

## Заключение

диссертационного совета Д 212.141.17, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 23 сентября 2020 г. № 9

О присуждении Пшонкину Даниле Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние магнитных полей на механические свойства материалов, содержащих макроскопические включения» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 19.02.2020 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 212.141.17, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, стр. 1, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Пшонкин Данила Евгеньевич, 1992 года рождения, в 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по специальности «Техника и физика низких температур». В 2019 г. Пшонкин Д.Е. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (очная форма обучения) в ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» по направлению подготовки 16.06.01 – Физико-технические науки и технологии. В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником отдела перспективных исследований и разработок в ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре динамики, прочности машин и сопротивления материалов ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Скворцов Аркадий Алексеевич, ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», заведующий кафедрой динамики, прочности машин и сопротивления материалов.

Официальные оппоненты:

Головин Юрий Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Научно-исследовательский институт «Нанотехнологии и наноматериалы», директор;

Петржик Екатерина Александровна – кандидат физико-математических наук, Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук, лаборатория механических свойств кристаллов, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

В то же время официальные оппоненты сделали ряд критических замечаний, на которые соискатель ученой степени Пшонкин Данила Евгеньевич дал убедительные разъяснения.

Ведущая организация – Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Ковалевым Анатолием Ивановичем, кандидатом технических наук, заместителем директора Научного центра металловедения и физики металлов им. Г.В. Курдюмова ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П. Бардина» и утвержденном Ереминым Г.Н., кандидатом технических наук, заместителем генерального директора ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П. Бардина», указала, что диссертация Пшонкина Д.Е., посвящена актуальной проблеме физики конденсированного состояния, связанной с изучением физических механизмов влияния включений различной природы на свойства металлов, их сплавов и полупроводников, а также возможностью управления их механическими

свойствами при помощи внешнего магнитного поля. Она является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе проведенных автором исследований решена важная для физики конденсированного состояния и физики металлов научная и практическая задача исследования влияния магнитных полей на механические свойства материалов, содержащих макроскопические включения. Значимость результатов диссертации для науки и производства, по мнению ведущей организации, определяется тем, что они описывают процессы, связанные с изменениями механических свойств алюминиевого сплава, содержащего Fe-включения, после экспозиции их во внешнем магнитном поле. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в организациях, занимающихся исследованием физики металлов и инженерии материалов (ГНЦ ФГУП «ЦНИИ Чермет им И.П. Бардина», ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (национальный исследовательский университет)», НИУ «Московский физико-технический университет», НИУ «Московский энергетический университет»).

Критические замечания, высказанные в отзыве ведущей организации, Пшонкин Данила Евгеньевич подробно прокомментировал.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 12 работ. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 5,06 п. л., из которых 2,53 п. л. принадлежат лично соискателю. Требования п.п. 11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемые к публикации основных научных результатов диссертации, выполняются. Требования, установленные п. 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, соблюдаются. Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Electromigration processes in silicon single crystals involving melt inclusions / D. Pshonkin [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 6. №7 P. 998-1003.

2. On the effect of magnetic fields on electromigration processes of liquid inclusions in aluminum and silicon / D. Pshonkin [et al.] // Solid State Phenomena. 2017. V. 269. P. 31-36.

3. Influence of permanent magnetic fields on creep and microhardness of iron-containing aluminum alloy / Danila E. Pshonkin [et al.] // Journal of Materials Research and Technology. 2019. V. 8. P. 2481-2485.

4. Skvortsov A., Pshonkin D., Lyk'yanov M. Influence of constant magnetic fields on defect formation under conditions of heat shock in surface layers of silicon // Key Engineering Materials. 2018. V. 771. P. 124-129.

5. The Effect of Constant Magnetic Fields on the Dynamics of Molten Zones in the Field of Structural Inhomogeneity of Silicon / D. Pshonkin [et al.] // Technical Physics Letters. 2018. №6. P. 498-501.

6. Softening of the Al-Mg-Si-Fe alloy under magnetostriction of FeAl microinclusions / D. Pshonkin [et al.] // Journal of Applied Physics. 2019. V.125. Issue 2. DOI:10.1063/1.5064448.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: **Мерсона Д.Л.**, доктора физико-математических наук, профессора, директора научно-исследовательского института прогрессивных технологий, профессора кафедры нанотехнологий, материаловедения и механики ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» (г. Тольятти); **Емельянова О.А.**, доктора технических наук, профессора, заместителя директора Высшей школы высоковольтной энергетики ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (г. Санкт-Петербург); **Бецофена С.Я.**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры материаловедения и технологии новых материалов ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва); **Каневского В.М.**, доктора физико-математических наук, руководителя структурного подразделения «Институт Кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН» ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (г. Москва); **Жигунова В.В.**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры физики ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (г. Тула).

