

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.07
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.12.2021 № 16

О присуждении **Сердюку Никите Александровичу** ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии формирования диффузионных металлических покрытий на стальных изделиях в расплавах легкоплавких металлов с использованием защитных флюсов» по специальности 05.16.09 - Материаловедение (машиностроение) принята к защите 20.10.2021, протокол № 13 диссертационным советом ГУ 212.224.07 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Горного университета от 23.09.2019 № 1223 адм (с изм. от 23.10.2019 № 1413 адм; от 10.07.2020 № 889 адм; от 28.01.2021 № 115 адм; от 14.12.2021 № 2408 адм).

Соискатель, Сердюк Никита Александрович, 26.07.1994 года рождения, в 2017 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» по специальности 23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей.

В 2021 году окончил аспирантуру очной формы обучения кафедры материаловедения и технологии художественных изделий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диплом об окончании аспирантуры получен 23.06.2021 года.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения и технологии художественных изделий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор **Пряхин Евгений Иванович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», профессор, заведующий кафедрой материаловедения и технологии художественных изделий.

Официальные оппоненты:

Скотникова Маргарита Александровна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа машиностроения, профессор;

Бобкова Татьяна Игоревна, кандидат технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», лаборатория «Конструкционные наноматериалы и покрытия», начальник лаборатории;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»**, г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве подписанном **Петровой Светланой Георгиевной**, председателем заседания, заведующей кафедрой

материаловедения и технологии материалов, кандидатом технических наук, **Лебедевой Надеждой Валерьевной**, секретарем заседания, доцентом той же кафедры, кандидатом технических наук и утвержденном доктором технических наук **Никущенко Дмитрием Владимировичем**, проректором по научной работе, указала, что научные и практические результаты диссертационного исследования, а также разработанную компьютерную программу можно использовать в учебном процессе при реализации основных образовательных программ. Результаты исследований **Сердюка Н.А.** позволяют защитить стальные детали нефтехимического машиностроительного оборудования от коррозионного воздействия и обеспечить необходимый ресурс работы.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 1 статья – в издании из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 1 статье – в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 2,27 печатных листа, в том числе 1,36 печатных листа – соискателя.

Публикация в издании из Перечня ВАК:

1. Михайлов, А.В. Разработка экспериментальной установки поверхностного легирования из среды легкоплавких металлов металлических расплавов / А.В. Михайлов, А.В. Сивенков, **Н.А. Сердюк**, Е.И. Пряхин // Наукоемкие технологии в машиностроении. - 2020. - № 5 (107). - С. 9-14.

Личный вклад соискателя заключается в расчете эффективных коэффициентов диффузии, определении энергии активации диффузии.

Публикация в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования SCOPUS:

2. Sivenkov, A.V. Creating a model of diffusion deposition of metal coatings from melts of low-melting metals / A.V. Sivenkov, V.O. Nikitina, **N.A. Serdiuk**, D.A. Konchus, E.I. Pryakhin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Volume 560 (1): 012061. - PP. 1-5.

Сивенков, А.В. Создание модели диффузионного осаждения металлических покрытий из расплавов легкоплавких металлов / А.В. Сивенков, В.О. Никитина, **Н.А. Сердюк**, Д.А. Кончус, Е.И. Пряхин // Материаловедение и инженерия. - 2019. – Том. 560: 012061. - С. 1-5.

Личный вклад соискателя заключается в получении эмпирических формул для определения толщины диффузионного слоя в зависимости от температуры и времени насыщения процесса.

Публикации в прочих изданиях:

3. **Сердюк, Н.А.** Применение флюсов в технологии осаждения металлических покрытий из расплавов легкоплавких металлов / **Н.А. Сердюк**, А.В. Сивенков, Е.И. Пряхин // XVII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов горно-геологического, нефтегазового, энергетического, машиностроительного и металлургического профиля. - 2019. - С. 213-214.

Личный вклад соискателя заключается в обосновании выбора состава флюса, защищающего поверхность расплава и термическое оборудование от продуктов парения расплава.

