

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.242.10
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»,
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

аттестационное дело № _____
дата защиты 09.11.2017, протокол № 8

О присуждении Фомину Александру Александровичу, доценту кафедры «Сварка и металлургия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научные основы термических процессов получения оксидных покрытий на титановых медицинских изделиях с применением токов высокой частоты» по специальностям 05.09.10 – «Электротехнология», 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» выполнена на кафедре «Сварка и металлургия» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.), принята к защите 30.06.2017 г., протокол № 6, диссертационным советом Д 212.242.10 на базе СГТУ имени Гагарина Ю.А., Министерство образования и науки РФ, 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77, приказ о создании диссертационного совета № 105/НК от 11.04.12 г.

Соискатель Фомин Александр Александрович, 1983 года рождения. В 2005 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет» по специальности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы». В 2016 г. окончил очную докторантуру при СГТУ имени Гагарина Ю.А. С 2013 г. по настоящее время работает в должности доцента кафедры «Сварка и металлургия» СГТУ имени Гагарина Ю.А., Министерство образования и науки РФ.

Научный консультант – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Сварка и металлургия» СГТУ имени Гагарина Ю.А. Родионов Игорь Владимирович.

Официальные оппоненты:

1. **Кувалдин Александр Борисович**, Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий и электротехнология», Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»;

2. **Лепёшкин Александр Роальдович**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, начальник экспериментального сектора отделения прочности, Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения им. П. И. Баранова»;

3. **Ночовная Надежда Алексеевна**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель начальника лаборатории «Титановые сплавы для конструкций планера и двигателя самолета», Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» – дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург**, (заключение составлено начальником межотраслевой лаборатории «Современные электротехнологии» СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д.т.н., профессором Дзлиевым Сосланом Владимировичем и утверждено проректором по научной работе СПбГЭТУ «ЛЭТИ» к.т.н., доцентом Д.В. Гайворонским) – дала положительный отзыв о диссертации, в котором указано, что диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, обладает научной новизной и практической значимостью. Работа соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Фомин Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.09.10 – «Электротехнология», 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Основные замечания официальных оппонентов и ведущей организации не затрагивают научных положений и практических рекомендаций диссертационной работы и касаются вопросов: сравнения традиционных методов электронагрева и индукционного нагрева с применением тока высокой частоты; обоснования выбора частоты для обработки титановых изделий; рассогласования экспериментальных данных и теоретических расчетов, полученных при компьютерном моделировании кинетики процесса нагрева титановых образцов с учетом окисления; методологии определения параметров износостойкости покрытий и прочности титановых изделий; обоснования выбора количества влияющих факторов на характеристики процесса электроплазменного напыления; оценки характеристик биосовместимости обрабатываемых изделий; объяснения большой величины тока, возникающего в индукторе при высокочастотной обработке малогабаритных изделий; объяснения причин отсутствия критических термонапряжений, приводящих к появлению дефектов в изделиях сложной формы; анализа влияния насыщения поверхности титана газами из атмосферы; учета влияния размера зерен покрытия на его физико-механические свойства; необходимости численного расчета температуры и скорости порошка при напылении, влияющих на структуру покрытий. На все замечания официальных оппонентов и ведущей организации даны исчерпывающие ответы.

