

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

**Соискатель:** Дьяков Илья Геннадьевич

**Тема диссертации:** «Теория и практика анодного электролитно-плазменного насыщения стальных и титановых сплавов азотом и углеродом» выполнена на кафедре «Общей и теоретической физики» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Костромской государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Специальность:** 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 26 октября 2021 года, протокол № 156/21, 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 **Дьякову Илье Геннадьевичу** ученую степень доктора технических наук

### **Присутствовали:**

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Бецофен С.Я., Бабаевский П.Г., Бухаров С.В., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Конкевич В.Ю., Крит Б.Л., Лозован А.А., Моисеев В.С., Никитина Е.В., Ракоч А.Г., Серов М.М., Шляпин С.Д., Шляпин А.Д., Эпельфельд А.В.

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 ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 26 октября 2021 года № 156/21

О присуждении Дьякову Илье Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Теория и практика анодного электролитно-плазменного насыщения стальных и титановых сплавов азотом и углеродом» по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 15 июля 2021 г., протокол № 135/21 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 22.02.2017г.

Соискатель Дьяков Илья Геннадьевич, 23.07.1981 года рождения, в 2003 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Костромской государственный университет им. Н.А. Некрасова».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение однородности эксплуатационных свойств деталей, упрочненных электрохимико-термической обработкой» защитил в 2006 году в диссертационном совете Д 212.210.03, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П.А. Соловьева», работает доцентом в федеральном государственном бюджетном образовательном

учреждении высшего образования «Костромской государственной университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Общей и теоретической физики» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Костромской государственной университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Колмыков Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», кафедра технологии материалов и транспорта, профессор;

Гвоздев Александр Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого», кафедра технологии и сервиса, главный научный сотрудник;

Парфенов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», проректор по цифровизации дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева», г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Изотовым В.А., доктором технических наук, профессором, заместителем заведующего кафедрой «Материаловедения, литья и сварки», и утвержденном проректором по науке и цифровой трансформации, к.т.н. Сутягиным А.Н., указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора

технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соискатель имеет 132 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 69 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 34 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Дьяков И.Г. Особенности двухкомпонентного насыщения конструкционных сталей азотом и углеродом при анодном электролитном нагреве / Т.Л. Мухачева, И.Г. Дьяков, П.Н. Белкин // Вопросы материаловедения. – 2009. – №2. – с. 38–45

2. Дьяков И.Г. Повышение износостойкости малоуглеродистой стали анодным электролитно-плазменным азотированием / Кусманов С. А., Касаткина М. Н., Силкин С. А., Белкин П. Н., Дьяков И.Г. // Вопросы материаловедения. – 2017. – №1. – с. 99 – 118

3. Dyakov I.G. Wear Mechanism of Medium Carbon Steel after its Plasma Electrolytic Nitrocarburising / T.L. Mukhacheva, I.G. Dyakov, P.N. Belkin, S.A. Kusmanov // Wear 462–463 (2020) 203516

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных Дьяковым И.Г. работах.

На автореферат поступило 13 отзывов: от института проблем химической физики РАН за подписью заведующего лабораторией лазерной электрохимии д.т.н. Кривенко А.Г.; от ФБГОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» за подписью профессора кафедры электрохимических производств, д.т.н., профессора Балмасова А.В.; от ФБГОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» за подписью доцента кафедры общенаучных дисциплин, к.т.н. Белихова А.Б.; от ФБГОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» за подписью заведующего кафедрой «Материаловедения и композиционных материалов», д.т.н. Гуревича Л.М.; от ОАО «Научно-производственное предприятие «Исток» им. А.И. Шокина» за подписью начальника НПК, к.т.н. Налогина А.Г.; от Института химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук за подписью главного научного сотрудника, д.т.н., профессора Парфенюка В.И.; от Пермского государственного национального исследовательского университета за подписью

профессора кафедры физической химии, д.т.н., профессора Шеина А.Б.; от РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина за подписью профессора кафедры трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования, д.т.н., профессора Мальшева В.И.; от Института химии Дальневосточного отделения РАН за подписью ведущего научного сотрудника лаборатории нестационарных поверхностных процессов, д.х.н. Гнеденкова А.С.; от Института химии Дальневосточного отделения РАН за подписью заместителя директора по научной работе, заведующего лабораторией нестационарных поверхностных процессов, д.х.н. Синябрюхова С.Л.; от ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет» за подписью заведующего кафедрой Сварочное, литейное производство и материаловедение, д.т.н., профессора Розена А.Е.; от ПАО «Объединенная двигательная корпорация САТУРН» за подписью главного сварщика, к.т.н. Полякова А.Н.; от военной академии радиационной, химической и биологической защиты им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко за подписью заведующего кафедрой математики, информатики и физики, к.т.н., доцента Шутовой А.Г.

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

– в таблице 1 автореферата приведены значения коэффициентов диффузии для разных используемых в качестве добавок в раствор органических соединений, но при этом не описано, почему коэффициент диффузии углерода в материале анода должен зависеть от выбора состава электролита.

– в качестве замечаний следует отметить, что в тексте говорится о снижении шероховатости поверхности образцов при их анодной электролитно-плазменной цементации. В тоже время известно, что анодное растворение может приводить к повышению шероховатости. Поэтому данное утверждение нуждается в дополнительном обосновании. Также в автореферате указано, что анодное электролитно-плазменное насыщение проводилось только на сталях и титановых сплавах. С чем связано это ограничение? Какие еще материалы анода могут быть обработаны таким методом?

