

## 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 29 декабря 2014 года публичной защиты диссертации Красновейкина Владимира Алексеевича «Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов при динамическом канально-угловом и разноканальном прессовании» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Время начала заседания: 12.00.

Время окончания заседания: 13.30.

На заседании присутствовали 20 из 27 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

- |   |                    |          |
|---|--------------------|----------|
| 1. Васенин Игорь Михайлович,<br>заместитель председателя совета | д-р физ.-мат. наук | 01.02.05 |
| 2. Христенко Юрий Федорович,<br>ученый секретарь                | д-р техн. наук     | 01.02.04 |
| 3. Архипов Владимир Афанасьевич                                 | д-р физ.-мат. наук | 03.00.16 |
| 4. Биматов Владимир Исмагилович                                 | д-р физ.-мат. наук | 01.02.05 |
| 5. Бутов Владимир Григорьевич                                   | д-р физ.-мат. наук | 01.04.14 |
| 6. Герасимов Александр Владимирович                             | д-р физ.-мат. наук | 01.02.04 |
| 7. Глазунов Анатолий Алексеевич                                 | д-р физ.-мат. наук | 01.02.05 |
| 8. Глазырин Виктор Парфирьевич                                  | д-р физ.-мат. наук | 01.02.04 |
| 9. Зелепугин Сергей Алексеевич                                  | д-р физ.-мат. наук | 01.02.04 |
| 10. Крайнов Алексей Юрьевич                                     | д-р физ.-мат. наук | 03.00.16 |
| 11. Люкшин Борис Александрович                                  | д-р техн. наук     | 01.02.04 |
| 12. Макаров Павел Васильевич                                    | д-р физ.-мат. наук | 01.02.04 |
| 13. Прокофьев Вадим Геннадьевич                                 | д-р физ.-мат. наук | 01.04.14 |
| 14. Скрипняк Владимир Альбертович                               | д-р физ.-мат. наук | 01.02.04 |
| 15. Смоляков Виктор Кузьмич                                     | д-р физ.-мат. наук | 01.04.14 |
| 16. Старченко Александр Васильевич                              | д-р физ.-мат. наук | 01.04.14 |
| 17. Тимченко Сергей Викторович                                  | д-р физ.-мат. наук | 01.02.05 |
| 18. Черепанов Олег Иванович                                     | д-р физ.-мат. наук | 01.02.04 |
| 19. Шрагер Геннадий Рафаилович                                  | д-р физ.-мат. наук | 01.02.05 |
| 20. Шрагер Эрнст Рафаилович                                     | д-р физ.-мат. наук | 01.04.14 |

**Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Васенин Игорь Михайлович.**

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

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13**  
**на базе федерального государственного автономного образовательного**  
**учреждения высшего образования**  
**«Национальный исследовательский Томский государственный университет»**  
**Министерства образования и науки Российской Федерации**  
**по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 29.12.2014 г., № 216

О присуждении **Красновейкину Владимиру Алексеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов при динамическом канально-угловом и разноканальном прессовании»** по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 27.10.2014 г., протокол № 209, диссертационным советом Д 212.267.13 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 203-161 от 08.02.2008 г.).

Соискатель **Красновейкин Владимир Алексеевич**, 1987 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет».

В 2014 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности лаборанта кафедры механики деформируемого твердого тела в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре механики деформируемого твердого тела федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки 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:

**Вахрушев Александр Васильевич**, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория механики наноструктур, заведующий лабораторией

**Киселев Сергей Петрович**, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория № 6 «Физика многофазных сред», ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук**, г. Пермь, в своем положительном заключении, подписанном **Наймарком Олегом Борисовичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория физических основ прочности, заведующий лабораторией) указала, что интерес к исследованию процессов интенсивной пластической деформации легких сплавов связан с потребностями техники в проведении инженерного анализа элементов конструкций из легких сплавов, полученных методами интенсивной пластической деформации, и в связи с этим диссертационная работа В.А. Красновейкина имеет высокую актуальность.

В работе с помощью методов численного моделирования проведено исследование особенностей интенсивной пластической деформации легких сплавов в динамике при канальном прессовании по двум схемам – динамического равноканального углового прессования и канального прессования в каналах переменной формы. Показаны возможности равномерного деформирования легких сплавов по данным схемам. Результаты выполненных исследований могут быть использованы для проектирования режимов обработки сплавов методами динамического равноканального углового прессования и разноканального прессования в каналах переменной формы, а также для прогнозирования механических свойств легких сплавов после обработки методами интенсивной пластической деформации.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 19 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3, публикаций в сборниках материалов всероссийских и международных научных конференций – 16. Общий объем публикаций – 2,96 п.л., авторский вклад – 0,81 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Красновейкин В.А., Скрипняк В.А., Козулин А.А. Численное моделирование процессов интенсивной пластической деформации тел при динамическом канальном прессовании // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55, № 9-3. – С. 67-71. – 0,3 / 0,1 п.л.

