

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

Соискатель: Зарыпов Марат Саитович

Тема диссертации: «Закономерности формирования многокомпонентных защитных покрытий на жаропрочных никелевых и титановых сплавах» выполнена на кафедре «Материаловедение и технология обработки материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» и в отделе «Конструкционные материалы и функциональные покрытия» филиала Акционерного Общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» «Научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей».

Специальность: 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» (технические науки).

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 19 декабря 2024 года, протокол № 257/24, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Зарыпову Марату Саитовичу ученую степень кандидата технических наук

Присутствовали:

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

д.т.н. Абраимов Н.В., д.т.н. Андрианова Н.Н., д.т.н. Бабаевский П.Г., д.т.н. Бухаров С.В., д.т.н. Гусев Д.Е., д.т.н. Егорова Ю.Б., д.т.н. Иванов Д.А., д.т.н. Коллеров М.Ю., д.т.н. Крит Б.Л., д.т.н. Лозован А.А., д.т.н. Никитина Е.В., д.т.н. Серов М.М., д.т.н. Слепцов В.В., д.т.н. Терентьева В.С., д.т.н. Чекалова Е.А., д.т.н. Шляпин С.Д.

Ученый секретарь
диссертационного совета

С.В. Скворцова

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.04 (Д 212.125.15)
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 19 декабря 2024 года № 257/24

О присуждении Зарыпову Марату Саитовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Закономерности формирования многокомпонентных защитных покрытий на жаропрочных никелевых и титановых сплавах» по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» (технические науки) принята к защите 10 октября 2024 г., протокол №239/24 диссертационным советом 24.2.327.04 (Д 212.125.15), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказ о создании совета № 129/нк от 22.02.2017 г. и приказ о внесении изменений в состав совета № 692/нк от 18.11.2020 г.

Соискатель Зарыпов Марат Саитович, 14 декабря 1991 года рождения, в 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К. Э. Циолковского», с 01 сентября 2023г. по настоящее время прикреплен к федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, работает ведущим инженером-технологом в отделе «Конструкционные материалы и функциональные

покрытия» филиала Акционерного Общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» «Научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей» Государственной корпорации «Ростех».

Диссертация выполнена на кафедре 1102 «Материаловедение и технология обработки материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и в отделе «Конструкционные материалы и функциональные покрытия» филиала Акционерного Общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» «Научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей» Государственной корпорации «Ростех».

Научные руководители:

доктор технических наук Скворцова Светлана Владимировна, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра 1102 «Материаловедение и технология обработки материалов», профессор.

доктор технических наук Абраимов Николай Васильевич, филиал Акционерного Общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» «Научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей» отдел «Конструкционные материалы и функциональные покрытия», начальник отдела.

Официальные оппоненты:

Самойленко Василий Михайлович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», кафедра «Авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов», заведующий кафедрой;

Смыслов Анатолий Михайлович, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уфимский университет науки и технологий», кафедра «Технологии машиностроения», профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева», г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Шатульским А.А., заведующим кафедрой «Материаловедения, литья и сварки», доктором технических наук и утвержденном Сутягиным А.Н., проректором по науке и цифровой трансформации, кандидатом технических наук, доцентом, указала, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» (технические науки).

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Абраимов, Н.В. Влияние состава и структуры на долговечность покрытий систем Al-Si-Y и Ni-Cr-Al-Y на лопатках газовых турбин / Абраимов Н.В., Лукина В.В., Зарыпов М.С. // Электromеталлургия-2019. - №.9.- С. 33-40.

2. Aбраimov, N.V. Heat Resistance of the Titanium Alloys Operating at Temperatures above 650°C / Aбраimov N.V., Petukhov I.G., Zarypov M.S., V.V. Lukina // Russian Metallurgy – Vol.2022. - No 6. – P. 634-642

3. Абраимов, Н.В. Эффективность барьерных фаз в покрытиях на лопатках газовых турбин / Абраимов Н.В., Зарыпов М.С. // Электromеталлургия-2022. - №.12.- С. 21-29.

