

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

Соискатель: Нейман Алена Владимировна

Тема диссертации: «Влияние термоводородной и термической обработок на объемную и поверхностную структуру и функциональные свойства титанового сплава ВТ6 для имплантируемых медицинских изделий» выполнена на кафедре 1102 «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» (технические науки).

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 26 декабря 2024 года, протокол № 262/24, 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 Нейман Алене Владимировне ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали:

Бецофен С.Я. – заместитель председателя диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

д.т.н. Андрианова Н.Н., д.т.н. Бабаевский П.Г., д.т.н. Бухаров С.В., д.т.н.

Гусев Д.Е., д.т.н. Егорова Ю.Б., д.т.н. Жуков А.А., д.т.н. Иванов Д.А., д.т.н.

Коллеров М.Ю., д.т.н., Крит Б.Л., д.т.н. Лозован А.А., д.т.н. Мамонов А.М. д.т.н.

Никитина Е.В., д.х.н. Ракоч А.Г., д.т.н. Серов М.М., д.т.н. Слепцов В.В., д.т.н.

Терентьева В.С., д.т.н. Чекалова Е.А., д.т.н. Шефтель Е.Н., д.т.н. Шляпин С.Д.

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 26 декабря 2024 года № 262/24

О присуждении Нейман Алёне Владимировне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние термоводородной и термической обработок на объемную и поверхностную структуру и функциональные свойства титанового сплава ВТ6 для имплантируемых медицинских изделий» по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки) принята к защите 17 октября 2024 г., протокол №248/24 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 Нейман Алёна Владимировна, 18 октября 1988 года рождения, в 2011 году окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ» – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского», в 2024 году окончила 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 1102 «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 Мамонов Андрей Михайлович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра 1102 «Материаловедение и технология обработки материалов», профессор.

Официальные оппоненты:

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

Илларионов Анатолий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Овчинниковым В.В., заведующим кафедрой материаловедения, доктором технических наук и утвержденном Наливайко А.Ю., проректором по научной работе, кандидатом технических наук, указала, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных

степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки).

Соискатель имеет 46 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 10 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Нейман, А.В. Создание градиентных структур в крупногабаритных заготовках эндопротезов из сплава ВТ6 термоводородной обработкой / Нейман А.В., Мамонов А.М., Агаркова Е.О., Овчинников А.В. // Титан. – 2021. №2. – С. 10-15.

2. Mamonov, A. M. Effect of Thermal, Hydrothermal, and Ion-Plasma Treatment on the Structure, Hardness, and Wear Resistance of a Titanium Alloy in the Metal–Polymer Friction Pair of a Condylar Prosthesis / Mamonov A. M., Neiman A.V., Agarkova E. O., Lidzhiiev A. A., Neiman A. P. // Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2022. – No. 10. – P. 1240-1246.

3. Скворцова, С.В. Влияние модифицирования поверхности на износостойкость головок эндопротезов тазобедренного сустава из титанового сплава Ti-6Al-4V до и после эксплуатации в организме человека / Скворцова С.В., Орлов А.А., Спектор В.С., Нейман А.В., Сарычев С.М. // Титан. – 2022. – №3-4. С. 58-63.

4. Skvortsova, S.V. Research of Wear Resistance of Medical Materials during Friction with High-Molecular Polyethylene / Skvortsova S.V., Orlov A.A., Neiman A.V., Sopelnik D.O. // Key Engineering Materials. – 2022. – Vol. 910. P. 835-839.

5. Нейман, А.В. Влияние индукционной закалки на фазовый состав, структуру и твердость титанового сплава ВТ6 / Нейман А.В. Быценко О.А., Нейман А.П., Агаркова Е.О // Титан. – 2023. – №2. – С. 31-36.

6. Mamonov, A.M. Computer simulation prediction of the operational capability and reliability of a condylar prosthesis / Mamonov A.M., Preobrazhenskii E.V.,

Neiman A.V., Polyakov O.A., Agarkova E.O. // Russian Metallurgy (Metally). – 2023. Vol. 10. P. 1522-1527.

7. Нейман, А.В. Создание градиентных структур в образцах из сплава ВТ6 методом индукционной закалки / Нейман А.В., Быценко О.А., Тевс М.Д., Нейман А.П. // Титан. – 2024. – №1. – С. 4-8.

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

На автореферат поступило 7 отзывов: от АО «ЦИТО» за подписью к.т.н., доцента, начальника лаборатории измерений и испытаний Дзуновича Д.А.; от АО «СМК» за подписью к.т.н. заместителя технического директора, главного металлурга Смирнова М.О.; от ГНУ «Институт технической акустики Национальной Академии Наук Беларуси» за подписью член-корреспондента НАН Беларуси, профессора, д.т.н., заведующего лабораторией Рубаника В.В.; от ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» за подписью к.т.н., доцента, ведущего научного сотрудника Панина П.В.; от ФГБУН «ИМЕТ РАН» за подписью к.т.н., ведущего научного сотрудника Ашмарина А.А.; от АО «Московское машиностроительное предприятие имени В.В. Чернышова» за подписью к.т.н., помощника технического директора Пайкина А.Г.; от НКП «Центр по развитию цинка» за подписью к.т.н., доцента, генерального директора Полькина В.И.

