наук, профессора, заведующей кафедрой теоретической механики Томского государственного архитектурно-строительного университета, г. Томск, и от Данейко Ольги Ивановны, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры теоретической механики Томского государственного архитектурно-строительного университета, г. Томск; от Гундерова Дмитрия Валерьевича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Института физики перспективных материалов Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа.

Замечания содержатся в следующих отзывах:

1. От Бараза Владислава Рувимовича, доктора технических наук, профессора, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечание: 1. В работе рассматриваются сплавы, подвергаемые предварительной закалке на пересыщенный твердый раствор. Однако из текста автореферата нельзя понять, какова была температура нагрева под закалку. 2. Складывается впечатление, что автор не

делает принципиального различия между отжигом и собственно старением. Все же принято считать, что отжиг направлен на получение фактически структурно равновесного положения, а старение – для достижения метастабильного (т.е. уже не закаленного, но еще не отожженного) состояния. 3. Можно ли применительно к рассматриваемым стареющим сплавам выделить конкретный механизм распада пересыщенного твердого раствора – непрерывный или прерывистый?

2. От Беляева Сергея Владимировича, доктора технических наук, профессора заведующего кафедрой «Литейное производство» Института цветных металлов и материаловедения, г. Красноярск.

Замечание: 1. Из материалов автореферата неясно, как влияет температура деформации во время мегапластической деформации на структуру и свойства высокопрочных стареющих сплавов на основе Al-Li? 2. Чем руководствовался автор при выборе параметров мегапластической деформации (углов поворота) и режимов термообработки во время проведения экспериментов? 3. При изготовлении каких деталей из алюминий-литиевых сплавов и каким способом их обработки давлением можно применить на практике, полученные результаты исследований?

3. От Логинова Юрия Николаевича, доктора технических наук, профессора, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечание: 1. Из автореферата не ясно, какой уровень пластической деформации достигнут при использовании приема закручивания образцов? 2. Имеется ли сопоставление механических свойств алюминиевого проката соответствующих марок, требуемых ГОСТ или другими нормативными документами и механических свойств, достигнутых в результате исследования?

4. От Смирнова Александра Сергеевича, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника лаборатории механики деформаций Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург.

Замечание: 1. Автор в автореферате оперирует понятием пластичность без разъяснения какой показатель пластичности взят за основу. Существует несколько показателей пластичности: степень деформации сдвига до разрушения, относительное удлинение после разрыва и др. 2. В автореферате в качестве механических свойств материалов приведены значения приведенного модуля упругости и показателя жесткости. Неясно зачем автор приводит оба параметра, если приведенный модуль упругости можно однозначно выразить через жесткость. Также следует отметить, что приведенный модуль упругости не является строгой характеристикой материала, так как зависит от материала индентера и коэффициента Пуассона, исследуемого материала. 3. В автореферате говорится о прохождении динамической рекристаллизации в испытываемых сплавах.

Однако не поясняется какой тип динамической рекристаллизации проходил в процессе деформации: прерывистая, непрерывная или геометрическая рекристаллизация.

5. От Коневой Нины Александровны, доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки РФ, профессора кафедры физики Томского государственного архитектурно-строительного университета, и Поповой Натальи Анатольевны, кандидата технических наук, доцента кафедры физики Томского государственного архитектурно-строительного университета, г. Томск.

Замечание: диссертант достаточно детально описывает изменения в структуре и фазовом составе материала, возникающие при мегапластической деформации. Для подтверждения этих изменений в автореферате приведены электро-микроскопические изображения структуры. Однако представленные изображения не дают возможности идентифицировать те дефекты структуры, которые возникают в результате мегапластической деформации и которые так детально автор описывает в автореферате. Подписи к этим рисункам недостаточно информативны. Надеемся, что в диссертации соответствующие электро-микроскопические изображения представлены необходимым образом с указанием всех деталей.

6. От Астафуровой Елены Геннадьевны, доктора физико-математических наук, доцента, ведущего научного сотрудника Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, и Майер Галины Геннадьевны, кандидата физико-математических наук, младшего научного сотрудника Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск

Замечание: в качестве замечания следует отметить следующее: на стр. 10 автореферата автор указывает на тот факт, что «в сильнодеформированном состоянии не выполняется соотношение Холла-Петча». Это утверждение заслуживает более подробного описания и объяснения по нескольким причинам. Во-первых, оно основано на данных об изменении микротвердости сплава после КВД, а не предела упругости или условного предела текучести, как это принято. Во-вторых, при изменении режима КВД происходит не только «измельчение» структуры, но, как описывает автор, изменение характера границ раздела (границы ячеек, границы фрагментов, границы зерен, образованные в результате рекристаллизации, и деформационные высокоугловые границы). А классическое соотношение Холла-Петча описывает, прежде всего, барьерный эффект от границ зерен. В-третьих, после КВД структура образца и микротвердость существенно неоднородны по диаметру дисков. Сопоставляя микроструктуру и микротвердость в образцах, подвергнутых КВД, достаточно сложно охарактеризовать одну и ту же область.