На диссертацию и автореферат поступило 20 положительных отзывов от: **Старостенкова М.Д.**, д.ф.-м.н., профессора, заведующего кафедрой «Физика», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»; **Сычкова А.Б.**, д.т.н., доцента, профессора кафедры «Технологии металлургических и литейных процессов», ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»; **Белкина П.Н.**, д.т.н., профессора кафедры общей и теоретической физики, ФГБОУ ВО «Костромской государственный технологический университет»; **Радченко М.В.**, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Малый бизнес в сварочном производстве» и **Поповой А.А.**, к.т.н., ст. преп., ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»; **Пачурина Г.В.**, д.т.н., профессора, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»; **Калиты В.И.**, д.т.н., г.л.н.с., заведующего лабораторией «Физикохимия и технология покрытий», ФГБУН «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН»; **Кожин Т.Д.**, д.т.н., профессора, проректора по науке и инновациям ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»; **Чукина М.В.**, д.т.н., профессора, первого проректора – проректора по научной и инновационной работе и **Поляковой М.А.**, к.т.н., доцента, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»; **Лекомцева П.Л.**, д.т.н., профессора кафедры «Энергетика и электротехнологии», ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»; **Амана С.**, д. ест. н., научного сотрудника кафедры технологии механических процессов Магдебургского университета им. Отто фон Герике (Германия); **Иванчук С.Б.**, к.т.н., начальника НИЛ, ОАО «Национальный институт авиационных технологий»; **Миронова Ю.М.**, д.т.н., профессора кафедры электротехнологий, электрооборудования и автоматизированных производств и **Терехова В.П.**, к.т.н., доцента, профессора кафедры электротехнологий, электрооборудования и автоматизированных производств ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»; **Растворовой И.И.**, д.т.н., доцента, заведующей кафедрой электронных систем ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»; **Кисина В.В.**, д.т.н., профессора кафедры материаловедения, технологии и управления качеством и **Синёва И.В.**, к.ф.-м.н, доцента кафедры материаловедения, технологии и управления качеством ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»; **Крита Б.Л.**, д.т.н., профессора кафедры «Технологии производства приборов и информационных систем летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)», лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники; **Базарова А.А.**, д.т.н., доцента кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» и **Данилушкина А.И.**, д.т.н., профессора кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»; **Плешивцевой Ю.Э.**, д.т.н., профессора кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и

социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»; **Нохриной О.И.**, д.т.н., профессора кафедры металлургии чёрных металлов ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»; **Прибыткова Г.А.**, д.т.н., доцента, гл.н.с. лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов ФГБН «Институт физики прочности и материаловедения СО РАН»; **Сарапулова Ф.Н.**, д.т.н., профессора кафедры «Электротехника и электротехнологические системы» (ЭЭТС) и **Фризена В.Э.**, д.т.н., доцента, заведующего кафедрой ЭЭТС ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В отзывах отмечена актуальность диссертационной работы, научная новизна исследований и практическая значимость результатов. Основная часть замечаний связана с ограниченностью объема автореферата. Некоторые замечания носят характер пожеланий. Другие замечания, не затрагивающие основных положений и практических рекомендаций, касаются обоснования выбора методов исследования физико-механических характеристик, определяющих износостойкость и адгезионные качества покрытий; необходимости проведения коррозионных испытаний и выбора наилучшего способа их получения; сравнительной оценки прочностных характеристик термически обработанного титана и наноструктурированных титановых сплавов; необходимости самосогласованной методики расчета тепловых и электромагнитных полей; объяснения выбора режима охлаждения изделий после термической обработки; отсутствия экономической оценки результатов. На все замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной квалификацией, соответствующей профилю рассматриваемой диссертации и подтвержденной публикациями в ведущих рецензируемых научных изданиях.

Основные результаты диссертации опубликованы в 63 работах, из которых 22 входят в перечень рецензируемых научных журналов и изданий из перечня ВАК РФ. Кроме того, соискателем опубликовано 23 статьи в зарубежных журналах и сборниках международных конференций, индексируемых в базах Scopus и Web of Science, 1 монография, 2 главы в рецензируемом зарубежном коллективном справочном руководстве, 5 патентов РФ на изобретение и 1 патент на полезную модель. **Основные работы:**

1. Фомин, А.А. Оборудование для индукционно-термической обработки малогабаритных металлических изделий / А.А. Фомин, А.Б. Штейнгауэр, И.В. Родионов, С.Г. Калганова, А.М. Захаревич, Н.В. Петрова, А.Н. Грибов, К.А. Разумов // Индукционный нагрев, 2013. № 2 (24). С. 44–47.