2. Козулин А.А., Красновейкин В.А., Скрипняк В.В., Хандаев Б.В., Ли Ю.В. Механические свойства алюминий магниевых сплавов после интенсивной пластической деформации // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 888-895. – 0,35 / 0,07 п.л.

3. Козулин А.А., Скрипняк В.А., Красновейкин В.А., Скрипняк В.В., Каравацкий А.К. Исследование физико-механических свойств ультрамелкозернистых магниевых сплавов после интенсивной пластической деформации // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 9. – С. 98-104. – 0,44 / 0,09 п.л.

На автореферат поступили 9 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **В.Э. Вильдеман**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», директор Центра экспериментальной

механики Пермского национального исследовательского политехнического университета, *без замечаний*; 2. **А.Ф. Ревуженко**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий отделом моделирования процессов деформирования и разрушения горных пород Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, и **С.В. Лавриков**, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., старший научный сотрудник лаборатории механики деформируемого твердого тела и сыпучих сред Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, *без замечаний*; 3. **Ю.В. Горохов**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Обработка металлов давлением» Сибирского федерального университета, г. Красноярск, *с замечаниями*: в автореферате следовало больше внимания уделить методике проведения экспериментов, в частности, описанию оснастки, количеству образцов, замеру температуры прессования, привести микроструктуру образцов, и указать, для изготовления изделий какого назначения можно использовать результаты работы; вызывает сомнение утверждение о том, что степень пластической деформации может достигать 100 %; 4. **В.Е. Громов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой физики им. проф. В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк; **С.А. Невский**, канд. техн. наук, доцент кафедры физики им. проф. В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, *без замечаний*; 5. **Ю.В. Маслов**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры 104 «Технологическое проектирование и управление качеством» Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), *без замечаний*; 6. **В.В. Ким**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник отдела экстремальных состояний вещества Института проблем химической физики РАН, г. Черноголовка, *без замечаний*; 7. **Д. Ким**, канд. физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой физики Братского государственного университета, и **А.С. Янюшкин**, д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник Братского государственного университета, *с замечаниями*: из автореферата не вполне ясен характер повреждений образца при канальном прессовании в режимах, указанных в таблице 3; следовало указать режимы, при которых повреждений сплава не происходит; 8. **В.Н. Удодов**, д-р физ.-мат. наук, проф.,

заведующий лабораторией физики твердого тела, заведующий кафедрой теоретической физики и информационных технологий в образовании Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, и **А.А. Попов**, канд. физ.-мат. наук, доц., проректор по науке и инновациям Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, *с замечаниями*: в автореферате на стр. 6 фраза «материалы работы докладывались» повторена дважды; на рис. 9, 10, 12 и 14 не приведены погрешности результатов. 9. **А. К. Ломунов**, д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник лаборатории «Механика материалов» Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, и **А.М. Брагов**, д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией «Механика материалов» Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, *с замечанием*: в автореферате не сказано о работах, выполненных другими авторами; было бы интересно провести качественное или количественное сравнение полученных в работе результатов с результатами Е.В. Шорохова с соавторами.

В отзывах указано, что диссертационное исследование В.А. Красновейкина развивает новое перспективное направление в изучении пластической деформации и является важным для современной промышленности, так как повышение эффективности производства пресс-изделий из цветных металлов за счет моделирования и экспериментального исследования процессов интенсивной пластической деформации легких конструкционных сплавов с использованием метода сглаженных частиц является весьма актуальным. В автореферате представлены результаты решения сформулированной на современном высоком уровне новой научной задачи моделирования особенностей развития ИПД, происходящих при динамическом разноканальном и канально-угловом прессовании. Разработанные математические модели можно использовать при прогнозировании развития ИПД при канальном прессовании и выборе управляющих параметров обработки материала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что С.П. Киселев является специалистом по численному моделированию процессов деформации тел, в том числе и в динамике; А.В. Вахрушев занимается

физико-химией наносистем, наночастицами, нанокомпозитами, методами математического моделирования наносистем. Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук является ведущим научным учреждением в области математического и физического моделирования процессов деформирования, разрушения и аномального поведения твердых тел с учетом температурно-временных эффектов, фазовых превращений в материалах, возникновения и развития дефектов, в том числе в области методов численного эксперимента в механике деформируемого твердого тела. Сотрудники института с использованием оригинальных экспериментальных установок и методов структурного анализа ведут исследования закономерностей развития процесса взаимодействия тел, локализации пластического сдвига и разрушения.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*разработана* модель механического поведения легких сплавов в условиях интенсивной пластической деформации, позволяющая учесть влияние на сопротивление деформации и поврежденность материалов изменений структуры в зависимости от температуры и скорости деформации;

*получены* новые экспериментальные данные об изменении механических свойств и параметров структуры в зависимости от режимов многопроходного равноканального углового прессования магниевого сплава (Mg2-1) и алюминий-магниевого сплава (Al 1560);

*получены* новые данные о закономерностях развития интенсивных пластических деформаций в модифицированной схеме ИПД (в каналах прессования переменной формы – КППФ), обеспечивающий развитие больших пластических деформаций материала и низкий уровень повреждений после обработки;

*проведен* сравнительный анализ параметров напряженно-деформированного состояния материала и эволюции его зеренной структуры при обработке с помощью схем ДКУП и КППФ.

