

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 ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК.
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22.12.22 г. № 6

О присуждении Кучумовой Иванне Денисовне, гражданство Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Структура и свойства покрытий с аморфной фазой, полученных методом детонационного напыления порошковых сплавов системы Fe-Cr-Nb-B» по специальности 2.6.17 – Материаловедение принята к защите 18 октября 2022 г., протокол № 17 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 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Кучумова Иванна Денисовна 22 июля 1994 года рождения. В 2018 г. Кучумова И.Д. с отличием окончила «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 22.04.01 – Материаловедение и технология материалов; получена квалификация «Магистр». В 2022 г. окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Работает ассистентом на кафедре материаловедения в машиностроении 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, Дудина Дина Владимировна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», доцент кафедры материаловедения в машиностроении.

Официальные оппоненты:

Лернер Марат Израильевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией физикохимии высокодисперсных материалов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.

Базлов Андрей Игоревич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры металловедения цветных металлов, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук (ИСМАН), г. Черногловка, в своем положительном отзыве, подписанном **Рогачевым Александром Сергеевичем**, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией динамики микрогетерогенных процессов ИСМАН, **Петровым Евгением Владимировичем**, кандидатом технических наук, ученым секретарем ИСМАН и утвержденном **Алымовым Михаилом Ивановичем**, доктором технических наук, профессором, членом-корреспондентом Российской академии наук, директором ИСМАН указала, что диссертация И.Д. Кучумовой имеет как научную, так и практическую ценность. Автореферат и публикации в научных изданиях подробно отражают содержание

диссертационной работы. Выводы по диссертации являются достаточно полными, логичными и обоснованными. Текст диссертации написан корректным научно-техническим языком и подробно иллюстрирован графическим материалом. Диссертационная работа Кучумовой И.Д. полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.п. 9-14) «Положения о порядке присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 года. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.6.17 – «Материаловедение» в части пунктов 1, 2, 11, 16. На основании вышеизложенного Кучумова И.Д. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Соискатель имеет более 50 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 2 работы, рекомендованные ВАК, 6 публикаций представлены в изданиях, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*. 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 – 3,125 п.л., авторский вклад – 1,125 п.л. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Коррозионная стойкость детонационных покрытий $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ в условиях воздействия соляного тумана / И. Д. Кучумова, И. С. Батраев, Н. Ю. Черкасова [и др.]. // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 95–105. (Из перечня ВАК, переводная версия представлена в *Scopus* и *Web of Science*).

2. Износостойкость детонационных покрытий с аморфной структурой в условиях трения о нежестко закрепленные абразивные частицы / И. Д. Кучумова, В. А. Батаев, Б. Е. Гринберг [и др.]. // Металловедение и термическая обработка

металлов. – 2021. – № 9. – С. 3–8. (Из перечня ВАК, переводная версия представлена в Scopus и Web of Science).

3. Formation of Metallic Glass Coatings by Detonation Spraying of a $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$ Powder / I. D. Kuchumova, I. S. Batraev, V. Y. Ulianitsky [et al.]. // Metals. – 2019. – Vol. 9, iss. 8. – Art. 846. (Scopus и Web of Science).

4. Processing of Fe-Based Alloys by Detonation Spraying and Spark Plasma Sintering / I. D. Kuchumova, I. S. Batraev, A. V. Ukhina [et al.]. // Journal of thermal spray technology. – 2021. – Vol. 30, iss. 6. – P. 1692–1702. (Scopus и Web of Science).

5. Structural Features and Corrosion Resistance of $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$ Metallic Glass Coatings Obtained by Detonation Spraying / I. D. Kuchumova, M. A. Eryomina, N. V. Lyalina [et al.]. // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2022. – Vol. 31, iss.1. – P. 622–630. (Scopus и Web of Science).

На диссертацию и автореферат поступило 17 отзывов, все они положительные: отзыв от доцента кафедры № 9 «Физические проблемы материаловедения» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кандидата технических наук **Иванникова А.А.** (замечания о необходимости расширения информации о практическом применении покрытий, о переносе методики с упрощенных макетов на промышленные детали, о выборе сталей 12X18H10T и Ст3 в качестве материалов подложки); отзыв от профессора кафедры термообработки и физики металлов ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктора технических наук, доцента **Хотинова В.А.** (замечания о выборе сталей 12X18H10T и Ст3 в качестве материалов сравнения, о влиянии нагрева при трении на поведение аморфных покрытий и о формировании покрытий на деталях сложной формы); отзыв от профессора кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» Белорусского национального технического университета доктора технических наук, доцента **Минько Д.В.** (замечания об отсутствии данных о толщине покрытий и размерах спеченных сплавов и отсутствии перечня тезисов и докладов на конференциях); отзыв от профессора

отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики Национального исследовательского Томского политехнического университета, доктора технических наук **Сивкова А.А.** (замечания об отсутствии информации о методике напыления, об оценке влияния объема ствола на процесс напыления и о написании физических величин в тексте автореферата); отзыв от заместителя академика-секретаря Отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, доктора технических наук **Талако Т.Л.** (замечания об отсутствии данных о дистанции напыления и об изменении соотношения компонентов Fe-Cr-Nb-B в процессе напыления); отзыв от старшего научного сотрудника ФГБУН «Томский научный центр» СО РАН, кандидата технических наук **Шкоды О.А.** (замечания об использовании разных единиц измерения температур и о пористости покрытий); отзыв от профессора кафедры технологии материалов, декана факультета «Технология конструкционных материалов» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», доктора технических наук, доцента **Крохалева А.В.** и доцента кафедры материаловедения и композиционных материалов ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», кандидата технических наук **Слаутина О.В.** (замечания об отсутствии результатов исследования стальных подложек, об отсутствии указания материала подложки и рекомендаций по детонационному напылению покрытий); отзыв от заведующего лабораторией физического материаловедения ФГБУН «Институт физического материаловедения» Сибирского отделения Российской академии наук, кандидата технических наук **Мишигдоржийна У.Л.** (замечания о значении фразы «ранее сформированные слои» и о необходимости представления диаграммы состояния Fe-Cr-Nb-B); отзыв от ведущего научного сотрудника отдела гетерогенного катализа ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Институт катализа им. Г.К. Борескова», доктора химических наук **Тихова С.Ф.** (замечания о степени кристалличности порошков сплава $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$, о варьировании pH растворов электролитов и об оценке пористости); отзыв от старшего научного сотрудника Института теоретической и прикладной

механики им. С.А. Христиановича СО РАН, кандидата физико-математических наук, доцента **Гуляева И.П.** (замечания о влиянии содержания кристаллической фазы на микротвердость покрытий и спеченных образцов, о влиянии степени кристалличности покрытий $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ и их пористости на коррозионную стойкость); отзыв от заместителя директора по развитию, заведующего лабораторией ядерных технологий Института наукоемких технологий передовых материалов Дальневосточного федерального университета, кандидата химических наук **Папынова Е.К.** (замечания о пористости покрытий при варьировании объема взрывчатой смеси, о содержании кристаллической фазы в покрытиях и об отсутствии вывода о влиянии степени аморфизации материалов на их износостойкость); отзыв от профессора кафедры материаловедения и физико-химии материалов ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», доктора химических наук **Трофимова Е.А.** (без замечаний); отзыв от заведующего кафедрой металлургических технологий Нижнетагильского технологического института (филиала) ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктора технических наук, доцента **Шевченко О.И.** (замечания о выборе материала сравнения и об ограниченности информации о практическом применении покрытий); отзыв от проректора по учебно-методической работе бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», профессора кафедры экспериментальной физики, доктора физико-математических наук, доцента **Коноваловой Е.В.** (без замечаний); отзыв от доцента кафедры материаловедения, сварочных и аддитивных технологий ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», кандидата технических наук **Гусевой Е.А.** (без замечаний); отзыв от ведущего научного сотрудника лаборатории физических методов упрочнения поверхностей трения ФГБУН «Институт машиноведения им А.А. Благонравова» РАН, кандидата технических наук **Бирюкова В.П.** (без замечаний); отзыв от заведующего кафедрой химии и химических технологий ФГБОУ ВО

«Комсомольский-на-Амуре государственный университет», доктора химических наук, доцента **Шакировой О.Г.** (замечания об отсутствии информации о выборе состава аморфных сплавов, параметров напыления и электроискрового спекания).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Кучумовой И.Д., компетентностью специалистов в области современного материаловедения, наличием публикаций по проблемам разработки новых сплавов с широким комплексом функциональных свойств, формированию порошковых материалов, в том числе с нанокристаллической и аморфной структурой, получению из них объемных материалов и защитных покрытий с использованием методов порошковой металлургии и газотермического напыления.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция о фазо- и структурообразовании покрытий из сплавов системы Fe-Cr-Nb-B, характеризующихся высокой степенью аморфизации, на стальных подложках в процессе детонационного напыления;

предложены оригинальные суждения о формировании структуры и фазового состава покрытий в процессе детонационного напыления при варьировании объема и состава ацетилено-кислородной газовой смеси, позволяющие прогнозировать степень кристалличности разработанных материалов;

доказана перспективность использования сплава $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ для формирования износостойких и коррозионностойких покрытий методом детонационного напыления с применением ацетилено-кислородной взрывчатой смеси эквимолярного состава.

введены – новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность использования метода детонационного напыления для формирования на стальных заготовках поверхностных аморфизованных слоев из

порошковых сплавов системы Fe-Cr-Nb-B, способствующая расширению представлений о механизмах формирования материалов методом детонационного напыления;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс базовых методов исследования в области материаловедения, в том числе растровая и просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновская дифрактометрия, дифференциальная сканирующая калориметрия, методы определения твердости, износостойкости и коррозионной стойкости материалов; **изложены** факторы, определяющие механические свойства, коррозионную стойкость и износостойкость покрытий с аморфной фазой, полученных детонационным напылением порошков сплавов Fe-Cr-Nb-B с различным размером частиц;

раскрыты условия формирования покрытий с высоким содержанием аморфной фазы в процессе детонационного напыления на стальных подложках;

