

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 27 декабря 2019 года публичной защиты диссертации Москвичева Евгения Николаевича «Механические свойства и структура алюминиевых и магниевых сплавов, обработанных методом циклического рифления при прессовании» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 20 из 26 членов диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

- | | |
|--|----------|
| 1. Шрагер Г. Р., доктор физико-математических наук, профессор, председатель диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 2. Христенко Ю. Ф., доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель председателя диссертационного совета, | 01.02.04 |
| 3. Пикущак Е. В., кандидат физико-математических наук, ученый секретарь диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 4. Архипов В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 5. Биматов В. И., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.02.05 |
| 6. Бубенчиков А. М., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 7. Бутов В. Г., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 8. Зелепугин С. А., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, | 01.02.04 |
| 9. Крайнов А. Ю., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 10. Кульков С. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 11. Лапшин О. В., доктор физико-математических наук, | 01.04.14 |
| 12. Люкшин Б. А., доктор технических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 13. Макаров П. В., доктор физико-математических наук, | 01.02.04 |
| 14. Миньков Л. Л., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 15. Пономарев С. В., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, | 01.02.04 |
| 16. Прокофьев В. Г., доктор физико-математических наук, | 01.04.14 |
| 17. Скрипняк В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 18. Старченко А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 19. Тимченко С. В., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, | 01.02.05 |
| 20. Шрагер Э. Р., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.04.14 |

Заседание провел председатель диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Шрагер Геннадий Рафаилович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Е. Н. Москвичеву ученую степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.12.2019 № 409

О присуждении **Москвичеву Евгению Николаевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Механические свойства и структура алюминиевых и магниевых сплавов, обработанных методом циклического рифления при прессовании»** по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 23.10.2019 (протокол заседания № 395) диссертационным советом Д **212.267.13**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Москвичев Евгений Николаевич**, 1992 года рождения.

В 2019 году соискатель очно окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» с выдачей диплома об окончании аспирантуры.

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории нелинейной механики метаматериалов и многоуровневых систем в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре механики деформируемого твердого тела федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Скрипняк Владимир Альбертович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра механики деформируемого твердого тела, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Лавриков Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория механики деформируемого твердого тела и сыпучих сред, главный научный сотрудник

Иванова Оксана Владимировна, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Научно-исследовательский отдел структурной макрокинетики, старший научный сотрудник дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Томский государственный архитектурно-строительный университет**», г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанным **Радченко Андреем Васильевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, институт кадастра, экономики и инженерных систем в строительстве, директор), указала, что актуальность темы диссертационного исследования обусловлена потребностью авиационной, космической и прочих отраслей промышленности в легких сплавах с высокими удельными прочностными свойствами. Е. Н. Москвичевым получены зависимости предела текучести, временного сопротивления разрушению и предельной степени деформации при квазистатическом растяжении, микротвердости от параметров микроструктуры и текстуры для листового проката сплавов 1560 и МА8; установлено, что полученные в ходе циклического рифления при прессовании структурные изменения

обеспечивают увеличение условного предела текучести и временного сопротивления разрушению; на основе конечно-элементного моделирования установлены закономерности эволюции очагов интенсивной пластической деформации в алюминиевом сплаве в процессе ходе циклического рифления при прессовании, закономерности накопления повреждения и формирования макроскопического разрушения от условий ходе циклического рифления при прессовании и конфигурации выступов пресс-формы. Результаты диссертационной работы имеют фундаментальный характер и могут быть использованы при решении прикладных задач инженерного и прочностного анализа. Установленные закономерности о влиянии структурных параметров на механические характеристики материала представляют интерес для промышленного применения. Данные, полученные в ходе численного эксперимента, могут быть использованы для проектирования режимов обработки листового проката методами рифления при прессовании, а также прогнозирования механических свойств легких сплавов после обработки методами интенсивной пластической деформации.

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 30 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы (в том числе в российских научных журналах, входящих в Web of Science, опубликовано 2 работы; в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Web of Science, опубликована 1 работа), в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных научных изданиях, входящих в Web of Science и/или Scopus, опубликовано 5 работ, в прочих научных журналах опубликовано 2 работы, в сборниках материалов международных, всероссийских научных и научно-практических конференций опубликовано 20 работ. Общий объем публикаций автора – 5,25 а.л., личный вклад автора – 1,48 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых

должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Москвичев Е. Н.** Влияние структуры на сопротивление пластической деформации алюминиевого сплава 1560 после обработки методом прессования рифлением / Е. Н. Москвичев, В. А. Скрипняк, В. В. Скрипняк, А. А. Козулин, Д. В. Лычагин // Письма о материалах. – 2016. – Т. 6, № 2 (22). – С. 141–145. – 0,31 / 0,06 а.л.

