

**Заключение диссертационного совета Д 212.252.01  
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Сибирский государственный  
индустриальный университет», Министерство образования и науки РФ по  
диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 05 декабря 2017 г протокол № \_\_\_\_\_

О присуждении Ивановой Татьяне Геннадьевне, гражданство Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование процессов одновременного насыщения поверхности стальных изделий бором, хромом и титаном» по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов принята к защите 03 октября 2017 г., протокол № 125 диссертационным советом Д212.252.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Иванова Татьяна Геннадьевна, 1989 года рождения, в 2011 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», работает в должности инженера группы компьютерного моделирования технического отдела ООО «Барнаульский водоканал» ГК Росводоканал.

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

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Гурьев Алексей Михайлович.

Официальные оппоненты:

1. Колубаев Александр Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук», заведующий лабораторией физики упрочнения поверхности;

2. Ишков Алексей Владимирович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет», профессор кафедры технологии конструкционных материалов и ремонта машин дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ, в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой МТОМ, кандидатом технических наук, доцентом Мосоровым Владимиром Ивановичем и утвержденном ректором, доктором экономических наук, профессором Сактоевым Владимиром Евгеньевичем, указала, что диссертационная работа соответствует критериям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Иванова Татьяна Геннадьевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 26 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 10. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 8,4 п.л., авторский вклад – 4,5 п.л. Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Иванов С.Г. Особенности приготовления насыщающих смесей для диффузионного борохромирования / С.Г. Иванов, А.М. Гурьев, М.Д. Старостенков, **Т.Г. Иванова**, А.А. Левченко // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57. – № 2. – С. 116-118.

2. Иванов С.Г. Термодинамическое моделирование реакций в насыщающей среде при диффузионном бороировании сталей / С.Г. Иванов, А.М. Гурьев, Е.В. Черных, М.А. Гурьев, **Т.Г. Иванова**, И.А. Гармаева, В.В. Зобнев, В. Гонг // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2014. – Т. 11. – № 1. – С. 13-16.

3. Иванов С.Г. Эволюция химического состава поверхности стали при комплексном насыщении бором, хромом и титаном / С.Г. Иванов, М.А. Гурьев, И.А. Гармаева, **Т.Г. Иванова**, А.М. Гурьев // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2014. – Т. 11. – № 2. – С. 257-259.

4. Гурьев А.М. Механизм совместной диффузии атомов бора и хрома при двухкомпонентном насыщении поверхности углеродистых сталей / А.М. Гурьев, С.Г. Иванов, С.А. Иванова, Е.В.Черных, **Т.Г. Иванова** // Вестник алтайской науки. – 2014. – № 1 (19). – С. 296-299.

5. Гурьев М.А. Взаимосвязь химического состава насыщающей среды и диффузионного покрытия на сталях 45 и 45Л / М.А. Гурьев, С.Г. Иванов, Д.Л. Алонцева, **Т.Г. Иванова**, А.М. Гурьев // Письма о материалах. – 2014. – Т. 4. – № 3 (15). – С. 179-181.

6. Гурьев А.М. Математическое моделирование и оптимизация состава насыщающей среды / А.М. Гурьев, **Т.Г. Иванова**, М.А. Гурьев, С.Г. Иванов, Е.В. Черных // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2015. – Т. 12. – № 3. – С. 366-372.

7. Гурьев А.М. Химико-термическая обработка материалов для режущего инструмента / А.М. Гурьев, С.Г. Иванов, М.А. Гурьев, Е.В. Черных, **Т.Г. Иванова** // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2015. – Т. 58. – №8. – С. 578-582.

8. Гурьев А.М. Особенности микроструктуры стали ст3 после совмещенного диффузионного насыщения поверхности бором, хромом и титаном / А.М. Гурьев, **Т.Г. Иванова**, С.Г. Иванов, М.А. Гурьев, Ш. Мэй // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2016. – Т.13. – № 2. – С. 230-232.

9. Gur'ev A.M. Chemicothermal treatment of tool material / A.M. Gur'ev, S.G. Ivanov, M.A. Gur'ev, E.V. Chernykh, **T.G. Ivanova** // Steel in Translation. – 2015. – Vol. 45. – No 8. – pp. 555 - 558.

