

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.252.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 января 2022 г., протокол № 1
о присуждении Гусеву Александру Игоревичу, гражданину РФ, ученой сте-
пени кандидата технических наук.

Диссертация «Формирование структуры и механизмы повышения абразив-
ной износостойкости электродуговых покрытий, наплавленных порошковыми
проводами» по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния
принята к защите 19 ноября 2021 г. (протокол заседания № 9) диссертационным
советом Д 212.252.04, созданным на базе федерального государственного бюд-
жетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский госу-
дарственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего об-
разования РФ, 654007, РФ, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, Цен-
тральный район, ул. Кирова, стр. 42, приказ № 1060-398 от 21.05.2010 г.

Соискатель Гусев Александр Игоревич, «08» мая 1985 года рождения. В
2013 г. соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индус-
триальный университет» по специальности «Металлургия сварочного производ-
ства». В 2019 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Сибирский государствен-
ный индустриальный университет» по специальности 15.06.01 – Машиностроение
по профилю «Сварка, родственные процессы и технологии. С 01.10.2020 г. по
31.03.2021 г. был прикреплен к ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индус-
триальный университет» для сдачи кандидатских экзаменов по направлению
подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, научная специальность 01.04.07 –
физика конденсированного состояния. Работает директором в ООО «СибРемСер-
вис», город Новокузнецк.

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение, литейное и сварочное производство» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

Научный руководитель – Козырев Николай Анатольевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, заведующий кафедрой «Материаловедение, литейное и сварочное производство» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

Официальные оппоненты:

Клименов Василий Александрович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой – руководитель отделения материаловедения на правах кафедры инженерной школы новых производственных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»;

Попова Наталья Анатольевна – гражданка Российской Федерации, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Нanomатериалы и нанотехнологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск

в своем положительном заключении, подписанном доктором технических наук, профессором Буровым Владимиром Григорьевичем и ученым секретарем Ученого совета НГТУ доктором технических наук, профессором Шумским Геннадием Михайловичем и утвержденном проректором по научной работе, доктором технических наук, профессором Бровановым Сергеем Викторовичем указала, что диссертация Гусева А. И. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи выявления физической природы высокого уровня износостойкости в условиях абразивного изнашивания и ударных

нагрузок покрытий, наплавляемых электродуговым методом порошковыми проволоками различного химического состава, имеющей существенное значение для физики конденсированного состояния. Она соответствует паспорту специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния и п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в научной печати в статьях (7 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 9 – в изданиях, входящих в перечни Scopus и Web of Science), 17 тезисах докладов и обсуждены на Всероссийских и Международных конференциях. Основные идеи, результаты экспериментальных исследований, интерпретация полученных результатов и выводы по ним принадлежат А. И. Гусеву.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Гусев, А. И. Наплавка порошковыми проволоками C-Si-Mn-Mo-V-B и C-Si-Mn-Cr-Mo-V деталей горнорудного оборудования / А. И. Гусев, Н. В. Кибко, М. В. Попова и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2017. – Т. 60. – № 4. – С. 318–323.

2. Козырев, Н. А. Разработка новых порошковых проволок для наплавки деталей, работающих в условиях ударно-абразивного износа / Н. А. Козырев, А. И. Гусев, Р. Е. Крюков и др. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – Вып. 7(1423). – С. 70–77.

3. Гусев, А. И. Разработка порошковой проволоки для наплавки деталей, работающих в условиях износа / А. И. Гусев, А. А. Усольцев, Н. А. Козырев и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61. – № 11. – С. 898–906.

4. Гусев, А. И. Влияние введения вольфрама и хрома на свойства металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Mo-Ni-V-Co / А. И. Гусев, Н. А. Козырев, Н. В. Кибко и др. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2019. – Т. 17. – № 2. – С. 56–60.

5. Осетковский, И. В. Сравнительный анализ абразивной износостойкости металла, наплавленного порошковыми проволоками систем Fe-C-Si-Mn-Ni-Mo-W-V и Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V / И. В. Осетковский, Н. А. Козырев, А. И. Гусев и др. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2019. – Т. 17. – № 5. – С. 198–202.

