

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

диссертационного совета 24.1.463.01, созданного на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института физического материаловедения  
Сибирского отделения Российской академии наук  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 17.01.2025, № 7

О присуждении Чжэну Цюаню, гражданину Китайской Народной Республики, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Структурно-фазовое состояние и физико-механические свойства диффузионных покрытий на горячештампových сталях, полученных комплексным насыщением бором, хромом и церием» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 12.11.2024 (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.463.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26 января 2023, № 85/нк.

Соискатель Чжэн Цюань, «04» июля 1993 года рождения. В 2024 году соискатель окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по направлению 22.06.01 «Технологии материалов». На момент защиты диссертации соискатель является аспирантом в Отделе сопровождения подготовки кадров высшей квалификации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский

государственный технический университет им. И.И. Ползунова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре Физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук Гурьев Алексей Михайлович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра начертательной геометрии и графики, заведующий.

Официальные оппоненты:

Ишков Алексей Владимирович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет», кафедра технологии конструкционных материалов и ремонта машин, заведующий;

Будовских Евгений Александрович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», кафедра естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля, профессор-консультант  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск в своем положительном отзыве, подписанном Курзиной Ириной Александровной, доктором физико-математических наук, заведующей кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии, директором Центра исследований в области материалов и технологий, указала, что «Достоверность и обоснованность результатов обеспечивается объемом полученных в ходе

работы экспериментальных данных; сопоставлением и непротиворечивостью оригинальных теоретических и экспериментальных результатов с данными, полученными другими исследователями, имеющимися в литературе; высокой воспроизводимостью разработанных технологических приемов в лабораторных и производственных условиях при проведении работ по комплексному насыщению горячештаптовых сталей одновременно бором, хромом и церием, подтверждённых актами промышленных испытаний и внедрением в производство. Результаты работы используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров, обучающихся в Уханьском текстильном университете (Китайская Народная Республика), в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», а также в производстве ООО «РМС» (Россия). Рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся значимые сведения о процессах многокомпонентного насыщения сталей и сплавов одновременно бором, хромом и церием, имеющие как научное, так и практическое значение. Диссертационная работа выполнена на высоком уровне и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук, в соответствии с пунктами 9–11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», автор рассматриваемой диссертации, Чжэн Цюань, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 26 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 16 работ. Общий объем 24,65 п.л., личный вклад автора 5,12 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Чжэн, Ц. Влияние диффузионного покрытия бор-хром-лантан на жаростойкость и износостойкость стали 4X5MФ1С / Ц. Чжэн, М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Ш. Мэй, А. М. Гурьев // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2024. – № 3 (49). – С. 22-29.

2. Гурьев, М.А. Влияние содержания углерода в стали на параметры диффузии бора и толщину диффузионного покрытия при борировании / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Ц. Чжэн, Ш. Мэй, А. М. Гурьев // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2024. – № 3 (49). – С. 30–36.

3. Zheng, Q. Tribological, oxidation and corrosion properties of ceramic coating on AISI H13 steel by rare earth-Cr composite boronizing / Q. Zheng, S. Mei, Z. Xiao, Z. Hu, Z. Chen, Q. Xu, A. Guryev, B. Lygdenov // Ceramics International. – 2024. – Vol. 50, Is. 6. – P. 8760–8776.

4. Zheng, Q. Effect of cooling methods on the tribological, oxidation and corrosion properties of CeO<sub>2</sub> composite boronizing coatings on 4Cr5MoSiV1 steel / Q. Zheng, S. Mei, Z. Xiao, J. Yang, Z. Chen, Q. Xu, A. Guryev, B. Lygdenov // Journal of Materials Research and Technology. – 2024. – Vol. 30. – P. 3807–3821.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. д.т.н., технического директора Подшипникового завода Саньон (Китай) Хараева Ю.П. Замечания отсутствуют.