10. Ivanov S.G. Special features of preparation of saturating mixtures for diffusion chromoborating / S.G. Ivanov, A.M. Guriev, M.D. Starostenkov, **T.G. Ivanova**, A.A. Levchenko // Russian Physics Journal. – 2014. – Vol. 57. – No 2. – pp. 266–269.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все отзывы положительные:

без замечаний: главного научного сотрудника, д.т.н., профессора Белова Н.А., профессора кафедры «Обработка металлов давлением» НИТУ «МИСиС»; д.т.н., профессора Коновалова С.В., заведующего кафедрой технологии металлов и авиационного материаловедения ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»;

с замечаниями: к.т.н., доцента, заместителя директора ИММиТ Ковалева П.В., заместителя заведующего кафедрой МЛТ ФГАОУ ВО СПбПУ (1. В четвертой главе, стр. 14, описано построение регрессионной модели для девяти факторного эксперимента, при этом не указано количество опытных точек, по которым эта модель получена. Для модели с таким количеством переменных рекомендуется использовать не менее 90 точек. Следовало бы указать число точек при расчете воспроизводимости эксперимента и значимости полученных результатов; 2. На рис.1 и рис.2 термодинамические расчеты показаны в координатах констант равновесия и энергий Гиббса реакций от температуры, что затрудняет их восприятие. Современные методы выполнения таких расчетов с помощью программных продуктов типа FactSage или Thermocalc позволили бы проиллюстрировать равновесие политермическими фрагментами фазовых диаграмм, что облегчило бы интерпритацию полученных экспериментальных данных.); д.т.н., профессора Шморгуна В.Г., профессора кафедры «Материаловедение и композиционные материалы», и к.т.н. Богданова А.И., доцента кафедры «Материаловедение и композиционные материалы» ФБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (1. Непонятно о каких закономерностях и механизмах в пункте «научная новизна» идет речь. В автореферате их описание отсутствует. 2. Не ясна взаимосвязь состава и физико-механических свойств сталей, подвергаемых упрочнению, с параметрами химико-термической обработки, а, соответственно, и с составом, структурой и свойствами формируемых упрочненных слоев. 3. Не ясна взаимосвязь структуры упрочненных слоев с характером изменения их микротвердости); д.т.н. Рогова В.Е., старшего научного сотрудника лаборатории химии полимеров ФГБУН Байкальский институт природопользования РАН (1. Как проводилось насыщение образцов, представленных на рис. 3 и 4 из обмазок или порошковой засыпки? 2. В заключении п. 6 и 7 представлено, что разработаны технологии упрочнения различных изделий ( ножи из Ст3 и фильер из стали 7ХГ2ВМФ).Чем отличаются технологии упрочнения перечисленных изделий от технологии представленной в работе?); д.ф.-м.н., профессора Плотникова В.А., заведующего кафедрой общей и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (в автореферате автор широко использует термин «насыщение легирующими элементами». В одном случае

это не приводит к появления новых фаз, то есть результат легирования – формирование твердого раствора, в другом – формируется многофазная структура диффузионной зоны. Ясно, что во втором случае мы не можем говорить о насыщении легирующими элементами.); д.т.н. Чуканова А.Н., профессора кафедры технологии и сервиса ФГОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого» (1. На микроструктурах и поверхностях рисунков 3,4 и 8-11 не указаны марки сталей и элементы слоев. 2. Анализ рисунков 5-7 позволяет сомневаться в «...одинаковом характере формирования толщины боридного слоя...» во всех приведенных сталях. Не указана причина снижения скорости насыщения на этапе формирования «рабочего слоя» и максимальной толщины слоя от стали Ст3 к Х12МФ. 3. Автор не поясняет, почему для анализа формирования многофазных покрытий «...правильнее воспользоваться вторым уравнением Фика...». 4. В автореферате в качестве объектов изучения механизмов и кинетики многокомпонентного борирования указаны стали Ст3сп, 5ХНВМФ, Х12М (глава 2). В пятой главе приведены сведения о повышении износостойкости после борохромирования изделий из стали Ст3, 45, 40Х, а также 7ХГ2ВМФ. Не ясно, на сколько обоснованно связывать снижение скорости износа ножей и фильер, с диффузионными механизмами, изученными на первой группе сталей. 5. Сомнительным выглядит необходимость применения разработанных автором технологий многокомпонентного борирования для повышения износостойкости корпусов кислотных аккумуляторных батарей); к.т.н. Жукова А.А., профессора кафедры материаловедение, литье и сварка ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва» (1.Отсутствует четкое обоснование выбора композиции В-Сг-Ті для формирования покрытия. 2. Не понятно в каком виде находятся Сг и Ті (химические соединения или твердый раствор) в микроструктуре диффузионного слоя на рис. 3, 4, стр.11 автореферата. 3. В автореферате не указано, выполнялась ли оценка значимости коэффициентов регрессии и проверка адекватности регрессионных уравнений (6) и (7) стр.14. 4. Регрессионное уравнение (6) имеет линейный характер, что не согласуется с характером поверхности отклика на рис. 9. 5. Уравнение регрессии (7) вызывает целый ряд вопросов и сомнений по его адекватности и возможности практического использования: - время  $t$  оказывает обратно-пропорциональное влияние на