Выбор официальных оппонентов доктора физико-математических наук, профессора В.В. Овчинникова и кандидата технических наук, доцента А.Г. Илларионова и ведущей организации обосновывается публикациями оппонентов, тематикой фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований и публикациями ведущей организации, относящимися к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Обнаружено, что мегапластическая деформация методом кручения под высоким давлением многокомпонентных стареющих промышленных алюминий-литиевых сплавов 1450, В-1461 и В-1469 приводит к образованию нанофрагментированной, нанокристаллической, субмикрокристаллической или смешанной структуры. Конкретный вариант и разнообразие структуры определяется полнотой протекания динамической рекристаллизации, степень развития которой при реализованных условиях деформации зависит от состава сплава и величины деформации. Процессы деформационной нанофрагментации и динамической рекристаллизации сопровождаются деформационно-индуцированным распадом Al твердого раствора с образованием высокодисперсных равновесных интерметаллидных фаз.

2. Обнаружено, что формирующаяся в сплавах при мегапластической деформации фрагментированная структура при дальнейшем низкотемпературном отжиге (150 °С, 15 ч) или длительном (до 2 лет) вылеживании при комнатной температуре претерпевает в результате статической рекристаллизации трансформацию в рекристаллизованную ультрамелкозернистую структуру. Характер формирующейся в процессе отжига ультрамелкозернистой структуры зависит от величины предварительной деформации и интенсивности распада пересыщенного Al твердого раствора.

3. Показано, что переход в исследованных сплавах от микрокристаллического к субмикрокристаллическому или нанокристаллическому состоянию приводит к изменению схемы и механизма распада пересыщенного твердого раствора при искусственном и естественном старении: в сплаве 1450 вместо метастабильных δ' , β' и равновесной T_1 фаз начинают выделяться дисперсные равновесные фазы S_1 и T_2 ; в сплаве В-1461 вместо фаз δ' , β' и $T_1 - T_2$ -фаза; а в сплаве В-1469 вместо фаз δ' , β' , T_1 и $\Omega - T_2$ -фаза.

4. Показано, что мегапластическая деформация всех исследованных сплавов обеспечивает повышение твердости 1,5–3 раза, параметра жесткости в 1,5 раза, а приведенного модуля упругости на 12–20 %. Повышение этих характеристик сопровождается некоторым снижением пластичности сплавов (до 13%). Отжиг при 150 °С, 15 ч или длительное вылеживание понижают твердость на 4–25 % и повышают пластичность на 1–7 %

5. Высокая фазовая и размерная стабильность структуры и свойств сплавов при длительном вылеживании обусловлены барьерным эффектом образующихся мелкодисперсных равновесных фаз интерметаллической природы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- полученные данные об изменении схемы, механизма и кинетики структурно-фазовых превращений под влиянием больших деформаций позволяют понять поведение материалов в условиях экстремальных деформационных нагрузок и углубить знания о влиянии легирования и деформации на формирование структуры и последующие при термообработке структурные и фазовые превращения в стареющих сплавах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- в многокомпонентных Al-Li сплавах применение методов мегапластической деформации позволяет получить высокопрочное термостабильное состояние, что в дальнейшем может найти применение в

конкретных промышленных изделиях;

- научные и практические положения диссертационной работы используются в Институте новых материалов и технологий УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина при подготовке аспирантов по специальностям 05.16.01. – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», 05.16.09 – «Материаловедение в металлургии», при чтении лекций, проведении семинарских занятий для бакалавров и магистров по дисциплинам «Теория и технология термической и химико-термической обработки материалов», «Материаловедение», «Физические основы прочности и разрушения», «Наноматериалы и нанотехнологии», «Современные материалы и методы их получения» по направлениям подготовки – 22.03.01, 22.04.01 – «Материаловедение и технологии материалов» и 22.03.01, 22.04.01 – «Металлургия».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- *экспериментальные результаты* получены с использованием комплекса современных взаимодополняющих апробированных и сертифицированных методов исследований и испытаний материалов: структурных исследований, измерений механических свойств, применением математических способов обработки экспериментальных данных;

- *аргументированность заключений и выводов* диссертации подтверждена их воспроизводимостью на различных материалах и их согласием с известными в литературе данными.

Личный вклад соискателя состоит:

- в постановке цели и задач работы, в формулировке заключений и выводов, планировании и проведении термо-деформационных воздействий и структурных исследований методами рентгеноструктурного анализа, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии образцов после деформации и термических обработок, анализе и обработке полученных экспериментальных данных. Все этапы исследований выполнены лично или при непосредственном активном участии соискателя.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи по изучению влияния мегапластической деформации и термической обработки на структуру и свойства высокопрочных стареющих сплавов на основе Al-Li, и соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 15.12.2017 года диссертационный совет принял решение присудить Распоиенко Дмитрию Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 05.16.01 – металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, 6 докторов наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния, 6 докторов наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, 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

18 декабря 2017 г.