

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19.12.2024 г. № 3

О присуждении Рябинкиной Полине Андреевне, гражданство Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Структура и свойства композиционных покрытий системы медь-хром, полученных методом детонационного напыления» по специальности 2.6.17 – Материаловедение принята к защите 15 октября 2024 г. (протокол заседания № 8), диссертационным советом 24.2.347.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ об утверждении № 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель – Рябинкина Полина Андреевна, 20 сентября 1995 года рождения. В 2019 году Рябинкина П.А. с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 22.04.01 – Материаловедение и технология материалов; получена квалификация «Магистр». В 2023 году Рябинкина П.А. окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Работает младшим научным сотрудником в научно-исследовательской лаборатории физико-химических технологий и функциональных материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения в машиностроении Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Батаев Иван Анатольевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», заведующий лабораторией физико-химических технологий и функциональных материалов, по совместительству профессор кафедры материаловедения в машиностроении.

Официальные оппоненты:

Прибытков Геннадий Андреевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики консолидации порошковых материалов, главный научный сотрудник.

Романов Денис Анатольевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», лаборатория электровзрывного напыления высоконадежных покрытий, заведующий лабораторией,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, **в своем положительном отзыве**, подписанном Ситниковым Александром Андреевичем, доктором технических наук, профессором, директором производственного внедренческого комплекса прикладных исследований и разработок; Собачкиным Алексеем Викторовичем, кандидатом технических наук, доцентом, старшим научным сотрудником проблемной научно-исследовательской лаборатории самораспространяющегося высокотемпературного синтеза им. В.В. Евстигнеева, и утвержденном Бешуевым Александром Анатольевичем, кандидатом химических наук, проректором по научной и инновационной работе ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» указала, что диссертация П.А. Рябинкиной является законченной научной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей новые результаты о тепловых и деформационных преобразованиях материалов частиц и положки в процессе детонационного напыления, а также о структуре и свойствах композиционных покрытий системы медь-хром, полученных методом детонационного напыления; подчеркнула актуальность диссертации, значимость полученных результатов для науки и производства, практическое значение результатов работы, достоверность научных положений, результатов и выводов; подтвердила соответствие содержания диссертации специальности 2.6.17 – Материаловедение и содержание автореферата содержанию диссертации, отметила, что по своему содержанию работа соответствует пунктам 1, 2, 9, 11, 16 паспорта научной специальности 2.6.17 – Материаловедение; привела замечания, не затрагивающие основных квалификационных результатов работы; указала, что диссертация соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата наук – 4, в т.ч. входящих в перечень российских рецензируемых научных журналов (перечень ВАК РФ) – 1, в научных изданиях индексируемых базами Scopus, Web of Science приравниваемых к публикациям, в которых излагаются основные научные результаты диссертации – 3. Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде трудов и материалов международных и Всероссийских научных конференций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Общий объем опубликованных работ – 7,5 п.л., авторский вклад – 2,3 п.л. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. An Experimental and Numerical Simulation Study of Single Particle Impact during Detonation Spraying / P. A. Riabinkina, I. A. Bataev, A. A. Ruktuev, V. Y. Ulianitsky, S. Tanaka, Y. Y. Emurlaeva, T. S. Ogneva, V. A. Bataev, I. S. Batraev // *Metals*. – 2022. – Vol. 12, iss. 6. – Art. 1013 (14 p.). (Scopus и Web of Science).

2. Particle/substrate interaction and coating structure formation during detonation spraying of copper powder on steel / P. Riabinkina, I. Batraev, V. Ulianitsky, A. Ruktuev, K. Emurlaev, N. Cherkasova, Y. Malyutina, E. Golovin, I. Bataev // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2023. – Vol. 129, iss. 11-12. – P. 5625–5642. (Scopus и Web of Science).

3. Uncovering the influence of mechanical properties on wave formation during high-velocity impact welding by numerical simulation / I. A. Bataev, P. A. Riabinkina, K. I. Emurlaev, E. D. Golovin, D. V. Lazurenko, P. Chen, Z.B. Bataeva, T. S. Ogneva, I. E. Nasennik, A. A. Bataev // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2024. – V. 332. – Art. 18532 (19 p.). (Scopus и Web of Science)

4. Неоднородность пластического течения, сопутствующая процессам высокоскоростного нагружения металлических материалов / П. А. Рябинкина, Ю. Ю. Эмурлаева, И. А. Батаев, С. Танака. // *Металловедение и*

термическая обработка металлов. – 2021. – №12 (798). – С. 41–47. (Из перечня ВАК, переводная версия представлена в Web of Science).