Личный вклад соискателя: разработано оборудование для обработки ТВЧ малогабаритных изделий, определены характеристики процесса обработки титана, исследованы параметры морфологии и твердости оксидных покрытий.

2. Фомин, А.А. Нанокристаллическая структура поверхностного слоя технически чистого титана, подвергнутого индукционно-термическому

оксидированию / А.А. Фомин, А.Б. Штейнгауэр, И.В. Родионов, М.А. Фомина, А.М. Захаревиц // Письма в Журнал технической физики, 2013. Т. 39. Вып. 21. С. 70–75.

Личный вклад соискателя: разработана методика обработки ТВЧ титановых изделий, исследованы характеристики пористо-кристаллической структуры оксидных покрытий.

3. Фомин, А.А. Плазменно-индукционное получение титан-гидроксиапатитовых покрытий на дентальных имплантатах / А.А. Фомин // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2008. № 2 (32). Вып. 1. С. 49-58.

Личный вклад соискателя: разработана методика плазменного напыления высокопористых гидроксиапатитовых покрытий с предварительным нагревом ТВЧ титановых изделий, исследовано фазово-структурное состояние и определены физико-механические свойства покрытий, разработаны технологические режимы.

4. Fomin, A. Composition, structure and mechanical properties of the titanium surface after induction heat treatment followed by modification with hydroxyapatite nanoparticles / A. Fomin, S. Dorozhkin, M. Fomina, V. Koshuro, I. Rodionov, A. Zakharevich, N. Petrova, A. Skaptsov // Ceramics International, 2016. V. 42. № 9. P. 10838–10846.

Личный вклад соискателя: разработаны методики модификации коллоидными наночастицами и последующей обработки ТВЧ титановых изделий, установлены зависимости химического и фазового состава, физико-механических свойств оксидных и композиционных покрытий от температуры и времени обработки ТВЧ, дана оценка биосовместимости титановых изделий с покрытиями.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Плазменно-индукционное нанесение покрытий с улучшенными параметрами биосовместимости при изготовлении дентальных имплантатов» по специальности 05.09.10 – «Электротехнология» соискатель защитил 23.10.2008 г. в диссертационном совете Д 212.242.10 при СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана численная двумерная модель кинетики нагрева токами высокой частоты титановых малогабаритных изделий для определения электрических и тепловых параметров процесса, учитывающая влияние процесса формирования морфологически гетерогенного оксидного покрытия при высоких температурах и увеличение фактической площади поверхности теплообмена;

предложены и обоснованы новые технические решения компоновки системы «индуктор – изделие», обеспечивающие ускоренный нагрев и требуемую равномерность распределения температуры в процессе обработки малогабаритных титановых изделий в воздушной атмосфере;

доказан эффект упрочнения поверхности малогабаритных титановых изделий за счет формирования оксидных систем, состоящих из нано- (50-60 нм) и субмикрометровых (200-500 нм) кристаллов рутила;

введено понятие стока тепла с поверхности изделия, объясняющего изменение температуры в процессе формирования морфологически гетерогенного оксидного покрытия.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость учета процесса изменения температуры оксидного покрытия при обработке токами высокой частоты, что позволяет адекватно выбрать технологические режимы и обеспечить требуемые характеристики титановых малогабаритных изделий после термообработки;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы численное моделирование электромагнитных и тепловых полей, а также комплекс методов исследования химического состава, структуры и физико-механических свойств титановых изделий с покрытиями;

раскрыт механизм образования оксидных покрытий на титане и его сплавах при обработке токами высокой частоты на воздухе, который позволил обосновать выбор температурного диапазона термообработки в пределах от 600 до 1200 °С;

разработаны феноменологические модели изменения параметров структуры и физико-механических свойств оксидных и композиционных покрытий титановых изделий в зависимости от параметров процесса обработки токами высокой частоты, а также последующей обработки с использованием коллоидной модификации наночастицами, электроискрового легирования и электроплазменного напыления;

проведена модернизация технологического процесса электроплазменного напыления порошковых покрытий с предварительным высокочастотным нагревом титановых изделий, позволившая повысить качество биокерамических покрытий.

