

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«Санкт-петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Управление подготовки и аттестации научно-педагогических кадров (УПНК) СПбГУ имени Гагарина Ю.А.
Входящий № 26-203
«13» октября 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Д. В. Гайворонский



«17» октября 2017 г.

Отзыв

ведущей организации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
на диссертационную работу Фомина Александра Александровича на тему: «Научные
основы термических процессов получения оксидных покрытий на титановых
медицинских изделиях с применением токов высокой частоты», представленную на
соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям: 05.09.10 –
Электротехнология, 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и
сплавов

1. Актуальность темы диссертационной работы

Разработка технологии для нанесения функциональных покрытий на поверхность металлоизделий для повышения их механических характеристик, а также придания заданного структурного состояния является одним из направлений создания новых электротехнологических процессов.

В диссертационной работе решается актуальная научно-техническая проблема повышения физико-механических характеристик поверхности малогабаритных титановых изделий медицинской техники за счет разработки новых технологических способов

электротермического упрочнения и модифицирования поверхности с использованием нагрева токами высокой частоты (ТВЧ). Особенностью поставленной проблемы является то, что обрабатываемые изделия имеют малые массогабаритные характеристики и изготовлены из технического титана и высокопрочных титановых сплавов.

При нанесении покрытий на изделия используются известные методы, например, электролитическое осаждение, плазменное напыление и другие. В рассматриваемой диссертационной работе автор использует индукционную обработку (нагрев и выдержку) на высоких частотах. Данная обработка обеспечивает рост оксидных покрытий на титановых медицинских изделиях. Использование индукционного нагрева в комбинации с электротехнологическими процессами (электроискровым легированием, плазменным напылением) и коллоидной модификацией позволяет получить нанокристаллические композиционные покрытия.

Необходимо отметить, что для достижения поставленной цели автором разработаны технологические рекомендации по получению оксидных и композиционных покрытий с высокими показателями физико-механических свойств на малогабаритных титановых изделиях. При этом выполнены оригинальные исследования по созданию оборудования и подбору режимов его работы с последующей оценкой качества полученных продуктов, а именно их физико-механических и функциональных характеристик.

Сказанное выше позволяет сделать вывод об актуальности темы диссертационной работы. Это также отражено в исследованиях в рамках научно-исследовательских проектов, стипендиальных программ и грантов.

2. Степень обоснованности и достоверности результатов

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечивается комплексным использованием современных теоретических и экспериментальных методов исследования, корректным выполнением расчетных процедур, согласованностью полученных автором теоретических и экспериментальных данных с известными данными других исследователей, а также подтверждается их практическим использованием.

3. Новизна основных результатов

Научная новизна диссертационной работы отражена в следующих пунктах:

1. Предложена математическая модель для расчета электрических и тепловых параметров устройства для индукционного нагрева титановых малогабаритных образцов и

изделий, учитывающая фактор роста оксидного покрытия и увеличение площади поверхности теплообмена, что позволило повысить точность расчетов и выбрать технологические режимы высокотемпературной обработки.

2. Предложены новые технические решения компоновки системы устройств для индукционного нагрева малогабаритных титановых изделий и проведения высокотемпературной обработки, обеспечивающие формирование пористо-кристаллических оксидных покрытий.

3. Получены экспериментальные результаты влияния режимов индукционной обработки титановых изделий на химический элементный состав, фазово-структурное состояние и основные физико-механические свойства покрытий и приповерхностного слоя, на основании которых установлены технологические режимы формирования высококачественных покрытий.

4. Разработаны и научно обоснованы способы формирования твердых и высокопористых покрытий титановых малогабаритных изделий с предварительной активацией поверхности с применением высокочастотного индукционного нагрева для комбинированных технологических процессов таких, как модификация оксидных покрытий коллоидными наночастицами кальций-фосфатной керамики (гидроксиапатита), электроискровое легирование танталом, плазменное напыление с образованием оксидированных покрытий системы титан-диоксид титана.

Научная новизна подтверждена также рядом охранных документов, включая патенты РФ на изобретения.

Таким образом, результаты оригинальных исследований, представленные в диссертации, открывают новые и перспективные направления по созданию электротехнологических процессов термической обработки и формирования функциональных покрытий на поверхности малогабаритных титановых изделий, используемых в восстановительной медицине.

4. Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы (332 наименований) и 7 приложений. Общий объем работы – 421 стр., в том числе 191 рисунок и 46 таблиц.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 63 работы, в том числе 22 статьи в центральных изданиях из перечня ВАК РФ, 24 статьи в зарубежных журналах и сборниках международных конференций (индексируемых в Scopus и Web of Science), 7 статей в прочих изданиях, 1 монография, 2 главы в зарубежном справочнике, 6

патентов РФ на изобретение и 1 патент на полезную модель. Основные результаты работы были также представлены на международных и всероссийских конференциях и выставках.