Web of Science: **Moskvichev E. N.** Influence of structure to plastic deformation resistance of aluminum alloy 1560 after groove pressing treatment / E. N. Moskvichev, V. A. Skripnyak, V. V. Skripnyak, A. A. Kozulin, D. V. Lychagin // Letters on materials – Pis'ma o materialakh. – 2016. – Vol. 6, is. 2. – P. 141–145.

2. **Москвичев Е. Н.** Влияние микроструктурных изменений при циклическом рифлении прессованием на механическое поведение магниевое сплава Mg-Mn-Ce / Е. Н. Москвичев, В. А. Скрипняк, В. В. Каракулов, Д. В. Лычагин // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2019. – № 58. – С. 109–118. – DOI: 10.17223/19988621/58/9. – 0,62 / 0,2 а.л.

Web of Science: **Moskvichev E. N.** Impact of the microstructure changes under cyclic groove pressing on the mechanical behavior of Mg-Mn-Ce magnesium alloy / E. N. Moskvichev, V. A. Skripnyak, V. V. Karakulov, D. V. Lychagin // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta–Matematika i mekhanika – Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. – 2019. – Vol. 58. – P. 109–118.

3. **Москвичев Е. Н.** Исследование структуры и механических свойств алюминиевого сплава 1560 после интенсивной пластической деформации методом прессования с рифлением / Е. Н. Москвичев, В. А. Скрипняк, В. В. Скрипняк, А. А. Козулин, Д. В. Лычагин // Физическая мезомеханика. – 2017. – Т. 20, № 4. – С. 85–93. – 0,5 / 0,1 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Moskvichev E. N. Structure and Mechanical Properties of Aluminum 1560 Alloy after Severe Plastic Deformation by Groove Pressing / E. N. Moskvichev, V. A. Skripnyak, V. V. Skripnyak, A. A. Kozulin, D. V. Lychagin // Physical

Mesomechanics. – 2018. – Vol. 21, is. 6. – P. 515–522. – DOI: 10.1134/s1029959918060061.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **В. Е. Громов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В. М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, *без замечаний*.
2. **В. И. Галкин**, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» Московского авиационного института, и **Л. В. Быков**, канд. техн. наук, доц., начальник Управления дополнительного профессионального образования Московского авиационного института, *с замечаниями*: автор провел для сплава 1560 четыре цикла ЦРП, а для сплава МА8 – три цикла, однако в автореферате представлены только исходные данные по структуре и свойствам материалов и аналогичные результаты после завершающего цикла обработки, наличие результатов после промежуточных ЦРП позволило бы количественно оценить эволюцию процесса обработки; было бы полезно сравнить результаты расчетов напряженно-деформированного состояния, полученных по математической модели, построенной диссертантом, и конечно-элементным моделям коммерческих CAE-систем, применяемых для анализа процессов пластического деформирования, например, QForm либо DeForm.
3. **А. М. Брагов**, д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник лаборатории исследования динамических свойств материалов Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, и **А. К. Ломунов**, д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории проблем прочности, динамики и ресурса Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, *с замечаниями*: при численном моделировании процесса циклического рифления использованы модели, описывающие упругопластическое поведение сплава при больших степенях деформации и разрушения, при этом непонятно, как определялись параметры моделей; автором отмечено, что структура сплавов оценивалась, например на стр. 14, в интервале размеров от 0 до 8 мкм, при этом

неясно, действительно ли были проведены микроскопические исследования структуры близких к нулю (наноразмеры) элементов, и каковы возможности применяемого оборудования, указанного в методах исследований; в тексте автореферата не приведены экспериментальные данные об изменениях кристаллографической текстуры материала, подтверждающие сделанные в работе выводы. 4. **А. В. Ковалев**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой механики и компьютерного моделирования, и **Д. В. Гоцев**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры механики и компьютерного моделирования Воронежского государственного университета, *с замечаниями*: в математической модели, приведенной на странице 17, имеются неточности, являющиеся, вероятно, опечатками. 5. **М. В. Коробенков**, канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник МНИЦ «Когерентная рентгеновская оптика для установок «Мегасайенс» Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград, *с замечанием* о наличии стилистических ошибок.