Все отзывы положительные. В качестве замечаний д.ф.-м.н. Мерсон Д.Л. отметил, что в таблице 1 автореферата приведены результаты микрорентгеновского анализа состава алюминиевого сплава для трех зон, однако

никаких пояснений, что это за зоны не приводится. В пятом пункте раздела «Основные результаты и выводы» автореферата записано: «Предложен механизм влияния МП на процессы ползучести изучаемого сплава, связанный с магнитострикцией Fe-включений, находящихся в объеме сплава. Получены численные оценки локальных механических напряжений, возникающих вблизи включения». Не понятно на чем основан этот вывод, т.к. в автореферате нет никаких упоминаний ни о механизме, ни об оценке локальных напряжений. Д.т.н. Бецофен С.Я. указал на нестыковку результатов испытаний на ползучесть (стр. 11 автореферата), где указано, что выдержка в магнитном поле увеличивает плотность дислокаций, и замеров микротвердости, которые показывают снижение от 430 до 310 МПа (стр. 7). Замечания д.ф.-м.н. Каневского следующие. 1) В работе, в качестве объектов исследований, рассматриваются образцы Al, имеющие в своем составе не только Fe но и ряд других элементов, таких как Mg, Cu, Zn и т.п. Однако их возможный вклад в магнитостимулированные изменения и магнитные свойства сплавов в автореферате не обсуждается. 2) Одним из основных методов исследований заявлены методы просвечивающей и растровой электронной микроскопии, однако в автореферате не приведено изображений структуры поверхности исследуемых образцов. Данные изображения хорошо бы проиллюстрировали описываемые соискателем результаты исследований динамики включений. 3) В работе присутствует ряд опечаток.

На все критические замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат диссертации, Пшонкин Данила Евгеньевич дал аргументированные ответы.

В отзывах сделан вывод о том, что высказанные замечания не снижают общей значимости диссертации Пшонкина Д.Е., представляющей собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, в которой поставлена и решена актуальная задача, имеющая прикладное значение в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения. Автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов обоснован тем, что они являются компетентными учеными в области физики конденсированного состояния. Выбор ведущей организации обоснован тем, что ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» имеет научную школу, исследующую влияние магнитных

полей на структуру цветных металлов. В штате института состоят высококвалифицированные специалисты, способные адекватно и всесторонне оценить результаты и выводы диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** методика исследования ползучести, учитывающая вклад макроскопических включений в деформационные процессы алюминиевого сплава, а также влияния постоянного магнитного поля на активационный объем процесса ползучести при одноосном растяжении;

**предложен** способ определения численных значений магнитострикции включений в алюминиевой матрице и получения локальных механических напряжений на межфазной границе;

**доказано**, что предварительная экспозиция алюминиевого сплава с Fe-включениями в постоянном магнитном поле способствует увеличению деформации сплава, а также двукратному уменьшению величины активационного объема;

**использовано** понятие динамики активационного объема нестационарной ползучести.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказано**, что ферромагнитные включения обладают эффектом магнитострикции, который увеличивает пластическую деформацию сплава;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)** использованы аналитические и численные методы математического моделирования процессов нестационарной ползучести и влияния включений на дислокационную подвижность;

**изложены** результаты исследования зависимости активационного объема от экспозиции образцов в постоянном магнитном поле;

**раскрыта** необходимость учета концентрации Fe-включений в алюминиевом сплаве, в процессе пластической деформации после предварительной магнитной экспозиции;

**изучена** связь между плотностью дислокаций, активационным объемом процесса ползучести и пластической деформацией сплава;

**расширены** представления о ползучести металлов для случая наличия ферромагнитных включений.

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

**разработана** методика расчета пластической деформации при ползучести алюминиевого сплава с Fe-включениями;

**определены:** вклад ферромагнитных частиц в формирование физико-механических свойств изучаемого сплава, время релаксации эффекта и температура отжига эффекта, полностью купирующая действие постоянного магнитного поля;

**создана** оригинальная экспериментальная установка для регистрации процесса ползучести алюминиевых сплавов в диапазоне температур  $T=253-300\text{K}$ ;

**представлены** перспективные возможности использования магнитоиндуцированного поведения парамагнитных сплавов на основе алюминия, усиленного Fe-содержащими включениями, которые заключаются в увеличении пластичности исследуемых сплавов после предварительной магнитной экспозиции.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**все теоретические положения** построены на основе современных физических представлений о природе исследуемых материалов, при этом для их решений применены теоретически обоснованные методы;

**идея** о возможности влияния на пластические свойства диа- и парамагнетиков с помощью магнитного поля базируется на опубликованных в научной литературе результатах;

**использовано** сравнение полученных результатов с имеющимися экспериментальными данными (Громов В.Е., Ефремов М.Ю., Xin Zhang, Marcelo J. Darino);

**установлено** качественное и количественное соответствие авторских результатов с результатами, полученными другими авторами;

**использованы** современные методы математического моделирования, основанные на аналитическом и численном решении уравнений с помощью компьютерных технологий.

**Личный вклад соискателя состоит в:** подготовке образцов для исследования в СКВИД-магнетометре, участии в формулировке задач исследования, получении и обработке статистического массива экспериментальных данных, подтверждающих наличие магниточувствительных свойств исследуемого сплава, апробации результатов исследования, а также участие в их

анализе и подготовке для публикаций по выполненной работе.

Диссертационная работа соответствует пункту 1 паспорта научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертационная работа Пшонкина Данилы Евгеньевича «Влияние магнитных полей на механические свойства материалов, содержащих макроскопические включения» соответствует критериям, установленным п.п. 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Правительством Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Она является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной для физики конденсированного состояния научной задачи, связанной с разработкой методов управления структурно-чувствительными свойствами немагнитных материалов с ферромагнитными включениями. Диссертация Пшонкина Данилы Евгеньевича обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

На заседании 23 сентября 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Пшонкину Даниле Евгеньевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 13, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель

диссертационного совета

Коржавый Алексей Пантелеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Лоскутов Сергей Александрович

Дата оформления заключения 23 сентября 2020 года.