5. Значимость результатов, полученных в диссертации для практики

В диссертационной работе предложены новые способы изготовления медицинских изделий с оксидными и композиционными покрытиями. Серии изделий (имплантатов) с высококачественными покрытиями опробованы в клинических условиях, а полученные результаты испытаний показали их высокую эффективность, т.е. способность к сращиванию с биотканями.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается протоколами клинических испытаний образцов имплантатов и актами внедрения в лечебный процесс (УНТЦ «Ветеринарный госпиталь» Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова). Новизна практических решений также подтверждается патентами РФ на изобретения и полезную модель, включающими способы формирования газотермических, оксидных и композиционных покрытий, а также конструкцию устройства для оксидирования металлических имплантатов.

6. Рекомендации по использованию полученных результатов

Полученные результаты обладают существенной новизной и практической ценностью, поэтому могут быть использованы при серийном изготовлении малогабаритных титановых медицинских изделий, например, стоматологических имплантатов, костных фиксаторов для аппарата Илизарова, металлических компонентов эндопротезов суставов. Полученные результаты также могут быть востребованы на предприятиях, деятельность которых связана с упрочняющей обработкой поверхностей титановых изделий.

7. Замечания по диссертационной работе

1. В Главе 1 уделено недостаточно внимания традиционным методам электронагрева и термической обработки металлоизделий.

2. Чем обоснован выбор частотного диапазона от 50 до 150 кГц для обработки указанных титановых изделий?

3. В предлагаемой математической модели соискатель предлагает учитывать влияние процесса окисления при решении задачи теплопроводности (Глава 2, с.102-104). Введенная в расчет поправка не подтверждена дополнительными физическими экспериментами (например, в вакуумных камерах), так как различные неметаллические покрытия обычно выполняют роль тепловой изоляции. Именно с этим и может быть

связано рассогласование теоретических и экспериментальных результатов по кинетике нагрева титановых образцов.

4. В тепловом расчете процесса индукционного нагрева обычно опускается влияние окружающей воздушной среды, а также водяного охлаждения индуктора. В связи с этим возникает вопрос, зачем автор учитывал конвективные потери?

5. Почему автор не рассмотрел кинетику нагрева титановых малогабаритных изделий, например, цилиндрических имплантатов, а привел данные только для образцов дисковой формы?

6. Каким образом при моделировании учитываются или сравниваются теоретические данные электрического расчета по известной методике А. Е. Слухоцкого?

7. В Главе 4 при рассмотрении комбинированного процесса электроискрового легирования и последующей обработки ТВЧ не представлены данные по влиянию температуры обработки. Автором проведены исследования только при температуре 800 °С (с. 263-279). С чем это связано?

8. Почему выбраны данные условия испытания на износостойкость (с. 227-230)? Описанные изделия в Главе 1 не испытывают нагрузок такого типа.

9. Для чего автор привел данные по формированию оксидных покрытий на циркониевых образцах (с. 235-239)? Тема диссертационной работы определяет направление поверхностной обработки изделий из титановых сплавов.

10. В Главе 5 имеются данные аналитического моделирования кинетики роста нанокристаллов покрытия (с. 287-290). Почему нет сравнения теоретических и экспериментальных данных?

11. В Главе 5 при рассмотрении процесса плазменного напыления с подогревом титановой основы изделия не указано влияние прочих факторов процесса получения покрытий, например, дистанции напыления или размера частиц порошка.

8. Заключение

Сделанные замечания не изменяют общей положительной оценки уровня научной новизны и практической значимости представленной диссертации. Диссертационная работа представляет собой законченное исследование. Содержание диссертации соответствует паспортам научных специальностей 05.09.10 и 05.16.01, так как в ней приведены исследования, направленные на создание научных основ разработки электротехнологии для получения оксидных и композиционных покрытий и соответствующих режимов, а также показано использование разработанных методов для повышения физико-механических свойств обрабатываемых изделий. Содержание автореферата соответствует материалам диссертационной работы.

Материалы диссертации отражают решение важной научной и практической проблемы получения оксидных и композиционных покрытий на малогабаритных титановых медицинских изделиях, отличающихся высокими показателями физико-механических свойств и функциональных показателей, путем разработки и совершенствования технологических процессов с использованием индукционного нагрева и комбинированных способов обработки.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа отвечает всем требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к докторским диссертациям, а ее автор Фомин Александр Александрович заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.09.10 – Электротехнология, 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Доклад заслушан и одобрен на заседании межотраслевой лаборатории «Современные электротехнологии» (МОЛ СЭТ). Протокол № 9 от 05.09.2017.

Начальник межотраслевой лаборатории «Современные электротехнологии»,
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,

доктор технических наук, профессор


Дзлиев
Сослан Владимирович



Секретарь МОЛ СЭТ

кандидат технических наук, доцент



Бондаренко
Дмитрий Николаевич

Подпись Дзлиева Сослана Владимировича удостоверяю.

Тел.: +7 (812) 318-33-24; +7 (905) 222-96-45 (моб.)

e-mail: info@interm.su, dzlsv@mail.ru