В отзывах отмечается, что в настоящее время существует необходимость повышения прочностных свойств листового проката алюминиевых и магниевых сплавов. Перспективным направлением при повышении их механических свойств является интенсивная пластическая деформация, позволяющая получать объемные заготовки с мелко- и ультрамелкозернистыми зерненными структурами. Е. Н. Москвичевым предложена методика моделирования циклического рифления при прессовании, которая позволяет оценить закономерности развития деформации во время обработки, а также закономерности зарождения и роста повреждений и формирования макроскопического разрушения; исследовано влияние микроструктурных изменений на закономерности механического поведения алюминиевых и магниевых сплавов. Результаты экспериментальных исследований представляют интерес для промышленного применения в части создания листового проката с улучшенными механическими свойствами. Данные, полученные в ходе численного эксперимента, могут быть использованы для проектирования режимов обработки листового проката методами циклического рифления при прессовании, а также прогнозирования механических свойств легких сплавов после обработки методами интенсивной пластической деформации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **С. В. Лавриков** является известным специалистом в области численных исследований процессов деформации материалов при статических и слабых динамических воздействиях; **О. В. Иванова** является известным специалистом в области численных исследований поведения материалов и конструкций при ударно-волновом воздействии с учетом анизотропии физико-механических свойств и разрушения; **Томский государственный архитектурно-строительный университет** известен своими достижениями в области механики деформируемого твердого тела, в том числе создания новых перспективных материалов и усовершенствования технологий их получения, математического моделирования динамической прочности конструкционных материалов при высокоскоростном нагружении.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан подход к исследованию закономерностей эволюции очагов интенсивной пластической деформации в алюминиевом сплаве в процессе циклического рифления при прессовании, закономерностей накопления повреждений и формирования макроскопического разрушения от условий обработки и конфигурации выступов пресс-формы на основе численного решения методом конечных элементов;

получены новые экспериментальные данные о влиянии изменений зеренной структуры алюминиевого сплава 1560 и магниевого сплава МА8 на механические характеристики в квазистатических условиях нагружения;

установлено, что полученные в ходе циклического рифления при прессовании микроструктурные изменения приводят к увеличению условного предела текучести и временного сопротивления разрушению в 1.4 и 1.5 раз соответственно, что сопровождается уменьшением деформации до разрушения;

установлено, что при уменьшении среднего размера зерна от 9 мкм до 2 мкм, механические характеристики магниевого сплава МА8 меняются следующим образом: условный предел текучести увеличивается на 30 %; временное сопротивление разрушению увеличивается на 17 %, что сопровождается увеличением степени деформации до разрушения;

установлены закономерности эволюции очагов интенсивной пластической деформации в алюминиевом сплаве в процессе циклического рифления при прессовании, закономерности накопления повреждения и формирования макроскопического разрушения от условий обработки и конфигурации выступов пресс-формы. Показано, что рост параметра поврежденности наблюдается на полуцикле обработки в зоне действия растягивающих напряжений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

получены фундаментальные результаты о влиянии микроструктурных изменений вследствие реализации в материале интенсивной пластической деформации на механические свойства сплавов с гранецентрированной кубической и гексагональной плотноупакованной решетками, вносящие вклад в расширение представлений о взаимосвязи структуры материала с процессами деформирования и разрушения.

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

разработана методика моделирования процесса циклического рифления при прессовании, позволяющая оценить закономерности развития интенсивной пластической деформации в сплавах алюминия в процессе обработки, закономерности зарождения и роста повреждений и формирования макроскопического разрушения, зависящие от условий обработки

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Результаты, полученные в диссертации Е. Н. Москвичева, могут быть использованы в учреждениях Российской академии наук, включая: Институт механики сплошных сред УрО РАН (г. Ижевск), Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (г. Москва), Институт физики и прочности материалов СО РАН (г. Томск), Институт проблем химической физики РАН (г. Черноголовка), Институт теоретической и прикладной механики СО РАН (г. Новосибирск); институтах Российских федеральных ядерных центров: ВНИИТФ (г. Снежинск), ВНИИЭФ (г. Саров); в вузах Российской Федерации, таких как Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Санкт-Петербургский политехнический

университет Петра Великого, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский государственный индустриальный университет (г. Новокузнецк) и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы апробированные экспериментальные методики, сертифицированное оборудование и лицензионное программное обеспечение, математические модели, адекватно описывающие рассматриваемые физические процессы;

установлено качественное согласование полученных в работе результатов с данными, опубликованными в мировых научных источниках.

Научная новизна заключается в получении новых экспериментальных данных, расширяющих фундаментальные знания и углубляющих представления о влиянии изменений микроструктуры материала, модифицированного методами интенсивной пластической деформации, на механические характеристики сплавов на основе алюминия и магния. Впервые подобраны режимы циклического рифления при прессовании для обработки листового проката отечественных марок, позволившие получить мелкозернистую структуру; с помощью методов численного моделирования описан процесс деформации и локализации повреждений тонколистового проката в ходе циклического рифления при прессовании.

Личный вклад соискателя состоит в: проведении численного эксперимента; подборе режимов прессования и получении образцов легких сплавов с модифицированной структурой; получении экспериментальных результатов, выносимых на защиту, обработке, анализе и обобщении результатов численного моделирования, подготовке публикаций по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи экспериментального исследования закономерностей механического поведения легких конструкционных сплавов с гранецентрированной кубической и гексагональной плотноупакованной кристаллическими решетками, в зависимости от структурного состояния, а также получения данных о локализации пластической деформации и повреждений при обработке листового проката методами интенсивной пластической деформации, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела.

На заседании 27.12.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Москвичеву Е. Н.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Шрагер Геннадий Рафаилович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Пикуцак Елизавета Владимировна

27.12.2019