4. **Сердюк, Н.А.** Использование флюсов в технологии нанесения защитных покрытий из легкоплавких расплавов / **Н.А. Сердюк**, А.В. Сивенков, Е.И. Пряхин, А.В. Михайлов // II Всероссийская национальная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. - 2019. - С. 177-179.

Личный вклад соискателя заключается в определении оптимального взаимодействия факторов, влияющих на создание и рост диффузионного слоя при использовании высокотемпературных флюсов.

5. **Сердюк, Н.А.** Промышленные флюсы в технологии нанесения защитных покрытий из легкоплавких расплавов / **Н.А. Сердюк**, Д.А. Кончус // VI Международная научно - техническая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2019». - 2019. - С. 515-518.

Личный вклад соискателя заключается в определении основных факторов, влияющих на скорость образования диффузионного покрытия, при использовании промышленных флюсов в качестве защиты от высокотемпературного окисления.

6. Шарафутдинова, Г.А. Применение расплавов солей в технологии нанесения покрытий из жидкометаллических расплавов / Г.А. Шарафутдинова, **Н.А. Сердюк**, А.В. Михайлов // VI Международная научно - техническая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2019». - 2019. - С. 614-617.

Личный вклад соискателя заключается в проведении экспериментальных исследований по подборке составов расплавов солей в качестве защиты от высокотемпературного окисления.

7. **Serdiuk, N.A.** The use of fluxes in technology of application protective coatings of low-melting melts / **N.A. Serdiuk**, A.V. Sivenkov, E.I. Pryakhin // Science Reports on Resource Issues. - Volume 1. - 2019. - PP. 284-287.

Сердюк, Н.А. Применение флюсов в технологии нанесения защитных покрытий из легкоплавких расплавов / **Н.А. Сердюк**, А.В. Сивенков, Е.И. Пряхин // Научные доклады по вопросам ресурсов. - Том 1. - 2019. - С. 284-287.

Личный вклад соискателя заключается в оценке эффективности разработанного флюса по значениям толщины получаемого покрытия, его сплошности и отсутствию дефектов.

8. **Serdiuk, N.A.** Surface alloying from the fusible metal melts / **N.A. Serdiuk**, A.V. Mikhailov, A.V. Sivenkov, E.I. Pryakhin // XII Russian-German Raw Material Forum: Youth Day. - 2019. - PP. 101-102.

Сердюк, Н.А. Поверхностное легирование из расплавов легкоплавких металлов / **Н.А. Сердюк**, А.В. Михайлов, А.В. Сивенков, Е.И. Пряхин // XII Российско-Германская сырьевая конференция. - 2019. С.101-102.

Личный вклад соискателя заключается в обосновании выбора необходимых компонентов флюса для защиты ванны жидкометаллического расплава от окислительного воздействия среды печи.

9. **Сердюк, Н.А.** Применение флюсов в химико-термической обработке из легкоплавких расплавов / **Н.А. Сердюк**, А.В. Михайлов, Д.А. Кончус // III Международный молодежный научно - практический форум «Нефтяная столица». - 2020. - С. 274-278.

Личный вклад соискателя заключается в определении термодинамической возможности взаимодействия компонентов флюса и окислов покрываемого металла и транспортного расплава.

10. **Сердюк, Н.А.** Актуальность применения метода поверхностного легирования из легкоплавких расплавов / **Н.А. Сердюк**, А.В. Михайлов, Г.А. Шарафутдинова, Е.И. Пряхин, А.В. Сивенков // VII Международная научно - техническая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME 2020». - 2020. С. 253-255.

Личный вклад соискателя заключается в выборе наиболее перспективных технологических приемов, позволяющих использовать универсальные электрические печи с воздушной атмосферой взамен использования дорогостоящего вакуумного оборудования.

Свидетельство:

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Российская Федерация № 2021617557. «Программа для определения технологических параметров ХТО углеродистых сталей для нанесения никелевого покрытия из среды легкоплавких металлов» Сивенков А.В., Пряхин Е.И., **Сердюк Н.А.**; №2021616350; заявл. 29.04.2021; опубл. 17.05.2021, Бюл. №5.