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов, все они положительные:

1) Отзыв от заведующего кафедрой «Технологии сварочного и металлургического производства им. В.И. Муравьева», Комсомольского-на-Амуре государственного университета, кандидата технических наук, доцента **Бахматова П.В.** (без замечаний);

2) Отзыв от профессора кафедры «Технология машиностроения» Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева, доктора технических наук, профессора **Смирнова А.Н.** и заведующего кафедрой «Технология машиностроения», кандидата технических наук, доцента **Аббкова Н.В.** (без замечаний);

3) Отзыв от заведующего кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, доктора физико-математических наук, профессора **Громова В.Е.** и профессора кафедры, доктора технических наук, доцента **Невского С.А.** (замечания об отсутствии сведений об определении адгезионной прочности медных покрытий; об отсутствии данных о методике подготовки порошковых смесей);

4) Отзыв от главного научного сотрудника Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, доктора технических наук **Куксанова Н.К.** и старшего научного сотрудника, кандидата физико-математических наук **Голковского М.Г.** (замечания о неточности формулировки 4-го положения, выносимого на защиту; о неполноте данных об использованной установке; о необходимости сравнения полученных материалов с промышленными образцами);

5) Отзыв от заведующего кафедрой «Строительная механика» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктора технических наук, профессора **Герасимова С.И.** (замечания о соавторах

публикаций; об оценке влияния предложенной методики на электропроводность контактов);

6) Отзыв от заведующего кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доктора физико-математических наук, доцента **Курзиной И.А.** (замечание об отсутствии детальных исследований покрытий с использованием метода ПЭМ);

7) Отзыв от ведущего научного сотрудника Института проблем сверхпластичности металлов РАН, доктора технических наук **Валитова В.А.** (замечание об отсутствии данных о термической стабильности микроструктуры покрытий);

8) Отзыв от профессора кафедры «Материаловедение и технология машиностроения» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, доктора технических наук, профессора **Дорофеева В.Ю.** (замечания об отсутствии объяснения различий структуры и свойств, полученных при напылении различных смесей; об оптимальности выбранного состава покрытия);

9) Отзыв от ведущего научного сотрудника лаборатории ударно-волновых процессов Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова РАН, доктора технических наук **Первухиной О.Л.** (замечания о степени разработанности темы исследования; о методике измерения адгезионной прочности; об отсутствии требований, предъявляемых к электрическим контактам);

10) Отзыв от заведующего кафедрой металлических и деревянных конструкций Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, доктора технических наук **Гордиенко В.Е.** (замечания об отсутствии данных об исходных материалах; о постановке задачи при моделировании);

11) Отзыв от заведующего лабораторией конструкционного материаловедения Института машиноведения имени Э.С. Горкунова УрО

РАН, кандидата технических наук **Саврая Р.А.** (замечание об отсутствии данных о хрупкости полученных материалов);

12) Отзыв от старшего научного сотрудника лаборатории физического материаловедения Института физического материаловедения СО РАН, кандидата технических наук **Милонова А.С.** (замечание о влиянии подложки на формирование слоев покрытия).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Рябинкиной П.А., высокой квалификацией специалистов в области современного материаловедения, наличием публикаций по композиционным материалам на основе меди, в том числе по функциональным композиционным покрытиям с медной матрицей.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция формирования структуры композиционных покрытий, получаемых методом детонационного напыления смесей порошков меди и хрома;

предложены оригинальные суждения о тепловых и деформационных преобразованиях в материалах частицы и подложки при их столкновении в процессе детонационного напыления;

доказана перспективность использования на практике порошковых смесей меди и хрома ПМР24/ПХ24 для формирования дугостойких композиционных покрытий методом детонационного напыления;

введены – новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, расширяющие представления о механизмах формирования композиционных покрытий со структурой псевдосплавов в процессе детонационного напыления;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использован комплекс базовых методов исследования структуры материалов, в том числе световой и растровой электронной микроскопии, рентгеновской дифрактометрии, в том числе с использованием современных источников синхротронного излучения; методов численного моделирования; методов определения твердости, адгезионной прочности, электрического сопротивления и стойкости материалов к дуговой эрозии;

изложены факторы, определяющие стойкость к дуговой эрозии композиционных покрытий, сформированных при детонационном напылении механических смесей порошков меди и хрома;

раскрыты особенности взаимодействия частиц порошка меди и материала подложки в процессе детонационного напыления;

изучено влияние фракционного и компонентного состава порошковых смесей системы медь-хром, объема взрывчатой смеси, дистанции напыления на фазовый состав, структуру и свойства композиционных покрытий, сформированных методом детонационного напыления;

модернизация существующих математических моделей, алгоритмов и/или численных методов не проводилась.

