

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

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

**Соискатель:** Орлов Алексей Алексеевич

**Тема диссертации:** «Влияние термической и вакуумной ионно-плазменной обработок на структуру и свойства полуфабрикатов и изделий из сплавов медицинского назначения» выполнена на кафедре 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 № 192/22, 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 Орлову Алексею Алексеевичу 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 № 192/22

О присуждении Орлову Алексею Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние термической и вакуумной ионно-плазменной обработок на структуру и свойства полуфабрикатов и изделий из сплавов медицинского назначения» по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 18 октября 2022г., протокол № 184/22 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 Орлов Алексей Алексеевич, 20 августа 1994 года рождения, в 2018 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», в 2022 г. окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает инженером в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный

исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования 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:

Овчинников Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», кафедра «Материаловедение», заведующий кафедрой;

Дьяков Илья Геннадьевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромской государственный университет», кафедра «Общая и теоретическая физика», профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Поповым А.А., заведующим кафедрой термообработки и физики металлов, доктором технических наук, профессором, и утвержденном Германенко А.В., проректором по науке, доктором физико-математических 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 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 26 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Skvortsova, S., Orlov, A., Valyano, G., Spektor, V., Mamontova, N. Wear resistance of Ti–6Al–4V alloy ball heads for use in implants // *Journal of Functional Biomaterials*, 2021, 12(4), 65, <https://doi.org/10.3390/jfb12040065>.
2. Gvozdeva O.N, Orlov A.A., Stepushin A.S, Volodin A.V. The study of structure development regularities in VT35 alloy after strengthening thermal processing // *International Journal of Civil Engineering and Technology*, pp.1471-1478
3. Ivanov A.E., Orlov A.A., Golubovskii E.P. The influence of thermomechanical processing on the structure and mechanical properties of rods made of high-strength titanium alloys of different classes // *Materials today: Proceedings Vol. 19 Part 5 2019* pp.2163-2166.
4. S. V. Skvortsova, V. S. Spector, S. M. Sarychev, A. A. Orlov. Influence of surface structures on torque of VT6 alloy cortical screws // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года. – Sevastopol, 2020. – P. 032030. – DOI 10.1088/1757-899X/971/3/032030. – EDN PNFZQO.
5. V.S. Spektor, A. A. Orlov, S.M. Sarychev. The effect of surface conditions on corrosion resistance of a cobalt-chromium alloy // *Key Engineering Materials – 2021*. –Vol. 887 – pp. 358-363.
6. Skvortsova S.V., Orlov A.A., Neiman A.V., Sopelnik D.O. Research of Wear Resistance of Medical Materials during Friction with High-Molecular Polyethylene // *Key Engineering Materials –2022*. –Vol. 910 – pp. 935-939.
7. С. В. Скворцова, О. З. Пожога, А. В. Овчинников, А.А. Орлов. Влияние термоводородной обработки на технологические и механические свойства жаропрочного интерметаллидного сплава ВТИ-4 // *Журнал «Деформация и разрушение материалов» №1 2019, г. Москва* С.16-23.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Орловым А.А. работах.

На автореферат поступило 10 отзывов: от ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» за подписью заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы», д.т.н., старшего научного сотрудника, доцента Гуревича Л.М.; от ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» за подписью профессора кафедры «Материаловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», д.т.н. Муратова В.С.; АО «Ступинская металлургическая компания» за подписью заместителя генерального директора-директора по техническому развитию, к.т.н. Кононова С.А.; от ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» за подписью профессора, академика РАН, заведующего кафедрой обработки металлов давлением, д.т.н. Гречникова Ф.В.; от ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии» за подписью профессора кафедры «Технология машиностроения» д.т.н., профессора Криони Н.К.; от ФГАОУ ВО «Белгородский научный исследовательский университет» за подписью заведующей кафедрой Материаловедения и нанотехнологий к.ф.-м.н. Тихоновой М.С.; от ГНУ «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси» за подписью заведующего лабораторией физики металлов, члена-корреспондента НАН Беларуси, д.т.н. Рубаник В.В.; от ОАК «Опытно-конструкторское бюро Сухого («ОКБ Сухого»)» за подписью главного конструктора – начальника НИО-21, к.т.н. А. А. Филатов; от ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет» за подписью доцента кафедры «Материаловедения, литья, сварки» к.т.н. Воздвиженской М.В.; от ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» за подписью д.т.н., профессора кафедры «Машиностроение и материаловедение» Марковой Г.В.