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

разработаны и внедрены:

- комплекс запатентованных способов получения покрытий, обеспечивающих высокое качество титановых медицинских изделий, с использованием индукционного нагрева, электроплазменного напыления и модификации оксидных покрытий коллоидными наночастицами гидроксиапатита;

- результаты исследований, касающиеся рекомендаций по повышению эффективности обработки токами высокой частоты титановых изделий медицинского назначения, использованы в научно-исследовательских работах, государственных заданиях Министерства образования и науки РФ, федеральных целевых программах и грантах, выполняемых при СГТУ имени Гагарина Ю.А.;

- результаты диссертационной работы, которые использованы в научно-практической деятельности ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», ФГУН «Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН» и стоматологической клиники «Унистом» для обеспечения высокого качества титановых медицинских изделий (стоматологических имплантатов, чрескостных фиксаторов и чаш эндопротезов);

- результаты исследований, которые использованы в учебном процессе в СГТУ имени Гагарина Ю.А.;

определены перспективы практического применения разработанных процессов в электротехнологии и термической обработке металлов и сплавов медицинского назначения;

представлены рекомендации по технологии термической обработки медицинских титановых изделий, обеспечивающие высокое качество оксидных и композиционных покрытий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность научных результатов подтверждается качественным совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований, адекватностью применяемых феноменологических моделей, результаты расчетов по которым не противоречат экспериментальным данным, полученным на современном оборудовании;

теория построена на проверяемых данных, в том числе для предельных случаев, и хорошо согласуется с известными опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики использования электротермических и электрофизических методов обработки тугоплавких материалов с учетом особенностей титановых изделий, применительно к медицинской практике;

использован комплекс взаимодополняющих и высокоточных контрольно-измерительных методов определения фазово-структурного состояния и физико-механических свойств оксидных и композиционных покрытий;

установлена эффективность предлагаемых технологических решений, позволяющих получить требуемые параметры биосовместимости медицинских изделий;

использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке цели и задач исследований, теоретическом и методическом обосновании путей их решения, непосредственном участии соискателя в научных экспериментах, обработке, обобщении и интерпретации экспериментальных данных, создании электронагревательного оборудования для обработки токами высокой частоты и его модернизации для осуществления комбинированных воздействий, а также в изготовлении экспериментальных образцов имплантируемых изделий. Вклад соискателя в написание текстов научных статей и изложение материалов в других публикациях, относящихся к теме диссертации, является основным.

Диссертация охватывает основные вопросы рассматриваемой научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательностью плана теоретических и экспериментальных исследований, взаимосвязью полученных результатов и сделанных выводов.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена крупная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение, а именно разработаны и научно обоснованы новые технологические процессы и оборудование для получения титановых медицинских изделий с требуемыми физическими, химическими и биологическими свойствами, необходимые для нужд промышленности, изготавливающей стоматологические имплантаты и

чрескостные фиксаторы. Области исследования соответствуют паспортам специальностей 05.09.10 – «Электротехнология» (пункт 4), 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (пункт 6), и соответствуют требованиям и критериям пунктов 9–14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Диссертационный совет **принял решение** присудить Фомину Александру Александровичу ученую степень доктора технических наук по специальностям: 05.09.10 – «Электротехнология», 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них по специальности 05.09.10 – «Электротехнология» – 6 докторов наук и по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» – 5 докторов наук, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, в т.ч. дополнительно введенных на разовую защиту – 5, проголосовали: за – 19, против – 2, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Артюхов Иван Иванович

Миргородская Екатерина Евгеньевна

«09» ноября 2017 г.