

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.15

**Соискатель:** Герман Марина Александровна

**Тема диссертации:** «Влияние термической и термоводородной обработок на формирование структуры и механические свойства заготовок из  $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавов, полученных по аддитивным технологиям» выполнена на кафедре «Материаловедение и технология обработки материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**Специальность:** 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 19 декабря 2019 года, протокол № 97/19, 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 **Герман Марине Александровне** ученую степень кандидата технических наук

**Присутствовали:**

Бецофен С.Я. – заместитель председателя диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Бабаевский П.Г., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Конкевич В.Ю., Крит Б.Л., Лозован А.А., Мамонов А.М., Моисеев В.С., Никитина Е.В., Осинцев О.Е., Петров Л.М., Серов М.М., 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 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 19 декабря 2019 года № 97/19

О присуждении Герман Марине Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние термической и термоводородной обработок на формирование структуры и механические свойства заготовок из ( $\alpha+\beta$ )-титановых сплавов, полученных по аддитивным технологиям» по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 10 октября 2019 г., протокол № 85/19 диссертационным советом 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 Герман Марина Александровна, 1992 года рождения, в 2015 году закончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского», в 2019 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает инженером на кафедре «Материаловедение и технологии обработки материалов» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает инженером НИО «МиТОМ» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения 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 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:

Ночовная Надежда Алексеевна, доктор технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации, лаборатория 608 «Титановые сплавы для конструкций планера и двигателя самолета», заместитель начальника лаборатории;

Александров Андрей Валентинович, кандидат технических наук, Закрытое акционерное общество «Межгосударственная ассоциация «Титан», генеральный директор,  
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., доктором технических наук, профессором, и утвержденном проректором по науке Кружаевым В.В., 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 кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Скворцова, С.В. Формирование структуры и текстуры в образцах из сплава Ti-6Al-4V, полученных по аддитивным технологиям / Скворцова С.В., Герман М.А., Грушин И.А., Спектор В.С. // Титан. 2019. №1. С 15-21.

2. Скворцова, С.В. Структура и свойства образцов из сплава Ti-6Al-4V, полученных 3D-печатью / Скворцова С.В., Герман М.А., Спектор В.С. // Металлы. 2019. №5. С 26-37.

Skvortsova, S.V. Structure and Properties of Alloy Ti-6Al-4V Samples Fabricated by 3D Printing / S.V. Skvortsova, M.A. German, S.V. Spektor. // Russian Metallurgy (Metally), Pleiades Publishing, Ltd. – 2019 - Vol. 2019 - №9 - pp. 863-872

3. Скворцова, С.В. Влияние структуры на механообрабатываемость титанового сплава ВСТ2К / Скворцова С.В., Гуртовая Г.В., Митропольская Н.Г., Герман М.А. // Металлы. 2016. №4. С 79-86.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Герман М.А. работах.

На автореферат поступило 12 отзывов: от Белгородского государственного национального исследовательского университета за подписью ведущего научного сотрудника, д. ф.-м.н. Миронова С.Ю.; от Всероссийского института легких сплавов за подписью начальника научно-технологического бюро деформационного производства легких сплавов, к.т.н. Снегиревой Л.А.; от Института металлургии и

материаловедения имени А.А. Байкова Российской академии наук за подписью заместителя директора ИМЕТ РАН, к.т.н. Банных И.О.; от Волгоградского государственного университета за подписью заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы», д.т.н., старшего научного сотрудника, доцента Гуревича Л.М.; от Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН за подписью главного научного сотрудника лаборатории цветных сплавов, профессора, д.ф.-м.н, Пушина В.Г.; от Калужского филиала МГТУ им. Н.Э.Баумана за подписью заведующего кафедрой «Материаловедение и химия», д.т.н., профессора Шаталова В.К.; от Московского политехнического университета за подписью доцента кафедры «Материаловедение», к.т.н. Давыденко Л.В.; от Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева за подписью академика РАН, д.т.н., заведующего кафедрой обработки металлов давлением Гречникова Ф.В.; от Самарского государственного технического университета за подписью профессора кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», д.т.н., профессора Муратова В.С.; от Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. Соловьёва за подписью доцента кафедры «Материаловедения, литья, сварки», к.т.н. Воздвиженской М.В.; от компании Сухой за подписью начальника НИО-21, к.т.н. Филатова А.А.; от Уфимского государственного авиационного технического университета за подписью профессора кафедры теоретических основ электротехники, д.т.н., доцента Парфенова Е.В.