**Теоретическая значимость исследований** обоснована тем, что:

*разработана* физико-математическая модель, позволяющая описывать закономерности пластической деформации и поврежденности (ГЦК ГПУ) легких

сплавов при интенсивной пластической деформации, в расширенном диапазоне скоростей деформации и температуры, с учетом изменения размеров зерен и накопления повреждений структуры;

*впервые исследованы* закономерности деформационного упрочнения и повреждения легких сплавов при динамическом прессовании по новой схеме прессования, использующей канал эллиптического сечения с переменной ориентацией осей. Показано, что новая схема прессования, с применением каналов эллиптического сечения обеспечивает интенсивную пластическую деформацию тела от 40 до 100 %, развивающуюся со скоростью от 2000 до 15000 с<sup>-1</sup> в зависимости от выбранных режимов обработки;

*исследованы* закономерности пластической деформации и повреждений в объеме прессуемого тела при канальном прессовании в диапазоне скоростей деформации от 200 до 15000 с<sup>-1</sup> и диапазоне температуры от 300 К до 473 К, использовании различных схем углового и осевого прессования;

*получены* новые данные о влиянии распределения зерен по размерам на механические характеристики легких сплавов Al 1560 и Ma2-1, после канального прессования по схемам ортогонального равноканального углового прессования в условиях квазистатического и динамического нагружения;

*разработана* методика расчета больших пластических деформаций и развития повреждений при высоких скоростях динамического канального прессования легких сплавов в широком диапазоне скоростей с использованием метода сглаженных частиц (SPH). Применение методики позволило описывать закономерности развития интенсивной пластической деформации.

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

*предложена* физико-математическая модель, позволяющая описывать закономерности пластической деформации и поврежденности (ГЦК ГПУ) легких сплавов при интенсивной пластической деформации, в расширенном диапазоне скоростей деформации и температуры, с учетом изменения размеров зерен и накопления повреждений структуры;



*определены* рациональные формы и параметры каналов в пресс-формах, а также режимы прессования, обеспечивающие получение однородной пластической деформации в объеме прессуемого тела.

Результаты получены в рамках выполнения 3 грантов РФФИ, 2 проектов ФЦП, 1 проекта АВЦП, в том числе проект ФЦП Минобрнауки России «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» № П506 от 13.05.2010 «Динамическая прочность легких магниевых сплавов в широком диапазоне скоростей нагружения» (2009-2013 гг.); № 14-01-31144 мол\_а «Изучение деформационного поведения конструкционных ультрамелкозернистых магниевых сплавов авиационного назначения в условиях динамического растяжения» (2014-2015 гг.).

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Результаты выполненных исследований могут быть использованы для проектирования режимов обработки сплавов методами ДКУП и КППФ, а также прогнозирования механических свойств легких сплавов после обработки методами ИПД. Полученные новые данные о влиянии зеренной структуры на механические свойства могут быть использованы при создании изделий из этих материалов.

**Оценка достоверности и новизны результатов исследования выявила:**

достоверность полученных результатов и выводов обеспечивается выбором современных экспериментальных методов и средств моделирования поведения материалов, сходимостью численных результатов при выбранных параметрах пространственно-временной дискретизации, согласием полученных численных результатов с экспериментальными данными.

**Научная новизна результатов диссертации** заключается в разработке и реализации вычислительных моделей и алгоритмов численного описания механического поведения и напряженно-деформированного состояния лёгких сплавов при интенсивной пластической деформации;

разработанная модель механического поведения легких сплавов в условиях интенсивной пластической деформации позволяет учесть влияние на сопротивление деформации и поврежденность материалов изменений структуры в зависимости от температуры и скорости деформации;

новые экспериментальные данные свидетельствуют о влиянии режимов многопроходного равноканального углового прессования на механические свойства магниевого сплава (Mg2-1) и алюминий-магниевого сплава (Al1560).

**Личный вклад автора заключается в участии в разработке физико-математической модели интенсивной пластической деформации легких сплавов в динамике, а также моделировании процессов динамического канального прессования; тестировании созданных моделей; проведении серий расчетов; обработке и анализе полученных результатов; формулировке основных положений и выводов диссертационной работы. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем. В статьях, написанных в соавторстве с научным руководителем, автором выполнены все расчеты, проведен анализ результатов, и по итогам обсуждения написаны тексты статей.**

Диссертация соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи интенсивной пластической деформации легких сплавов в динамике, в частности, при её проведении с помощью различных схем динамического канального прессования, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела.

На заседании 29.12.2014 г. диссертационный совет принял решение присудить **Красновейкину В.А.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета  
Ученый секретарь  
диссертационного совета



Васенин Игорь Михайлович

Христенко Юрий Федорович

29 декабря 2014 г.