2. д.ф.-м.н., заслуженного деятеля науки РФ, главного научного сотрудника ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» Старостенкова М.Д. Замечания отсутствуют.

3. д.т.н., заведующей кафедрой информационные технологии и прикладная механика ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» Бохоевой Л.А. Замечания: 1) Представленные в автореферате разработки имеют практическую ценность. К сожалению, автор не отразил, где они могут быть востребованы и найти реальное применение, кроме как при подготовке специалистов и научно-образовательных кадров в области технологии материалов. 2) Из раздела «Актуальность темы исследования» не совсем понятно, почему для

формирования боридного слоя горячештамповой стали был выбран комплекс насыщения: бор, хром и церий.

4. к.т.н., заведующего лабораторией физики упрочнения поверхности ФГБУН Института физики прочности и материаловедения СО РАН Филиппова А.В. Замечания: а) Низкое качество отдельных рисунков, а именно: на рисунках 4, г и 5, б не читаются некоторые надписи. б) В автореферате не приведена формула, по которой рассчитывали скорость износа образцов в условиях сухого трения.

5. д.т.н., профессора Шморгуна В.Г. и к.т.н., доцента Слаутина О.В., кафедра материаловедение и композитные материалы, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Замечания: 1) В основном содержании работы при описании главы 2 не представлены объяснения выбора насыщающего компонента церия. 2) На рисунке 2б автореферата не указан доверительный интервал.

6. д.т.н., профессора кафедры обработки металлов давлением ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» Деева В.Б. Замечание: целесообразным являлось бы указание примерного экономического эффекта, который мог бы быть получен при внедрении предлагаемой диссертантом разработанного нового метода формирования керамического боридного покрытия на поверхности горячештампового инструмента.

7. д.т.н., главного научного сотрудника ОНИЛ плазменных и лазерных технологий НИПИ филиала Белорусского национального технического университета Шматова А.А. Замечание: из текста автореферата непонятно для чего в состав обмазки вводят графит в большом количестве 10 % и как он влияет на структуру сталей.

8. к.ф.-м.н., доцента кафедры физики ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» Степановой В.А. Замечания: 1) На рисунке 1 представлены микроструктуры боридного слоя при использовании различных редкоземельных элементов, но

не обозначен боридный слой — это затрудняет сделать вывод, что толщина боридного слоя практически инвариантна к конкретному редкоземельному соединению и его типу. 2) Ни в тексте, ни в подписи под рисунком 5.б нет пояснений горизонтальной оси.

9. д.т.н., проректора по научной и инновационной деятельности Коновалова С.В. и научного сотрудника Гостевской А.Н., ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет». Замечания: 1) На стр. 11 (рис.2) приведены результаты микротвердости в виде графика, но отсутствует описание данных, представленных на графике. Не объяснено с чем связано резкое падение микротвердости на расстояние 60 мкм от поверхности исследуемых материалов. 2) На рис. 3 представлена микроструктура диффузионных многокомпонентных слоев на основе бора на стали AISI H13, где указывается, что в ней присутствуют дефекты в виде пор, но в самом тексте не приведено описание, с чем может быть связано их образование и как от них избавиться.