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

с использованием метода детонационного напыления **разработаны** композиционные покрытия системы медь-хром, характеризующиеся стойкостью к дуговой эрозии; результаты исследований **используются** в ООО «Коммутационные, электронные, преобразовательные системы» при разработке материалов для электрических контактов вакуумных дугогасительных камер;

определены перспективы практического применения результатов исследования путем подбора фракционного состава порошков и режимов детонационного напыления порошковых смесей меди и хрома;

создана система практических рекомендаций по сочетанию экспериментальных методов исследования и методов численного

моделирования для оптимизации режимов детонационного напыления порошковых материалов; рекомендации переданы в ООО «Сибирские технологии защитных покрытий»;

представлены предложения по дальнейшей разработке темы исследования, включающие оценку влияния термической обработки на структуру и свойства композиционных покрытий системы медь-хром.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены с использованием аналитического и сертифицированного испытательного оборудования, уровень которого соответствует современным лабораториям в области материаловедения; использованы методы статистической обработки результатов экспериментальных измерений;

теория построена на проверяемых данных и согласуется с результатами опубликованных исследований в области композиционных материалов с медной матрицей, упрочненных частицами тугоплавких металлов;

идея работы базируется на анализе практики получения композиционных материалов с медной матрицей, характеризующихся стойкостью к дуговой эрозии; обобщении передового отечественного и зарубежного опыта в области повышения эксплуатационных свойств поверхности изделий с применением метода детонационного напыления;

использованы экспериментальные данные по изучению структуры и свойств композиционных покрытий системы медь-хром, сформированных методом детонационного напыления; литературные данные по получению композитов аналогичного типа с применением различных технологических процессов; результаты микроструктурных исследований и численного моделирования взаимодействия частиц порошка и подложки в процессе детонационного напыления; литературные данные по анализу процессов, сопутствующих взаимодействию материалов в условиях высокоскоростного столкновения.

установлено совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых литературных источниках по проблеме

формирования композитов с медной матрицей, обладающих стойкостью к дуговой эрозии;

использованы программа LII, разработанная в Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, для расчета значений скорости и температуры частиц в процессе детонационного напыления; программа JMicroVision для оценки пористости покрытий и содержания нерасплавленных и частично расплавленных частиц в медных покрытиях; база данных ICDD PDF-4+ для фазового анализа дифракционных картин; программный пакет LS-DYNA для моделирования процесса столкновения частиц порошка с подложкой; методы автоматизированной обработки результатов измерений.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и определении задач исследования, выборе режимов детонационного напыления, численном моделировании процессов взаимодействия частиц порошка и материала подложки, проведении микроструктурных исследований и оценке свойств полученных покрытий, обобщении и анализе экспериментальных данных и результатов моделирования, сопоставлении результатов проведенных исследований с литературными данными, формулировании выводов по результатам исследований. Эксперименты по детонационному напылению сплэтов и покрытий проведены совместно с д.т.н. В.Ю. Ульяницким, И.С. Батраевым и К.Э. Цараховым. Исследования стойкости покрытий к дуговой эрозии проведены совместно с к.т.н. А.С. Трофимовым.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- по обоснованию выбора метода моделирования;
- о целесообразности использования для сравнения качества разработанных композитов данных о материалах электрических контактов, производимых различными компаниями.

Соискатель Рябинкина П.А. согласилась с замечаниями, ответила на задаваемые в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

выбор метода SPH для моделирования процесса столкновения частицы с подложкой обусловлен высокими скоростями процесса, которые сопровождаются интенсивной пластической деформацией; при использовании сеточных методов происходит существенное искажение сетки, что приводит к снижению достоверности получаемых результатов. Сравнение полученных в работе композиционных покрытий с промышленно производимыми материалами диссертантом планируется при дальнейшей разработке темы исследования.

На заседании 19 декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение - за решение научной задачи, связанной с формированием дугостойких композиционных покрытий системы медь-хром методом детонационного напыления, имеющей значение для развития материаловедения, присудить Рябинкиной П.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против нет, недействительных бюллетеней нет.

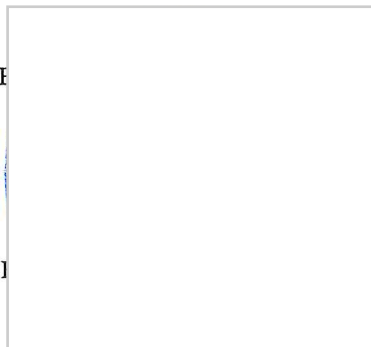
Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета

«19» декабря 2024 г.



Пустовой Николай Васильевич

Тюрин Андрей Геннадиевич