4. Абраимов, Н.В. Высокотемпературное покрытие для защиты лопаток турбин от сульфидной коррозии / Абраимов Н.В., Скворцова С.В., Петухов И.Г., Зарыпов М.С. // Электromеталлургия-2023. - №.6.- С. 25-29.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Зарыповым М.С. работах.

На автореферат поступило 11 отзывов:

от ФГБУН «Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН» за подписью научного сотрудника лаборатории «Диагностики материалов №17», к.т.н. Румянцева Б.А.; от АО «Композит» за подписью главного металлурга, д.т.н. Бутрима В.Н.; от АО «Композит» за подписью заместителя начальника отдела «Металлических порошковых материалов и аддитивных технологий», к.т.н. Ромашова А.С.; от ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» за подписью заведующего кафедрой «Технической механики и инженерной графики» д.т.н., профессора Петрова Ю.В.; от ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. Губкина» за подписью заведующей кафедрой «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования», д.т.н., профессора Елагиной О.Ю.; от ПАО «Тюменские моторостроители» за подписью главного металлурга, к.ф.-м.н. Аксёнова А.Н.; от Лыткаринского машиностроительного завода - филиала ПАО «ОДК-УМПО» за подписью ведущего инженера-технолога, к.т.н. Опокина В.Г.; от ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет за подписью заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы», д.т.н. Гуревича Л.М.; от ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» за подписью заведующего кафедрой «Материаловедение», д.т.н., профессора Овчинникова В.В.; от ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» за подписью доцента кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», к.т.н. Хамина О.Н.; от АО «ММП имени В.В. Чернышева» за подписью главного металлурга, к.т.н. Азизова Т.Н.

Все отзывы положительные, в них отражена научная новизна, актуальность и практическая значимость работы, некоторые отзывы содержат замечания, например:

- Из текста автореферата и диссертации не совсем понятно, каким образом осуществлялся выбор рационального состава порошковой смеси для

кобальтхромирования с кремнием, содержащий 45-50%Co; 15-20%Cr; 1,0-1,5%Si; 1,0% NH₄Cl; Al₂O₃.

- Из работы не ясно, по каким механизмам происходит пластическая деформация покрытий в процессе баротермической обработки?
- Из рис.4.5 и текста диссертации следует, что автор проводил лишь сравнительную оценку циклической долговечности при различных амплитудных напряжениях и технологиях защитных покрытий лопаток турбины из сплава ЖС26-ВИ, но не их предел выносливости, который должен быть подтверждён не менее 6-тью не разрушенными лопатками при заданной базе испытания, как это предусматривается в ГОСТ 25.502-79. Кроме того, в работе не приведены методика тензометрирования лопаток и частоты их колебаний на различных уровнях амплитудных напряжений до появления усталостных трещин? В этой связи информация о повышении предела выносливости лопаток, обработанных по технологии алитирования с последующим ГИП на 40-50 МПа, требует дополнительного уточнения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области данной диссертационной работы, подтвержденной наличием у них соответствующих публикаций, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые составы диффузионных коррозионноустойчивых покрытий на основе системы Co-Cr-Al-Si.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что при газовом циркуляционном кобальтхромировании в присутствии активатора CoCl₂ перенос атомов кобальта протекает по транспортной реакции замещения, а хрома – по реакции диспропорционирования.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования состава, структуры и механических свойств материалов, в том числе: металлографический, рентгеноструктурный и микрорентгеноспектральный анализы, испытания на жаростойкость и сопротивление к солевой коррозии, испытания на усталостную

прочность.

изложены результаты исследования роли иттрия при нанесении покрытий СДП-2 (Ni-Cr-Al-Y) и ВСДП-11 (Al-Si-Y). Установлено, что он выполняет роль раскислителя конденсатов покрытий, что обеспечивает повышение их чистоты и, соответственно, жаростойкости, но в процессе последующего отжига диффундирует на поверхность покрытия, образуя оксид Y_2O_3 , и удаляется при гидроабразивной обработке.