Личный вклад соискателя заключается в обработке экспериментальных данных кинетики изменения толщины никелевых покрытий в зависимости от концентрации металлов транспортного расплава, температуры и продолжительности процесса диффузионной металлизации.

Апробация основных положений и результатов исследований диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами:

- XVII Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов (г. Санкт-Петербург, 2019 г.);
- II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований» (г. Комсомольск-на-Амуре, 2019 г.);
- VI Международном семинаре «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2019» (г. Санкт-Петербург, 2019 г.);
- 13 Freiberg – St. Petersburger Kolloquium junger Wissenschaftler (TU Bergakademie Freiberg, г. Фрайберг, Германия, 2019 г.);
- III Международном молодежном научно-практическом форуме «Нефтяная столица» (г. Нижневартовск, 2020 г.);

– VII Международном семинаре «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2020» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.);

– XV Международном форуме-конкурсе студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.);

– VIII Международном семинаре «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2021» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.).

В диссертации **Сердюка Н.А.** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: профессора кафедры «Технологии промышленной и художественной обработки материалов» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» д.т.н., профессора **М.М. Черных**; советника генерального директора АО «Центральный научно-исследовательский институт материалов» д.т.н., с.н.с. **А.А. Абрамова**; технического директора ООО «МеталлРесурс» д.т.н., профессора **В.И. Кубанцева**; профессора кафедры машиностроения ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Набережночелнинский институт (филиал) д.т.н., профессора **Н.Н. Сафронова**; профессора кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» д.т.н., профессора **Э.М. Голубчика**; начальника сектора 372 научно-производственного комплекса №3 «Конструкционные стали и функциональные материалы для морской техники» ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» к.т.н. **С.Ю. Мушниковой**; директора

Научно-исследовательского института прикладного материаловедения АО «Обуховский завод» к.т.н., доцента **Л.А. Нефедовой**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, большая практическая значимость работы и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний:

– на странице 10 в разделе «Подготовительный этап» автор перечисляет несколько важных технологических операций, но не приводит температуру и время этих операций. Нет описания, каким образом контролируется процесс насыщения транспортного расплава диффузионным элементом (д.т.н. **А.А. Абрамов**)

– на странице 11 автор пишет, что окончательный выбор транспортного расплава и технологических параметров процесса жидкофазной металлизации произведен с помощью разработанной компьютерной программы. Разработка компьютерной программы предполагает предварительную разработку математической модели, откуда, стало быть, понятно о каких, например, технологических параметрах идет речь. К сожалению, в автореферате этой информации нет (д.т.н. **А.А. Абрамов**)

– на странице 11 автор ссылается на выполненные термодинамические расчеты взаимодействия компонентов флюсов с оксидами. Однако, ни сами реакции, ни изобарно-изотермические потенциалы в автореферате не приведены, что снижает его информативность (д.т.н. **А.А. Абрамов**)

– в работе не оговариваются предельные габариты обрабатываемых деталей (д.т.н. **В.И. Кубанцев**)

– не уделено внимание экономическим вопросам в плане соотнесения предложенной технологии диффузионного насыщения поверхности стальных изделий в расплавах легкоплавких металлов с имеющими место другими вариантами аналогичных технологий (д.т.н. **Н.Н. Сафронов**)

– научная новизна не отражает уникальный результат исследования, отличный от результатов других исследований на схожую тему (д.т.н. **Э.М. Голубчик**)

– при описании результатов коррозионных испытаний не приведены фотографии образцов и не указан характер коррозионных поражений (равномерная или неравномерная общая коррозия, коррозия пятнами, локальная коррозия, отслоения покрытия) (к.т.н. **С.Ю. Мушникова**)

– какова стоимость процесса по сравнению с традиционно применяемыми (к.т.н. **Л.А. Нефедова**)

– какие программные продукты использовали для расчетов (к.т.н. **Л.А. Нефедова**)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертации и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея использования возможности термодинамической оценки изобарно-изотермического потенциала химических реакций взаимодействия компонентов применяемых флюсов с оксидами, образующимися на поверхности изделий и транспортного расплава при высокотемпературной диффузионной металлизации в электропечи с газовой воздушной средой;