– в автореферате нет сведений о вспомогательном электроде (катоде), используемом при ЭПО. Какие процессы протекают на катоде и могут ли



продукты этих процессов оказывать влияние на процессы электролитно-плазменного насыщения на рабочем электроде (аноде)?

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:

разработано новое теоретическое описание теплообмена при анодном электролитно-плазменном насыщении с учетом рассеивания тепла в окружающую среду через выступающую из электролита часть образца,

доказано, что повышенная скорость растворения материала анода и восстановление поверхностных оксидов железа обусловлены разложением органических добавок, находящихся в растворе электролита.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана роль оксидного слоя в замедлении процессов насыщения поверхности атомами легких элементов, а также возможность управления его толщиной путем интенсификации процесса анодного растворения,

применительно к проблематике диссертации результативно использованы существующие базовые методы исследования, в том числе методы электронной и световой микроскопии, рентгеноструктурного анализа, измерения твердости, профилометрии;

изложены результаты исследований влияния состава электролитов и режимов электролитно-плазменного насыщения на фазовый состав и структуру диффузионных слоев. Установлено, что структура поверхностного слоя конструкционных сталей после их электролитно-плазменного насыщения азотом и углеродом содержит оксиды железа в поверхностном слое, мартенсит с нитридами или карбонитридами железа и твердый раствор насыщающих компонентов в железе, а у титановых сплавов анодный электролитно-плазменный процесс приводит к образованию поверхностного оксидного слоя, содержащего рутил, и твердого раствора азота и углерода в титане;

изучены закономерности образования упрочненных слоев после

диффузионного насыщения сталей азотом и углеродом. Показано, что распределение диффундирующих элементов в модифицированном слое определяется совокупностью процессов окисления поверхности парами воды и анионами электролита, анодным растворением металла и диффузией азота и/или углерода.

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

разработаны технологические основы для реализации электролитно-плазменных процессов азотирования, цементации и нитроцементации, включая режимы обработки и составы электролитов, для повышения твердости, износостойкости и коррозионной стойкости ряда конструкционных и инструментальных сталей, а также титановых сплавов ВТ1-0, ВТ6 и ВТ22. Технология электролитно-плазменной нитроцементации резьбовых соединений была использована при изготовлении автомобильных шторок в ИП Григорьев Д.Л. Технология электролитно-плазменной цементации была использована при изготовлении нитепроводников для прядильной машины ПМ-88-Л8 Вологодского льнокомбината.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования, показана воспроизводимость результатов измерения коррозионных и трибологических свойств; обработка результатов проводилась с использованием методов математической статистики;

идея базируется на обобщении опыта исследований отечественных и зарубежных ученых, собственных результатах научных изысканий, а также требованиях, предъявляемых к технологическим процессам химико-термической обработки;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит: в непосредственном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных

результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

– сам метод обработки называется электролитно-плазменный, а при описании процессов диффузионного насыщения, окисления и растворения рассматривается парогазовая оболочка, окружающая деталь. В какой момент в ней образуется плазма и каков характер этой плазмы?

– каков механизм насыщения поверхности? В ходе обработки происходит одновременное растворение и насыщение поверхности анода, то есть граница образца постоянно двигается. Поэтому насыщение происходит локально или по всей поверхности?

– процессы насыщения, а также температура и плотность тока изменяются по длине обрабатываемой детали. Какая однородность результатов свойств наблюдается после обработки, как форма изделия будет на эти факторы влиять?

Соискатель Дьяков И.Г. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

– состояние вещества в парогазовой оболочке называется плазмой в том смысле, что в ней находятся в движении под действием электрического поля ионы разных зарядов, например, ионы хлора и железа. Из-за невысоких температур в парогазовой оболочке такую плазму характеризуют как низкотемпературную. Образование электролитной плазмы связано с формированием сплошной и устойчивой парогазовой оболочки. В начальный момент при подаче напряжения в систему вокруг анода малой площади выделяется большое количество лэнц-джоулева тепла, что приводит к разогреву и вскипанию раствора в прианодной области и переходу пузырькового кипения в пленочное. Так как удельное сопротивление парогазовой оболочки в системе максимально, то она становится нагревательным элементом;

– на данный момент точный механизм насыщения не установлен. Но в



первом приближении, исходя из полученных данных, можно считать, что скорость процесса окисления поверхности и диффузионного насыщения легкими элементами выше, чем скорость движения границы анода за счет процессов растворения. Предполагается, что адсорбция и диффузия протекают по всей обрабатываемой поверхности;

– форма изделия будет значительно влиять на распределение температуры и плотности тока по обрабатываемой детали, что приведет к распределению толщины диффузионного слоя и свойств. Для уменьшения такой зависимости для случая обработки цилиндрических образцов были предложены варианты уменьшения межэлектродного расстояния между анодом и катодом или распределенная подача раствора через систему отверстий в нижней части катода. Эти способы приводят к уменьшению разброса твердости с 20 до 6 HRC по длине образца из стали 45.

На заседании 26 октября 2021 года диссертационный совет принял решение за новые технические и технологические решения по модифицированию сталей и титановых сплавов в условиях плазменного электролиза для повышения их коррозионной стойкости и износостойкости, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие металловедения и страны в целом, присудить Дьякову И.Г. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

26 октября 2021 года

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