6. Козырев, Н. А. Эксплуатационные показатели новых порошковых проволок системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, Р. Е. Крюков, А. И. Гусев, И. В. Осетковский // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. – 2019. – Т. 75. – № 7 – С. 860–866.

7. Иванов, Ю. Ф. Структура, элементный и фазовый состав износостойкой наплавки порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo / Ю. Ф. Иванов, А.И. Гусев, Д.А. Романов и др. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2021. – Т. 18. – № 1. – С. 106–114.

8. Пат. 2641590 МПК⁸ В23 К35/36 В 23 К35/36 Порошковая проволока / Н. А. Козырев, А. И. Гусев, Г. В. Галевский, Р. Е. Крюков, И. В. Осетковский, А. А. Усольцев, О. А. Козырева; ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет». Заявл. 22.06.2016; опубл. 18.01.2018. Бюл. № 2.

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов. Все отзывы – положительные, отмечена новизна и научно-практическая значимость работы.

Отзыв без замечаний: 1) к.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Технологии сварочного и металлургического производства» ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет Бахматова Павла Вячеславовича и д.т.н., профессора кафедры «Технологии сварочного и металлургического производства» ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет Муравьева Василия Илларионовича.

Отзывы с замечаниями: 1) Д.т.н., доцента, профессора кафедры физики ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» Капуткина Дмитрия Ефимовича: 1 В автореферате не приведены свойства ныне применяемых наплавов. Единственное сравнение с существующим материалом – это сопоставление оптимального с точки зрения автора материала с существующим по наработке шнеков до отказа. Это затрудняет оценку достигнутого автором уровня свойств. 2 В тексте автореферата не содержится сводной информации о составе и свойствах изученных наплавленных материалов, а также о составе наплавочных проволок. 3 В тексте автореферата упоминаются номера образцов, но не уточняется, чем эти образцы различаются; 2) Д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией физики наноструктурных биоккомпозитов ФГБУН «Институт физики прочности и материаловедения» СО РАН Шаркеева Юрия Петровича: Автору следовало бы более активно применить структурные методы исследования, такие как просвечивающая электронная микроскопия и рентгеновская дифрактометрия. Это обогатило бы работу важными дополнительными научными данными; 3) Заслуженного деятеля науки РФ, д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина» Федорова Виктора

Александровича: В выводах по работе автор не сформулировал в явном виде механизмы повышения абразивной износостойкости исследованных покрытий; 4) Заслуженного деятеля науки РФ, д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», председателя диссертационного совета Д212.004.04 Старостенкова Михаила Дмитриевича: 1 В работе нет информации о состоянии переходного слоя между покрытием и подложкой. 2 Для практического применения запатентован состав, не содержащий вольфрам. При этом в положении 1, вынесенном на защиту, говорится о том, что «низкая вязкость матрицы не позволяет удерживать на поверхности карбиды вольфрама». 3 Из текста автореферата не ясно, каков основной механизм упрочнения покрытий. 4 Из автореферата не ясен возможный масштаб практического применения полученных результатов работы; 5) Д.т.н., профессора по специальности, профессора РАН, зав. лабораторией механики полимерных композиционных материалов ФГБУН «Институт физики прочности и материаловедения» СО РАН Панин Сергей Викторович: 1 В работе исследованы восемь серий образцов, отличающихся элементным составом. При этом запатентован и используется только один состав. Не ясно какое значение имеют результаты исследования образцов других серий. 2 Структура покрытия с наилучшими эксплуатационными показателями показана только на рисунке 1 (образец №26 серии №8); изображение получено методом световой микроскопии. Остальные иллюстрации в автореферате относятся к другим образцам. 3 Рисунок 3, *в* и рисунок 5, *а* автореферата повторяют друг друга; 6) Д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры общей и экспериментальной физики НИ Томского государственного университета Потеева Александра Ивановича: При выполнении рассматриваемой работы сделан важный вклад в решение научной задачи повышения долговечности деталей горношахтного оборудования, работающего в условиях сильного абразивного изнашивания. Ее решение имеет важное хозяйственное значение, однако, в настоящее время для ее всестороннего решения еще далеко. Так, в работе установлено выкрашивание карбидов металлов в процессе изнашивания покрытий, однако структурных исследований карбидной подсистемы наплавляемого металла не проведено; 7) Д.т.н., заведующего лабораторией физики металлов ГНУ «Институт технической акустики» НАН Беларуси, член-корреспондента НАН Беларуси Рубаника Василия Васильевича и к.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории физики металлов ГНУ «Институт технической акустики» НАН Беларуси Самолётов Владимира Григорьевича: На с. 7 автореферата сказано, что наплавку проводили в пять слоев. Не ясно, какой была общая глубина наплавленных покрытий? На какой глубине вырезали образцы для исследования особенностей структуры? Наблюдались ли градиенты элементного и фазового состава, а также пористости покрытий по глубине?; 8) Д.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Соппротивление материалов» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Захарова Игоря Николаевича и к.т.н., доцента кафедры «Оборудование и технологии сварочного производства» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Артемьева Александра Алексеевича: 1 В автореферате не приведен компонентный состав используемого углеродфторсодержащего материала, рекомендуемое содержание его в порошковой проволоке, а также сравнение его эффективности с кремнефтористым натрием, широко применяемым в производстве сварочных материалов с целью связывания водорода. 2 В автореферате отсут-