предложен и осуществлен нетрадиционный подход к защите поверхностного слоя стальных изделий, в процессе их диффузионной металлизации, при использовании защитного флюса в электропечи с воздушной средой;

доказана перспективность использования новой идеи применения защитных флюсов для получения коррозионностойких диффузионных никелевых покрытий в электропечах с воздушной средой;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны новые положения по обеспечению защиты поверхности стальных изделий от высокотемпературного окисления при диффузионной металлизации в газовой воздушной среде;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе экспериментальных методик по оценке диффузионного насыщения поверхности стальных деталей в расплавах легкоплавких металлов;

изложены факты коррозионной стойкости покрытий стальных изделий, полученных диффузионной металлизацией при различных способах ее нанесения;

раскрыты существенные особенности проявления теории диффузионной металлизации поверхности изделий в условиях противоречия в стойкости диффузионных покрытий **стальных изделий** при неизменной деградационной активности среды и величиной потенциала защиты от влияющих факторов создания последней;

изучены факторы, влияющие на эффективность диффузионной металлизации и толщины коррозионностойкого никелевого покрытия, получаемого в расплавах легкоплавких металлов с использованием защитных флюсов.

приведена модернизация существующего алгоритма процесса диффузионной металлизации путем введения дополнительных операторов формирования слоя защитного флюса с целью удаления высокотемпературных оксидов на поверхности стальных изделий и транспортного расплава.

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

разработаны и внедрены на уровне рекомендаций к использованию предложенные в диссертационном исследовании технологические решения,

позволяющие повысить коррозионную стойкость стальных деталей трубопроводной арматуры нефтехимического оборудования;

определены пределы и перспективы практического использования теории на практике получения диффузионных никелевых покрытий;

создана система практических рекомендаций создания на поверхности изделий покрытий при высокотемпературной диффузионной металлизации в электропечи с газовой воздушной средой;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию нанесения диффузионных покрытий в открытых электропечах;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

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

теория построена на известных проверенных данных, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики и обобщении первичного опыта получения диффузионных металлических покрытий в модернизированных вакуумных установках;

использованы сравнения 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;

Личный вклад соискателя состоит в анализе отечественных и зарубежных литературных источников, непосредственном участии в экспериментах по получению диффузионных никелевых покрытий, определению их микроструктуры, химического анализа, микротвердости,

стойкости к коррозии. Сформулированы цель, идея, задачи, основные защищаемые положения и выводы; разработаны практические рекомендации по получению диффузионных никелевых покрытий с использованием электропечей с воздушной средой и защитных флюсов.

В ходе защиты диссертации было высказано следующее критическое замечание:

– В своей работе Вы оперируете понятием покрытие, понимая под ним поверхностный слой и приповерхностную зону изделия. На самом деле это не верно, так как понятие покрытия подразумевает наличие на поверхности изделия изолированного от основы изделия слоя, который не проникает вглубь изделия (д.т.н. Михайлов А.В.).

Соискатель Сердюк Н.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

– В диссертационном исследовании речь идет о диффузионном слое, который начинается на поверхности и проникает на определенную глубину внутрь изделия. Считаю, что разработанные новые идеи и научные положения остаются в силе и практически применимы.

На заседании 23.12.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить **Сердюку Никите Александровичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение) за новое научно обоснованное технологическое решение повышения коррозионной стойкости стальных изделий формированием на их поверхности диффузионных металлических покрытий в расплавах легкоплавких металлов с использованием защитных флюсов, имеющее существенное значение для развития отечественного машиностроения.

Тема и содержание работы соответствуют паспорту научной специальности 05.16.09 – Материаловедение (Машиностроение), а именно пункту 9 «Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации» и пункту 10 «Разработка

покрытий различного назначения (упрочняющих, износостойких и других) и методов управления их качеством».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за - 18, против - 1, недействительных бюллетеней - 1.

Председатель
диссертационного совета



Максаров Вячеслав Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Звонарев Иван Евгеньевич

23.12.2021 г.