изучено влияние состава порошковых сплавов системы Fe-Cr-Nb-B, объема и молярного соотношения компонентов ацетилено-кислородной взрывчатой смеси на фазовый состав, структуру и свойства детонационных покрытий;

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

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

с использованием технологии детонационного напыления **разработаны** покрытия на основе сплавов системы Fe-Cr-Nb-B, обладающие высоким уровнем стойкости к воздействию агрессивных сред и изнашиванию в различных условиях; результаты исследований **внедрены** в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Материаловедение и технологии материалов» и «Наноинженерия» в НГТУ;

определены перспективы практического применения результатов исследования путем подбора режимов детонационного напыления порошков $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$ и $\text{Fe}_{62}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_{12}\text{B}_{16}$;

создана система практических рекомендаций по напылению порошков сплавов системы Fe-Cr-Nb-B для формирования низкопористых покрытий с высоким содержанием аморфной фазы, высокой коррозионной стойкостью и износостойкостью; рекомендации переданы в ООО «Сибирские технологии защитных покрытий» и ООО «НПО Спецпокрытие»;

представлены предложения по дальнейшей разработке темы исследования, включающие оценку влияния отжига на структуру и свойства детонационных покрытий Fe-Cr-Nb-B, а также формирование защитных слоев из композиционных порошков $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}-\text{Al}_2\text{O}_3$, полученных предварительной обработкой смесей в мельницах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены с использованием аналитического и испытательного оборудования, уровень которого соответствует современным исследованиям в области материаловедения; обеспечена воспроизводимость результатов исследования в различных условиях; использованы методы статистической обработки результатов экспериментальных измерений;

теория формирования покрытий с высоким содержанием аморфной фазы в процессе газотермического напыления построена на проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея работы базируется на анализе практики получения защитных покрытий с аморфной фазой, характеризующихся высокими показателями износостойкости и коррозионной стойкости; обобщении передового отечественного и зарубежного опыта в области повышения эксплуатационных свойств поверхности деталей с использованием детонационного напыления;

использованы результаты экспериментальных исследований процессов формирования структуры покрытий с аморфной фазой из сплавов $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{B}_{19}$ и $\text{Fe}_{62}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_{12}\text{B}_{16}$ при детонационном напылении и оценки влияния аморфной фазы на коррозионную стойкость и износостойкость покрытий в сравнении с результатами, представленными в научно-технической литературе;

установлено отсутствие противоречий результатов, полученных автором при исследовании структуры и свойств детонационных покрытий из сплавов системы Fe-Cr-Nb-B, с результатами, представленными в независимых литературных источниках по проблеме формирования функциональных покрытий с аморфной фазой методами газотермического напыления;

использованы программа LИH, разработанная в ИГиЛ СО РАН, для расчета значений скорости и температуры частиц в процессе детонационного напыления; программа Stream Essentials 1.9.1 (Olympus, Япония) для оценки пористости покрытий и содержания частиц оксида алюминия в композиционных покрытиях; база данных ICDD PDF-4+ (The International Centre for Diffraction Data) при анализе рентгеновских дифрактограмм; программа Topas 4.2 (Bruker AXS, Германия) для определения содержания кристаллической фазы в исходных порошках, покрытиях и объемных материалах.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании задач диссертационного исследования, подборе режимов детонационного напыления, проведении структурных исследований и испытаний на износостойкость и коррозионную стойкость, анализе и обобщении экспериментальных данных, сопоставлении и обработке результатов исследования, а также формулировании выводов по работе. Эксперименты по детонационному напылению покрытий проведены совместно с д.т.н. В.Ю. Ульяницким и И.С. Батраевым. Исследования электрохимической коррозии покрытий проведены совместно с к.ф.-м.н. М.А. Ереминой. Исследования износостойкости покрытий проведены совместно с д.ф.-м.н. В.Ф. Косаревым и В.С. Шикаловым.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- о выборе в качестве материала сравнения для трибологических испытаний коррозионностойкой стали 12X18H10T, не используемой для изготовления деталей, работающих в условиях изнашивания;

- о расчете скорости охлаждения сплетов в процессе напыления покрытий.

Соискатель Кучумова И.Д. согласилась с замечаниями, ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: выбор стали 12X18H10T обусловлен предполагаемым практическим применением детонационных покрытий с аморфной структурой для защиты лопаток центробежных морских насосов и штоков поршней плунжерных водяных насосов, которые изготавливают из коррозионностойких хромоникелевых сталей. Объяснение скорости охлаждения сплетов диссертантом было связано с применением закона охлаждения Ньютона.


На заседании 22 декабря 2022 г. диссертационный совет принял решение - за решение научной задачи, связанной с формированием износостойких и коррозионностойких покрытий из порошков сплавов системы Fe-Cr-Nb-B на стальных подложках методом детонационного напыления, имеющей значение для развития материаловедения, присудить Кучумовой И.Д. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 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 16, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совет

Пустовой Николай Васильевич

Ученый секретарь
диссертационного совет
«22» декабря 2022 г.

 Тюрин Андрей Геннадиевич