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

- В титановом сплаве ВТ6 (Ti-6Al-4V) содержится выше 4-х процентов ванадия, который считается относительно токсичным металлом. Известно, что были предприняты попытки заменить его в сплавах ВТ6 на железо или ниобий. В результате получились улучшенные титановые сплавы Ti-5Al-2.5Fe и Ti-6Al-7Nb, которые не были рассмотрены в диссертационной работе. Имеются данные, что улучшенные титановые сплавы имеют высокую динамическую твердость и более низкий модуль упругости по сравнению с ВТ6. Это позволяет лучше распределять напряжения между имплантатом и костью.
- Автор утверждает, что при испытании на долговечность шаровой головки после 12 лет эксплуатации на компонентах не обнаружено следов износа. Можно ли сделать вывод о том, что ВИПА обеспечивает достаточный уровень микротвердости поверхности (рис. 5) для сохранения износостойкости изделия на высоком уровне, а нанесение нитрида титана является необязательной стадией обработки, несмотря на повышение микротвердости в 2 раза по сравнению с азотированием?
- В работе приводятся данные по исследованию влияния вакуумного ионно-плазменного азотирования на износостойкость шаровой головки эндопротеза тазобедренного сустава из титанового сплава ВТ6. Само по себе применение вакуумного ионно-плазменного азотирования на довольно пластичных металлах и сплавах (таких как сплавы титана) без применения какой-либо обработки, улучшающей сочетание пластических и прочностных свойств, может приводить к отрицательному результату во время клинического применения таких головок (мягкая сердцевина головки «отслаивает» прочную поверхность). Автор не указывает на проведение дополнительных обработок, что вызывает вопрос;

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:

разработан экспресс-метод определения оптимальной температуры изотермической обработки сплава ВТ6 в зависимости от его твёрдости в закалённом состоянии, обеспечивающий получение заданных значений твердости независимо от изменений химического состава сплава в паспортных пределах;

доказано, что в процессе длительной эксплуатации в биологически активной среде организма человека на поверхности шаровых головок эндопротезов тазобедренного сустава из сплава ВТ6, подвергнутых ионно-плазменному азотированию, происходит преобразование нитрида титана в оксинитрид, что не оказывает влияния на их износостойкость.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность создания термической обработкой в полуфабрикатах из сплава ВТ6 структуры, обеспечивающей получение заданных значений твёрдости независимо от колебаний химического состава в рамках паспортных значений.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования структуры и механических свойств материалов, в том числе: экспериментальные методики металлографического и рентгеноструктурного анализа, измерения твердости и крутящего момента, испытаний на износостойкость и коррозионную стойкость в воздушной и биологически активной среде.

изложены результаты исследований по влиянию вакуумной ионно-плазменной обработки на структуру поверхности и износостойкость титанового сплава ВТ6;

изучено влияние температуры нагрева под закалку на изменение твёрдости образцов из сплава ВТ6 после последующей изотермической обработки.

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

Разработана и внедрена во ФГУП «ЦИТО» и АО «Имплант МТ» технология термической обработки прутков из сплава ВТ6, обеспечивающая получение требуемых значений твёрдости;

разработана и внедрена во ФГУП «ЦИТО» технология вакуумной ионно-плазменной обработки головок винтов для остеосинтеза из сплава ВТ6, обеспечивающая их высокую износостойкость.

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 физико-механических и эксплуатационных свойств медицинских материалов.

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:

- В работе представлены рентгенограммы шаровых головок в исходном состоянии, после азотирования и после 12 лет эксплуатации. С чем связано исчезновение отражений от нитридов титана и  $\beta$ -фазы, и почему отражения от  $\alpha$ -фазы смещаются к малым углам?

- Существует проблема расшатывания титановых винтов в пластине. Как решали эту проблемы в работе?

- Происходит ли износ резьбы головки винта для остеосинтеза при вкручивании и выкручивании в титановую пластину?

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

- Смещение отражений от  $\alpha$ -фазы и исчезновение отражений нитридов



титана и  $\beta$ -фазы связано с диффундированием азота, являющегося  $\alpha$ -стабилизатором, из поверхностных слоев вглубь твёрдого раствора.

- В исследовании использовались блокирующие винты, поэтому такой проблемы нет, а, наоборот есть проблема при их выкручивании, которую мы и решали в работе.

- Осмотр винтов после испытаний показал наличие следов износа между витками резьбы. При этом меньше всего износ наблюдался у винтов с азотированной головкой и винтов с головкой с нанесённым нитридом.

На заседании 27 декабря 2022 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения, обеспечивающие повышение износостойкости изделий из титанового сплава ВТ6 за счет формирования в них заданной поверхностной и объемной структуры при термической и вакуумной ионно-плазменной обработках и имеющие существенное значение для развития страны, присудить Орлову А.А. 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  
Т.А. Аникин