ствуют указания о схеме и режимах изнашивания, наличии и типе абразива в процессе лабораторных испытаний экспериментальных покрытий, что затрудняет предметную оценку представленных параметров их износостойкости. Из текста осталось неясным, за счет чего при минимальных изменениях химического и структурно-фазового состава в работе удалось добиться многократного (до 4–5) раз роста их износостойкости. При этом упомянутые функциональные зависимости износостойкости покрытий от содержания легирующих элементов не приведены. 3 В автореферате отсутствуют химические составы исследованных экспериментальных покрытий, что не позволяет полноценно проанализировать результаты микроструктурного и фрактографического анализов. Также возникает вопрос, насколько заявленный по результатам исследования состав покрытия со столь широким содержанием углерода (от нуля до 0,4 масс. %) может считаться оптимальным?; 9) Д.т.н., профессора, профессора кафедры литейных процессов и материаловедения ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова» Емелюшина Алексея Николаевича: 1 В автореферате нет данных о режимах испытания абразивной износостойкости. 2 Нет объяснений о причинах очень большого разброса скорости изнашивания образцов серии 2. Почему вообще абразивное изнашивание в работе оценивается по скорости изнашивания, а не традиционно по потере массы или по коэффициенту износостойкости. 3 В автореферате не приведены количественные данные о пористости покрытий. 4 Пункт 4 научной новизны скорее относится к практической значимости работы; 10) Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова» Муравьева Виталия Васильевича: В качестве замечания хотелось бы отметить отсутствие обсуждения полученной информации о фазовом составе покрытий. В частности, в автореферате без комментариев приведены сведения о присутствии в одном из наплавляемых покрытий карбида хрома CrC, которого нет на диаграмме состояния системы Cr–C; 11) Д.т.н. профессора, профессора кафедры Смирнова Александра Николаевича и к.т.н., доцента, доцента кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева» Абабкова Николая Викторовича: В качестве замечания необходимо указать, что некоторые рисунки нечитаемы; 12) Д.т.н., профессора, главного научного сотрудника ФГБУН «Институт машиноведения им. А. А. Благоднарова» РАН Столярова Владимира Владимировича: 1 На с. 4 автореферата в одном случае говорится о влиянии углерод-фторсодержащей добавки на повышение стойкости к ударно-абразивному, а в другом – стойкости к абразивному износу. 2 Отсутствует информация по методике определения износостойкости покрытий – почему испытания проводили на истирание, а не на абразивный износ, какое было количество испытаний, с какой точностью они проводились. 3 Наплавку проводили в пять слоев. Не сказано наблюдался ли при этом градиент по глубине покрытий их структурно-фазовых состояний и свойств.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научной квалификацией, достижениями в области исследований с использованием методов физики конденсированного состояния и современного физического материаловедения по установлению влияния различных