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

- вызывает сомнение легитимность применения ГОСТ 31621-2012 для проведения триботехнических испытаний пар трения коленного сустава, т.к. головка эндопротеза тазобедренного сустава и мышелки эндопротеза коленного сустава в парах трения имеют разные контактные поверхности.
- исследования закалки с индукционным нагревом проведены на образцах простейшей формы и не ясно, как полученные результаты

интерпретировать в отношении весьма сложной формы реальных деталей эндопротеза.

- из автореферата не ясно, по каким причинам в образцах диаметром 40 мм удалось получить градиентную структуру, а в образцах диаметром 20 мм – нет.

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:

предложены новые подходы к формированию градиентных структурных состояний, обеспечивающих существенный градиент твердости в компонентах эндопротезов коленного сустава путем использования термоводородной обработки и индукционного нагрева с последующими закалкой и старением.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что градиентное структурное состояние при термоводородной обработке массивной модели заготовки эндопротеза из сплава ВТ6 достигается вследствие неравномерного распределения водорода по ее сечению, приводящего к различной полноте протекания фазовых $\alpha \rightarrow \beta$, $\beta \rightarrow \alpha''$ и $\beta \rightarrow \alpha$ превращений в объеме сплава.

Применительно к проблематике диссертации результативно использовано математическое компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния и механического поведения биотехнической системы с эндопротезом коленного сустава из сплава ВТ6 и комплекс существующих базовых методов исследования структуры и механических свойств материалов, в том числе: экспериментальные методики металлографического и рентгеноструктурного анализа, измерения твердости и микротвердости, триботехнических испытаний;

изложены результаты исследований по влиянию упрочняющей термической и термоводородной обработок и вакуумного ионно-плазменного азотирования на структуру, твердость и триботехнические характеристики пары трения титановый

сплав ВТ6 – сверхвысокомолекулярный полиэтилен применительно к силовым условиям эксплуатации эндопротеза коленного сустава. Показано, что применяемые обработки обеспечивают глубину упрочненного поверхностного слоя 50-60 мкм с градиентом распределения микротвердости: от 500 – 525 HV на поверхности до 350–420 HV в сердцевине, а также минимальные значения коэффициента трения и отсутствие износа компонентов;

изучены закономерности формирования градиентных ($\alpha+\beta$)-структур в образцах из сплава ВТ6, состоящих из мелкодисперсной структуры в поверхностном слое глубиной до 5 мм и близкой к исходной в сердцевине, методами термоводородной обработки и индукционного нагрева с последующими закалкой и старением.

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

разработаны и использованы АО «Имплант» рекомендации по применению технологических схем и режимов обработки эндопротезов коленного сустава;

представлены рекомендации по планированию и проведению экспресс-метода испытаний узла трения эндопротеза.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования, показана воспроизводимость результатов измерения механических и триботехнических свойств;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта термоводородной и упрочняющей термической обработок титановых сплавов;

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:

– чем обоснована задача преобразования именно поверхностной структуры модели компонента эндопротеза коленного сустава и почему не использовать ранее разработанные режимы, применяемые для компонентов эндопротеза тазобедренного сустава;

– индукционный нагрев проводили в установке с частотой 66 кГц, однако для титановых сплавов обычно стараются снизить частоту до промышленной. Чем был обусловлен выбор именно такой частоты;

– было показано, что и в случае термоводородной обработки, и в случае индукционного нагрева с последующими закалкой и старением, глубина упрочненного слоя составила около 5 мм. Чем был обусловлен выбор именно такой глубины.

Соискатель Нейман А.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

– режимы термической обработки, используемые в настоящее время при производстве компонентов эндопротеза тазобедренного сустава, в частности шаровых головок, в случае применения для более массивных компонентов эндопротезов коленного сустава потребуют существенного увеличения времени обработки. Для достижения требуемых триботехнических характеристик массивных компонентов достаточно получения мелкодисперсной структуры только в поверхностном слое, что позволяет существенно сократить время обработки.

– при индукционном нагреве от частоты зависит глубина проникновения, а, следовательно, и нагрева образца. Была выбрана частота, позволяющая достичь именно градиента температур по сечению и преобразования структуры только в поверхностном слое с сохранением исходной структуры в центре.

– глубина около 5 мм слоя с мелкодисперсной структурой позволяет с

одной стороны получить плавный градиент твердости, а с другой включает припуск на последующую механическую обработку.

На заседании 26 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по обработке эндопротезов из титановых сплавов, обеспечивающие получение требуемого уровня эксплуатационных свойств и имеющие существенное значение для развития страны, присудить Нейман Алене Владимировне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки), участвовавших в заседании; из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Бецофен Сергей Яковлевич

Ученый секретарь
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

26 декабря 2024 года

Проректор по научной работе



Иванов Андрей Владимирович