



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

пл. Соляная, 2, г. Томск, 634003, телефон (3822) 65-32-61, факс (3822) 65-24-22, e-mail: canc@tsuab.ru  
ОКПО 02069295690001, ОГРН 1027000882886 ИНН/КПП 702000080/701701001

## УТВЕРЖДАЮ

ректор федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Томский государственный  
архитектурно-строительный  
университет», доктор физико-  
математических наук, профессор



В. А. Власов

«10» декабря 2019 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Москвичева Евгения Николаевича «Механические свойства и структура алюминиевых и магниевых сплавов, обработанных методом циклического рифления при прессовании», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела.

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Диссертационная работа Е.Н. Москвичева посвящена исследованию закономерностей механического поведения листового проката легких конструкционных сплавов на основе алюминия и магния, в зависимости от их структурного состояния, измененного за счет реализации в материале интенсивной пластической деформации методом циклического рифления при прессовании. Использование методик интенсивной пластической деформации для получения материалов с улучшенными механическими свойствами получило широкое распространение в мире. Однако среди работ, посвященных методикам улучшения свойств за счет реализации в материале больших степеней деформации, большая часть посвящена получению объемных полуфабрикатов и заготовок, в то время как возможностям качественного улучшения свойств листовых материалов уделено меньшее внимание. Актуальность темы обусловлена потребностью авиационной, космической, автомобильной и прочих отрас-

лей промышленности в легких сплавах с высокими удельными прочностными свойствами.

### **Научная новизна исследования и полученных результатов**

В диссертационной работе выполнены новые экспериментальные исследования механического поведения отечественных марок алюминиевых и магниевых сплавов с модифицированной интенсивной пластической деформацией структурой в результате интенсивной пластической деформации листового проката. С помощью методов численного моделирования изучены закономерности процессов интенсивной пластической деформации и эволюции повреждений тонколистового проката алюминиевого и магниевого сплавов в ходе циклического рифления при прессовании.

Основные новые научные результаты и выводы, полученные автором, состоят в следующем:

1. Получены зависимости предела текучести, временного сопротивления разрушению и предельной степени деформации при квазистатическом растяжении, микротвердости от параметров зеренной структуры и кристаллографической текстуры для алюминиевого сплава 1560 в крупнокристаллическом состоянии и после обработки методом циклического рифления при прессовании. Установлено, что полученная в ходе циклического рифления при прессовании структура обеспечивает увеличение условного предела текучести и временного сопротивления разрушению. Повышение сопротивления пластической деформации в обработанном ЦРП алюминиевом сплаве 1560 сопровождается характерным уменьшением деформации до разрушения по сравнению с соответствующей деформацией в крупнокристаллическом состоянии.

2. Показано, что в результате 4 циклов рифления при прессовании формируется бимодальная зеренная структура, характеризующаяся наличием крупных зерен, вытянутой в направлении деформации формы, и скоплений зерен микронных и субмикронных размеров, имеющих равноосную форму, а также происходит переход от исходной текстуры прокатки к текстуре осадки.

3. Получены новые экспериментальные данные о зависимостях условного предела текучести, временного сопротивления разрушению и предельной степени деформации от параметров зеренной структуры и кристаллографической текстуры для магниевого сплава МА8 в условиях испытаний на осевое растяжение в квазистатических условиях. Установлено, что три цикла циклического рифления при прессовании приводят к уменьшению среднего размера зерна и повышению условного предела текучести и временного сопротивления разрушению. Повышение сопротивления пластической деформации в обработанном ЦРП сплаве МА8 сопровождается увеличением степени деформации до разрушения по сравнению с соответствующей деформацией в крупнокристаллическом состоянии.

4. Показано что 3 цикла ЦРП достаточно для формирования в образце магниевого сплава мелкозернистой структуры, с равномерным распределением зерен по размеру. В результате рифления при прессовании происходит разворот зерен относительно, формируется преимущественная текстура  $\{11-20\}\langle 0001 \rangle$ . Совокупность структурных и текстурных изменений способствует увеличению прочностных

свойств магниевого сплава и активации дополнительных систем скольжения в ГПУ решетке, обуславливающих увеличение предельной деформации до разрушения.

5. На основе конечно-элементного моделирования установлены закономерности эволюции очагов интенсивной пластической деформации в алюминиевом сплаве в процессе циклического рифления при прессовании листового проката, закономерности накопления повреждения и формирования макроскопического разрушения от условий циклического рифления при прессовании и конфигурации выступов пресс-формы.

### **Характеристика содержания диссертационной работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 107 страницах машинописного текста, в том числе 49 рисунков, 5 таблиц.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая значимость, перечислены выносимые на защиту положения, изложено краткое содержание работы.

В **первой главе** приведено описание методики циклического рифления при прессовании, приведены режимы обработки листового проката алюминиевого сплава 1560. Приведено описание методик исследования зеренной структуры и кристаллографической текстуры материала, методик исследования механических характеристик. Представлены результаты структурных исследований и механических испытаний, обсуждены закономерности деформационного упрочнения алюминиевого сплава 1560 от параметров зеренной структуры. Исследован материал в состоянии поставки и после четырех циклов обработки методом циклического рифления при прессовании.