микротвердость, что не согласуется с рис. 8, 10; - не понятно, почему совместное влияние Cr и B, а также факторы Cr<sup>2</sup> и B<sup>2</sup> оказывают отрицательное влияние на микротвердость; - для доказательства практической достоверности уравнения (7) необходимо привести результаты расчетов по этому уравнению и сравнить их с экспериментальными данными. 6. В выводах (стр. 17) указано, что толщина диффузионного покрытия достигает 550...580 мкм, не приведет ли это к «самосколу» покрытия, т.к. на стр. 11 рекомендуемая толщина покрытий 100...140мкм.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что согласно п. 22-24 «Положения о присуждении ученых степеней» официальные оппоненты являются компетентными учеными в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов, имеют публикации в области процессов насыщения поверхности стальных изделий бором и изучения диффузионных покрытий на основе бора и дали свое согласие на оппонирование диссертации; ведущая организация широко известна своими достижениями в области исследований по разработке способов повышения эксплуатационных свойств металлов, в том числе методами поверхностного упрочнения на основе бора и способна определить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика расчета коэффициентов диффузии бора в условиях одновременного насыщения сталей бором, хромом и титаном, позволившая расширить теоретическое обоснование и расчет многокомпонентных диффузионных боридных покрытий на сталях и получать покрытия с заданным составом, структурой и свойствами на основе выявленных механизмов формирования комплексных диффузионных покрытий, содержащих бор, хром и титан.

предложены оригинальные суждения по заявленной тематике, заключающиеся в использовании отдельных расчетных методов решения уравнения Фика для слоя боридов и переходной зоны в связи с изменением механизмов диффузии бора в них и соответствующего изменения граничных условий;

доказана перспективность применения разработанных технологий в реальном промышленном производстве для повышения ресурса работы стальных деталей и

инструмента, работающих в сложных условиях, сочетающих износ и воздействие коррозионно-активных сред.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны зависимости, связывающие физико-механические и эксплуатационные свойства упрочненных сталей с параметрами химико-термической обработки, уточнено, что определяющее влияние на толщину диффузионного покрытия оказывает способ приготовления насыщающей смеси;

применительно к проблематике диссертации эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов использован комплекс существующих методик исследования: оптической и электронной микроскопии, рентгенофазового и элементного анализа;

изложены элементы теории диффузии бора в условиях одновременного диффузионного насыщения сталей бором, хромом и титаном, дающие представление об особенностях формирования комплексных диффузионных покрытий на сталях, а также о возможностях управления свойствами и характеристиками получаемых покрытий;

раскрыты существенные проявления механизма диффузии бора в условиях одновременного насыщения бором, хромом и титаном, показывающие, что адсорбция атомов бора в этом случае не является определяющим фактором процесса диффузионного насыщения.

изучены причинно-следственные связи между элементным составом, толщиной диффузионного слоя, механическими свойствами комплексных диффузионных покрытий и параметрами процесса комплексного насыщения сталей бором, хромом и титаном;

проведена модернизация существующих методик и разработаны комплексные методики регистрации диффузионной активности бора при помощи весового, рентгенофазового с привлечением энергодисперсионного и рентген-флуоресцентного методов анализа.

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

разработаны и внедрены на ООО «РАКУРС» технология упрочнения ножей из стали Ст3 для измельчения пластиков в условиях сернокислого раствора, позволяющая заменить легированные стали на упрочненную по предлагаемой в работе технологии сталь Ст3, и обеспечивающая получение экономического эффекта 60 тыс. руб. на комплект из 5 ножей согласно данным производственных испытаний; на ПАО «НЗХК» технология упрочнения фильер из стали 7ХГ2ВМФ для грануляции катализаторной массы, позволяющая повысить ресурс работы в 2,5 раза и обеспечивающая получение экономического эффекта от 25 тыс. руб. на 1т отгранулированной катализаторной массы; получен патент на изобретение РФ № 2556805;

определены перспективы практического использования разработанных комплексных методик регистрации диффузионной активности атомов бора при совместном насыщении бором, хромом и титаном;

создана и передана к внедрению на ООО «РАКУРС» и ПАО «НЗХК» система практических рекомендаций по упрочнению сталей методами одновременного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов экспериментальных исследований;

теория, предложенная в работе, построена на известных, проверяемых данных, хорошо согласующихся с уже известными данными;

идея базируется на анализе практики, обобщении передового опыта в области химико-термической обработки;

использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, в том числе с применением современных программно-аппаратных комплексов,



представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов измерения.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах, личном участии в апробации результатов исследования, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация соискателя Ивановой Татьяны Геннадьевны «Разработка и исследование процессов одновременного насыщения поверхности стальных изделий бором, хромом и титаном» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны. Работа соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней».

На заседании 05 декабря 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Ивановой Т.Г. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, участвующих в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 17, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя диссертационного  
совета, д.т.н., профессор

Темлянцеv Михаил Викторович

Ученый секретарь диссертационного  
совета, д.т.н., профессор

Нохрина Ольга Ивановна

05 декабря 2017 г.