

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

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

**Соискатель:** Степушин Александр Сергеевич

**Тема диссертации:** «Создание линейной градиентной структуры в  $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавах для обеспечения высокого сопротивления динамическим нагрузкам» выполнена на кафедре «Материаловедение и технология обработки материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

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

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 27 декабря 2022 года, протокол № 193/22, 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 Степушину Александру Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук

### **Присутствовали:**

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Абраимов Н.В., Бабаевский П.Г., Бецофен С.Я., Бухаров С.В., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Костина М.В., Крит Б.Л., Лозован А.А., Моисеев В.С., Никитина Е.В., Серов М.М., Слепцов В.В., Терентьева В.С., Шефтель Е.Н., 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 КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27 декабря 2022 года № 193/22

О присуждении Степушину Александру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Создание линейной градиентной структуры в  $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавах для обеспечения высокого сопротивления динамическим нагрузкам» по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 18 октября 2022 г., протокол № 183/22 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 Степушин Александр Сергеевич, 9 августа 1990 года рождения, в 2018 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», в 2022 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает военнослужащим в войсковой части 38994 Министерства обороны Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «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.

Научный руководитель:

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

Официальные оппоненты:

Салищев Геннадий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», кафедра «Материаловедение и нанотехнологии», профессор;

Панин Павел Васильевич, кандидат технических наук, доцент, НИЦ «Курчатовский институт» ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», лаборатория «Титановые сплавы для конструкций планера и двигателя самолета», ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный университет», г. Уфа, в своем положительном отзыве, подписанном Парфёновым Е.В., заведующим кафедрой «Материаловедение и физика материалов», доктором технических наук, доцентом, и утвержденном Еникеевым Р.Д., первым проректором по науке, доктором технических наук, профессором, 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 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соискатель имеет 24 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 22 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. С.В. Скворцова, Создание «линейной» градиентной структуры в титановом сплаве ВТ6 / Скворцова С.В., Гвоздева О.Н., Шалин А.В., Степушин А.С. // Титан, №3, 2019, Москва, с. 25-31.
2. O.N. Gvozdeva, The correlation among chemical composition, structure and mechanical properties in titanium alloys for the elements with increased dynamic ability / Gvozdeva O.N., Stepushin A.S., Shalin A.V. // IOP Conf. Series Materials Science and Engin., 2019, V. 709, Issue 1, article № 022082, pp. 1- 5
3. O.N. Gvozdeva, Formation of a unidirectional gradient structure in titanium alloy using reversible hydrogen alloying / Gvozdeva O.N., Stepushin A.S., Shalin A.V., Zaynetdinova G.T. // Non-ferrous Metals, Q3, 2021, с. 34-40, 2021, DOI: 10.17580/nfm.2021.01.05 2021.
4. С.В. Скворцова, Создание барьерных покрытий с помощью термической и термохимической обработки для формирования однонаправленных градиентных структур в двухфазных титановых сплавах / Скворцова С.В., Гвоздева О.Н., Степушин А.С., Шалин А.В., Сарычев С.М. // Журнал неорганической химии, 2021, том 66, № 8, с. 1070-1076, DOI: 10.31857/S0044457X21080274.  
S.V.Skvorcova, Protective coatings formation using thermal and thermochemical treatment to create «unidirectional» gradient structures in VT6 titanium alloy / Skvorcova S.V., Gvozdeva O.N., Shalin A.V., Stepushin A.S., Sarychev S.M. // Russian Journal of Inorganic Chemistry, 2021, Q4, Vol. 66, № 8, pp. 1176–1182
5. С.В. Скворцова, Исследование стойкости пластин из сплава ВТ6 с линейно изменяющейся градиентной структурой к направленному высокоскоростному воздействию / Скворцова С.В., Гвоздева О.Н., Степушин А.С., Шалин А.В. // Деформация и разрушение материалов, №5, 2022, с. 26 – 32.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Степушиным А.С. работах.

На автореферат поступило 10 отзывов: от АО «Ступинская металлургическая компания» за подписью заместителя генерального директора-директора по техническому развитию, к.т.н. Кононова С.А.; от ФГБОУ ВО «Рыбинского государственного авиационного технического университета П.А. Соловьева имени» за подписью заведующего кафедрой «Материаловедения, литья и сварки», д.т.н., профессора Шатульского А.А. ; от ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» за подписью заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы», за подписью д.т.н., доцента Гуревича Л.М.; от ФГАОУ ВО «Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева» за подписью заведующего кафедрой обработки металлов давлением Академика РАН, д.т.н., профессора Гречникова Ф.В.; от АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» за подписью начальника научно-исследовательского центра стрелкового вооружения, к.т.н. Некрасова И.О.; от НИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей» за подписью начальника НПК-8, д.т.н. Леонова В.П.; от ФГБОУ ВО «Самарского государственного технического университета» за подписью профессора кафедры «Материаловедения, порошковая металлургия и наноматериалы» д.т.н., профессора Муратова В.С.; от АО «Научно-производственное предприятие «КлАСС» за подписью генерального директора, д.э.н. Злыднева М.И.; от Войсковой части 38994 за подписью начальника 3 отдела, к.т.н. Тормозова А.В.; от АО «Центр высокопрочных материалов «Армированные композиты» за подписью генерального директора, д.т.н., профессора, Академика РАН Харченко Е.Ф.