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

- как я могу предположить, качество полуфабрикатов аддитивного производства, а также их микроструктура и свойства являются чувствительными к параметрам 3D печати. К сожалению, из автореферата не ясно, какие именно параметры использовались в рамках данной диссертационной работы, и чем именно был продиктован их выбор;

- тот же самый вопрос относится к проведению микроструктурных исследований. Учитывая относительно низкую теплопроводность титана, скорость его кристаллизации возле подложки может существенно отличаться от скорости охлаждения в центральной части заготовки. Исходя из этого, было бы интересно знать, оценивал ли автор макроскопическую однородность микроструктуры в «напечатанных» деталях и как именно выбирал область для микроструктурного анализа.

- Чем обоснован выбор данных фракций порошка сплавов и оказывает ли влияние на результаты исследования различие в дисперсности применяемого порошка?

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 способ преобразования крупнопластинчатой структуры  $\alpha$ -фазы в мелкодисперсную в образцах из сплава Ti-6Al-4V, полученных по аддитивным технологиям, путем введения 0,8 масс. % водорода и последующего вакуумного отжига, что обеспечивает преобладание процесса зарождения частиц  $\alpha$ -фазы над процессами ее роста при  $\beta \rightarrow \alpha$ -превращении;

доказано, что вследствие быстрого охлаждения зоны расплавления при селективном лазерном сплавлении образцов из сплава Ti-6Al-4V в них формируется мартенситная  $\alpha'$ -структура. Последующий отжиг приводит к формированию равновесной ( $\alpha + \beta$ )-структуры, при этом  $\alpha$ -фаза наследует пластинчатую морфологию мартенсита.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что введение в заготовки из сплава Ti-6Al-4V водорода и последующий вакуумный отжиг позволяют управлять процессом структурообразования и получать структуру с различной степенью дисперсности структурных составляющих.

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, плотности, исследование усталостной прочности и остаточных напряжений;

изложены температурно-концентрационные принципы проектирования технологии термоводородной обработки для формирования в сплаве Ti-6Al-4V дисперсной структуры;

раскрыта причина анизотропии свойств в заготовках из титанового сплава ВТ6, полученных методом прямого лазерного нанесения материала, которая состоит в формировании текстуры  $\beta \rightarrow \alpha$ -превращения: в направлении роста преимущественно располагаются призматические плоскости  $\{11\bar{2}0\}_\alpha$ , а в направлении продольного роста – плоскости базиса  $(0001)_\alpha$ .

изучено влияние температуры нагрева и содержания водорода на формирование структуры, текстуры и свойства заготовок из титановых сплавов Ti-6Al-4V и ВТ6, полученных методом селективного лазерного сплавления и прямого лазерного нанесения металла.

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

Разработана технология термоводородной обработки заготовок из сплава Ti-6Al-4V, включающая наводороживающий отжиг до 0,8 масс.% водорода, охлаждение со скоростью 1 К/с до комнатной температуры и последующий вакуумный отжиг при 625-800°C. Разработанная технология позволяет преобразовать пластинчатую структуру в мелкодисперсную, до полутора раз повысить предел прочности без заметной потери показателей пластичности и существенно повысить циклическую долговечность.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на поверенном 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 обобщения передового опыта в создании изделий из титановых сплавов методами аддитивного производства.

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 выводов, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации результатов исследования.

На заседании 19 декабря 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Герман М.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



Бецофен Сергей Яковлевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

19 декабря 2019 года

И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