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в научных областях, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация является значимым научно-образовательным центром и одним из лидеров в подготовке кадров по физико-химическим и техническим направлениям. Сотрудники химического факультета и Центра исследований в области материалов и технологий ТГУ могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы. Официальные оппоненты Будовских Е.А. и Ишков А.В. — являются признанными специалистами в области Физики конденсированного состояния и Материаловедения в машиностроении, поверхностного упрочнения металлов и сплавов, известны своими исследованиями процессов диффузии в твердом теле, в частности при получении защитно-упрочняющих и функционально-градиентных покрытий на металлах и сплавах, что подтверждается публикациями в данной области исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработана** новая научная идея, обогащающая научную концепцию формирования многокомпонентных диффузионных покрытий на сталях и сплавах для горячего деформирования с целью повышения их эксплуатационных свойств в результате комплексного насыщения бором, хромом и церием; **предложен** нетрадиционный подход к решению задачи повышения стойкости диффузионных покрытий, заключающийся в замедленном охлаждении упрочненных после насыщения деталей с промежуточной высокотемпературной выдержкой; **доказано** наличие зависимостей между увеличением скорости диффузионных процессов и добавкой редкоземельных металлов (в частности – церия) в насыщающую смесь при насыщении сталей и сплавов одновременно бором, хромом и церием; **введены** новые представления о влиянии дефектов диффузионных покрытий на механизмы и скорость коррозии, в том числе высокотемпературной, сталей и сплавов, упрочненных методами химико-термической обработки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказаны** положения о закономерностях структурно-фазового состояния диффузионных покрытий, полученных комплексным насыщением сталей бором, хромом и церием, вносящие вклад в расширение представлений о многокомпонентной диффузии в сталях и сплавах; **применительно** к проблематике диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых методов исследования в физике твердого тела (оптическая и электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, измерение твердости, определение износостойкости), в том числе методы обработки экспериментальных данных, обладающих новизной; **изложены** условия структурообразования комплексных трехкомпонентных покрытий на горячештампových сталях, при их одновременном насыщении бором, хромом и церием; **раскрыты** механизмы формирования комплексных многокомпонентных диффузионных слоев на сталях и сплавах при их одновременном насыщении бором, хромом и церием; **изучены** причинно-следственные связи между химическим составом насыщающей

среды, составом насыщаемого сплава и параметрами насыщения, обеспечивающие получение комплексных диффузионных покрытий, имеющих в 2–3 раза большую по сравнению с известными результатами износостойкость при ударно-абразивном воздействии в условиях высоких температур (до 850 °С); **проведена** модернизация существующей модели многокомпонентной диффузии, обеспечивающей получение новых результатов по теме диссертации, связанной с обоснованием синергетического эффекта совместной диффузии атомов бора, хрома и церия в поверхность сталей и сплавов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработаны и внедрены** в производство на предприятиях новые составы насыщающих сред и технологии комплексного диффузионного насыщения бором, хромом и церием штампов горячего деформирования; **определены** перспективы практического использования упрочняющих составов и технологий, изложенных в диссертационной работе; **создана система** практических рекомендаций для выбора и использования режимов химико-термической обработки горячештаптовых сталей, обеспечивающих требуемые эксплуатационные свойства; **представлены** методические рекомендации по выбору и последующему применению разработанных технологий комплексного диффузионного упрочнения горячештаптовых сталей, обеспечивающие повышение ресурса работы штампов горячего деформирования, подтвержденные справками о промышленном внедрении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: **для экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов экспериментальных исследований в различных условиях; **теория** диффузионного насыщения горячештаптовых сталей одновременно бором, хромом и церием построена на известных фактах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; **идея** трехкомпонентного упрочнения горячештаптовых сталей **базируется** на обобщении передового опыта в



области химико-термической обработки сталей и сплавов; **использовано** сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; **установлено** качественное совпадение авторских результатов работы с результатами других авторов, представленными в независимых источниках по тематике диссертации; **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии во всех этапах процесса, включая получение исходных данных и проведение научного эксперимента, личном участии в апробации результатов исследования, выполненных лично автором или при его участии, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Чжэн Цюань ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел достаточную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

На заседании 17 января 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Чжэну Цюаню ученую степень кандидата технических наук за научно обоснованное с точки зрения физики конденсированного состояния, техническое решение научной задачи по повышению ресурса работы штампового инструмента для горячего деформирования, имеющей важное значение для развития машиностроительной отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 10, против - 0.

Председатель  
диссертационного совета



*Номоев*

Номоев Андрей Валерьевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

*Зеленая*

Зеленая Анна Эдуардовна

17 января 2025 года