изучены закономерности формирования фазового состава, структуры и свойств покрытий на жаропрочных никелевых и титановых сплавах в зависимости от способов их нанесения и обработки.

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

разработаны и внедрены в опытное производство на предприятиях АО «ОДК»: порошковый метод нанесения покрытия системы (Co-Cr-Si)+(Cr+Al), который позволил на порядок повысить стойкость лопаток турбин к высокотемпературной солевой коррозии; метод газового кобальтхромирования с последующим шликерным алюмосилицированием, который почти в три раза позволил повысить стойкость лопаток турбин к солевой коррозии; метод вакуумной цементации безуглеродистых жаропрочных никелевых сплавов, позволивший сформировать диффузионные барьеры из карбидов легирующих элементов на внешней поверхности и в полости охлаждаемых лопаток турбин и исключить образование вторичной реакционной зоны и снижение жаропрочности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, аттестованном по международным стандартам, применением комплекса современных методов исследования и паспортизированных материалов.

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта создания технологий формирования современных высокотемпературных жаростойких покрытий;

использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельно выполненном анализе

состояния вопроса по теме диссертации, непосредственном и активном участии в формировании цели и задач работы, проведении экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных данных, формировании выводов, полученных в результате выполнения работы.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- Сколько же всего же исследовано различных покрытий? Создаётся впечатление, что одна из задач работы – исследовать максимальное количество покрытий. А вы можете еще привести какие-нибудь примеры? Какое покрытие наиболее перспективно для внедрения? Конкретный пример.

- По поводу газостатического прессования. Вы вначале создаёте покрытие, а потом проводите ГИП? Какая технология? А покрытие пористое или плотное? Баротермическая обработка приводит к уплотнению покрытия или не приводит?

- 12-й Плакат. Как вы проводили фазовый анализ. Это автоматическое определение фаз?

Соискатель Зарыпов М.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- В работе исследовано шесть систем защитных покрытий: Ni-Al, Ni-Al-Cr, Ni-Cr-Al-Y, Al-Si-Y, Co-Cr-Al-Si, Ni-Cr-Al-Ta-W-Hf-Si-Y, которые были получены с использованием следующих методов: газовым циркуляционным алитированием, хромоалитированием и кобальтхромированием; вакуумно – плазменным электродуговым катодным напылением; шликерным методом; порошковым методом. Для внедрения в промышленное производство на лопатках турбин, работающих в агрессивных средах наиболее перспективно разработанное покрытие системы Co-Cr-Al-Si, которое может быть использовано с применением методов порошков для крупногабаритных деталей, например, лопаток сопловых аппаратов и в комбинации газового циркуляционного кобальтхромирования и шликерного алюмосилицирования для малогабаритных деталей, например, лопаток ротора турбин.

- Процесс газостатирования лопаток турбин с покрытием осуществляли по следующей технологии: в рабочую камеру газостата марки EPSI SO 12200

помещали лопатки, затем проводили откачку воздуха из камеры и с помощью механического насоса заполняли ее аргоном. После чего проводили нагрев до температуры 1000°C при которой в замкнутом объёме создавали давление 50 МПа и выдерживали 2 часа. В процессе газостатирования поры размером 0,1-0,8 мкм залечивались, поскольку поры были вакуумными. Газовые поры не залечивались. Плотность покрытия при газостатировании практически не меняется.

- Фазовый анализ покрытий проводили рентгенографически. Определяли параметры решеток фаз в ручном режиме. Результаты сверяли по справочнику Миркина Л.И. По максимальной сходимости параметров кристаллических решёток с эталонами определяли соответствующие фазы. Известно, что в современных дифрактометрах эталоны заложены в программу. Однако на предприятии использовали ДРОН-4, который не оснащен этой программой.

На заседании 19 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по разработке новых покрытий с высокой стойкостью к солевой и газовой коррозии, методов их получения и обработки, имеющие существенное значение для страны, присудить Зарыпову М.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» (технические науки), участвовавших в заседании; из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

19 декабря 2024 года

Проректор по научной работе



Иванов Андрей Владимирович