факторов на формирование структурно-фазовых состояний поверхностных слоев сталей и сплавов и их физико-механических свойств.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция формирования структуры, фазового состава и физико-механических и эксплуатационных свойств наплавочных материалов при изменении их химического состава и на ее основе – новый наплавочный материал и режим электродуговой наплавки, обеспечивающие формирование оптимальных структуры, фазового состава и физико-механических и эксплуатационных свойств защитных покрытий для применения их с целью защиты от абразивного изнашивания;

предложен нетрадиционный подход к возможности использования углеродфторсодержащей добавки к наплавочному материалу на основе системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo с целью снижения содержания водорода в наплавляемых покрытиях и повышения их стойкости к абразивному изнашиванию;

доказано влияние состава новой порошковой проволоки на повышение твердости и абразивной износостойкости наплавленных покрытий и установлены закономерности такого влияния;

введены представления о возможности использования в качестве флюса в составе новой порошковой проволоки техногенных отходов (пыли газоочистки алюминиевого производства).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение существующих представлений о закономерностях влияния химического и фазового состояния конструкционных материалов на их физико-механические и эксплуатационные свойства;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс взаимодополняющих методов современного физического материаловедения (световой и растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа, рентгеновской дифрактометрии, испытаний на твердость и износостойкость) изучения структуры и свойств наплавляемых покрытий;

изложены особенности и механизмы трансформации структуры, фазового состава и свойств формируемых покрытий при различных составах наплавочных материалов;

раскрыто влияние выбора элементного состава и режима наплавки на формирование структурно-фазовых состояний электродуговых покрытий, стойких против абразивного изнашивания;

изучен характер абразивного изнашивания наплавленных покрытий в производственных условиях.

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

разработаны и внедрены с получением акта об использовании результатов разработки новой порошковой проволоки для электродуговой наплавки. Предложены и внедрены в производство рекомендации по выбору состава порошковой проволоки, предназначенной для наплавки с целью защиты от абразивного изнашивания. Получен акт об использовании научных результатов диссертационной работы в образовательной сфере при подготовке бакалавров и магистров;

определены возможности практического использования разработанной порошковой проволоки, обладающей более высокими эксплуатационными свойствами по сравнению с импортной наплавочной проволокой;

созданы защитные электродуговые покрытия с экономическим эффектом 379,3 рублей на килограмм новой порошковой проволоки;

представлены перспективы дальнейших практических разработок в области упрочнения и защиты поверхности деталей технологического оборудования, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применялся комплекс стандартных и современных методов исследования, результаты получены на сертифицированном оборудовании и имеют хорошую воспроизводимость;

теория влияния химического и фазового составов на структуру и физико-механические свойства покрытий построена на экспериментальных данных, опирается на достижения физики конденсированного состояния, физического мате-

риаловедения, хорошо согласуется с опубликованными данными по теме диссертации других исследователей;

идея базируется на сравнительном анализе и обобщении данных о параметрах структуры, фазовом составе и показателях абразивной износостойкости наплавочных материалов, используемых для защиты поверхности технологического оборудования;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по тематике диссертации;

установлена качественная и количественная согласованность авторских результатов с основными результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным;

использованы современные методики сбора и обработки информации с обоснованием выбора объектов изучения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах; апробации результатов исследования; разработке состава новой порошковой проволоки; обработке и интерпретации экспериментальных данных; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: о механизмах повышения абразивной износостойкости, о причинах большого разброса содержания компонентов в составе наплавляемой порошковой проволоки; об определении содержания фтора в составе порошковой проволоки; об элементном и фазовом составе наплавленных слоев.

Соискатель Гусев А.И. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился с критическими замечаниями, которые будут учтены в дальнейшей работе.

На заседании 25.01.2022 г. диссертационный совет принял решение: за решение задачи установления физической природы, механизмов и закономерностей упрочнения покрытий, наплавляемых новой порошковой проволокой для защиты поверхности от абразивного изнашивания, присудить Гусеву А.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.07, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 15, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
д-р техн. наук, профессор



Темлянцев
Михаил Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р хим. наук, профессор

Горюшкин
Владимир Федорович

26.01.2022 г.