**Вторая глава** посвящена изучению влияния интенсивной пластической деформации методом циклического рифления при прессовании на механические свойства и структуру листового проката магниевого сплава МА8. Приведено описание методик исследования зеренной структуры и кристаллографической текстуры материала, методик исследования механических характеристик. Представлены результаты структурных исследований и механических испытаний, обсуждены закономерности деформационного упрочнения магниевого сплава Ма8 от параметров зеренной структуры и кристаллографической текстуры. Исследован материал в состоянии поставки и после трех циклов обработки методом циклического рифления при прессовании.

**Третья глава** посвящена моделированию механического поведения листового проката алюминиевого сплава 1560 во время циклического рифления при прессовании. Представлена общая физико-математическая постановка задачи об интенсивной пластической деформации тел при циклическом рифлении при прессовании, результаты численного исследования процессов локализации пластической деформации и локализации повреждений в материале во время обработки.

В **заключении** сформулированы основные результаты и выводы диссертационного исследования.



## **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.**

Достоверность полученных в ходе выполнения работы экспериментальных результатов и обоснованность приведенных в работе выводов, сформулированных в диссертации Е.Н. Москвичева, подтверждается применением апробированных экспериментальных методик, сертифицированного оборудования и лицензионного программного обеспечения, выбором современных методов численного моделирования и корректной постановкой задач. Так же согласием полученных в работе результатов с результатами, опубликованными в мировых научных источниках.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследований.**

Результаты диссертационной работы имеют фундаментальный характер и могут быть использованы при решении прикладных задач, включая выполнение инженерного и прочностного анализа при проектировании деталей и конструкций из листового проката легких алюминиевых и магниевых сплавов с повышенными за счет обработки ИПД механическими свойствами.

Установленные закономерности о влиянии параметров зеренной структуры и кристаллографической текстуры на механические характеристики материала и особенности его механического поведения 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 рифления при прессовании, а также прогнозирования механических свойств легких сплавов после обработки методами ИПД.

### **Использование результатов диссертационной работы:**

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: МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва), СПбПУ (г. Санкт-Петербург), ННГУ им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород), ПНИПУ (г. Пермь), КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева (г. Казань), Томский государственный архитектурно-строительный университет (г. Томск), НИ «Томский политехнический университет», НИ «Томский государственный университет», Сибирский государственный индустриальный университет (г. Новокузнецк) и др.

### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации.**

**Автореферат** в полной мере отражает содержание диссертации, в нем последовательно раскрыты поставленные цели и задачи исследования, представлены основные результаты работы, сформулированы положения, выносимые на защиту. Результаты и выводы в автореферате соответствуют поставленным цели и задачам исследования.

### **Подтверждения опубликованных основных научных результатов диссертации в научной печати**

По теме диссертации соискателем опубликовано 30 работ, в том числе 3 статьи 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 (из них 2 статьи в российских научных журналах, входящих в Web of Science, 1 статья в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Web of Science), 5 статей в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных научных изданиях, входящих в Web of Science и/или Scopus, 2 статьи в прочих научных журналах, 20 публикаций в сборниках материалов международных, всероссийских научных и научно-технических конференций, школ, форумов.

### **Замечания**

1. В работе не указано, как определялись параметры использованных в работе моделей.
2. Не указано, проводились ли тестовые расчеты направленные на определение применимости, используемых моделей при данных скоростях нагружения.
3. Диаграммы деформирования для алюминиевых сплавов представлены в условных координатах и там четко прослеживается увеличение преобладания стадии однородного удлинения над областью локализации деформации и роста шейки. Для магниевых сплавов диаграмма представлена в истинных координатах и там сложно проследить данный эффект. Оценивались ли автором эти эффекты, и как можно объяснить такое явление?
4. Работа, несомненно, выиграла, если бы было приведено исследование анизотропии свойств материала в направлении проката исходной заготовки, поперек направления проката и под углом 45 градусов.

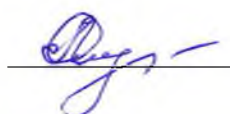
Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации

**Заключение.** Диссертация Москвичева Е.Н. соответствует отрасли «физико-математические науки», а содержательная часть и полученные результаты соответствуют паспорту научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела по областям исследования «Законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых» (п. 1 паспорта специальности), «Экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов» (п. 9 паспорта специальности).

По высказанным соображениям работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в ред. от 01.10.2018), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, обладает научной новизной и практической значимостью, а сам автор заслуживает присвоения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела.

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры геоинформатики и кадастра, протокол № 4 от 22 ноября 2019 года.

Директор института кадастра,  
экономики и инженерных систем  
в строительстве, заведующий кафедрой  
геоинформатики и кадастра  
доктор физико-математических наук  
(01.02.04 – механика деформируемого твердого тела),  
профессор



Радченко Андрей Васильевич

*Сведения об организации:* Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет»; 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2; (3822) 47-28-91; [rector@tsuab.ru](mailto:rector@tsuab.ru); сайт организации: [http:// www.tsuab.ru](http://www.tsuab.ru)