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

- В главе 5 автореферата приведены испытания на пулестойкость пластин из сплавов ВТ6 и ВТ23, однако отсутствует обоснование выбора боеприпасов калибра 5,45-мм и 7,62-мм.

- В главе 4 автореферата приведены результаты исследования влияния типа барьерного покрытия на глубину его проникновения в образцах из титановых сплавов ВТ6 и ВТ23 при различных расчетных концентрациях вводимого водорода. Однако, во-первых, из текста автореферата не ясен метод расчета и контроля концентрации вводимого в материал водорода. Во-вторых, не ясно для каких из исследованных концентраций водорода приведены данные по твердости поверхностного слоя (40-41 HRC) после проведения низкотемпературного вакуумного отжига для удаления водорода до безопасной концентрации.
- В выводе № 6 по работе указано, что при однонаправленном поверхностном наводороживании содержание водорода в поверхности на 0,2 масс.% больше, чем рассчитанное на объем образца. Однако из текста автореферата не понятно, на основании каких данных сделан этот вывод.

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:

предложен подход к созданию новых материалов на основе титановых сплавов с линейной градиентной структурой, обладающих высокой динамической прочностью при высокоскоростном направленном воздействии;

доказана перспективность использования темоводородной обработки изделий с барьерными покрытиями для однонаправленного преобразования их структуры.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность создания в плитах толщиной 12 мм из сплавов ВТ6 и ВТ23 линейной градиентной структуры по сечению, изменяющейся от мелкодисперсной до крупнопластинчатой, за счет обеспечения поглощения водорода только с одной стороны полуфабриката и защиты остальных сторон оксидным или нитридным барьерным покрытием.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования фазового состава и структуры, механических свойств материалов, в том числе: экспериментальные методики металлографического и рентгеноструктурного анализа, измерения твердости и микротвёрдости, механических испытаний при комнатной температуре, а также специальных испытаний на противоположную стойкость.

изложены результаты исследований стойкости термических, электрохимических, микродуговых и нитридных барьерных покрытий, сформированных на образцах из титановых сплавов ВТ6 и ВТ23, к проникновению водорода.

изучено влияние концентрации вводимого водорода на глубину слоя с преобразованной структурой. Показано, что с увеличением содержания водорода от 0,3% до 0,4% наблюдается увеличение глубины преобразованного слоя с 2,3 до 4,5 мм для сплава ВТ6 и с 4,0 до 6,6 мм для сплава ВТ23 с нитридным покрытием.

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

разработана технология получения в плитах из сплавов ВТ6 и ВТ23 линейной градиентной структуры. Полученные по разработанной технологии плиты показали высокую стойкость при испытаниях пулями калибров 5,45-мм и 7,62-мм со стальным сердечником и повышенной пробиваемости.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

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

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта улучшения существующих и создания новых бронезащитных материалов на основе титановых сплавов с повышенными характеристиками противоположной стойкости (сопротивления высокоскоростным динамическим нагрузкам).

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и активном 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:

- Почему были выбраны именно титановые сплавы VT6 и VT23. Существуют более 50 марок титановых сплавов. Например, американцы продвигают сплав Ti5553 в качестве брони.

- Чем Вы руководствовались, когда выбирали методику окисления поверхности образцов термического, анодного и микродугового. Почему остановились именно на термическом окислении.

- Поясните идеологию работы материала с линейной градиентной структурой.

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

- Безусловно, существует много альтернативных сплавов. Данные сплавы были выбраны на основе анализа литературы и исходя из того, что они серийно выпускаются в широкой номенклатуре полуфабрикатов и доступны на территории Российской Федерации для изготовления средств индивидуальной бронезащиты и в гражданских легковых транспортных средствах.

- Методику окисления поверхности образцов выбирали из условий простоты создания и доступности, так же руководствовались экономическими соображениями. Проведенные нами исследования показали, что нитридные покрытия обладают лучшими барьерными свойствами.

- На слайде приведена схема многослойного материала типа «Сэндвич», состоящего из слоёв керамики, металла и полимера. Создаваемый материал с



линейной градиентной структурой выполняет функции керамики и металла, т.к. он имеет с фронтальной стороны слой с мелкодисперсной структурой с повышенной твёрдостью, а с тыльной стороны – слой с повышенной вязкостью. Таким образом, при попадании пули на поверхность с мелкодисперсной структурой она разрушается и деформируется, а в слое с крупнопластинчатой структурой поглощается энергия и тормозится развитие трещин.

На заседании 27 декабря 2022г. диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по созданию в титановых сплавах ВТ6 и ВТ23 линейной градиентной структуры, обеспечившей их повышенное сопротивление высокоскоростному динамическому нагружению, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Степушину А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании; из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

27 декабря 2022 года

Начальник отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина

