

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

Соискатель: Лабутин Александр Андреевич

Тема диссертации: «Разработка синтеза малогабаритных оболочечных конструкций из слоистого композита Nb/Mo с защитным покрытием на основе метода магнетронного распыления» выполнена на кафедре «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» и в Акционерном Обществе «Композит» в отделении «Металлических композиционных материалов и спецпокрытий».

Специальность: 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 30 марта 2023 года, протокол № 200/23, 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 Лабутину Александру Андреевичу 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., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Костина М.В., Крит Б.Л., Моисеев В.С., Никитина Е.В., Серов М.М., Слепцов В.В., Терентьева В.С., 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 30 марта 2023 года № 200/23

О присуждении Лабутину Александру Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка синтеза малогабаритных оболочечных конструкций из слоистого композита Nb/Mo с защитным покрытием на основе метода магнетронного распыления» по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» принята к защите 24 января 2023г., протокол № 198/23 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 Лабутин Александр Андреевич, 12 марта 1987 года рождения, в 2019 году окончил государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Технологический университет», с 01 сентября 2022г. по н/в был прикреплен к федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» для подготовки диссертации на соискание ученой степени

кандидата наук без освоения образовательных программ высшего образования - программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, работает начальником сектора «Специальных покрытий и композиционных порошковых материалов» в Акционерном Обществе «Композит».

Диссертация выполнена на кафедре «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и в Акционерном Обществе «Композит» в отделении «Металлических композиционных материалов и спецпокрытий» Госкорпорации Роскосмос.

Научный руководитель:

доктор технических наук Лозован Александр Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов», профессор.

Официальные оппоненты:

Калита Василий Иванович, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, лаборатория физикохимии и технологии покрытий, главный научный сотрудник;

Ткаченко Никита Владимирович, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова", Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, младший научный сотрудник.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Суминовым И.В., директором центра, доктором технических наук, профессором, и утвержденном Колодяжным Д.Ю., проректором по научной деятельности, доктором технических наук, указал 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 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Бецофен С.Я. Исследование формирования текстуры и остаточных напряжений в магнетронных Mo, Nb и Nb/Mo покрытиях / С.Я. Бецофен, А.А. Лозован, А.С. Ленковец, А.А. Лабутин, И.А. [и др.] // Металлы. – 2021. – № 4, – С. 1-11.

(Перевод) Betsofen S. Ya. Texture and Residual Stresses in Mo, Nb, and Nb/Mo Magnetron Coatings / S. Ya. Betsofen, A. A. Lozovan, A. S. Lenkovets, A. A. Labutin, I. A. Grushin. // Russian Metallurgy (Metally). 2021. – No. 7, pp. 883–891.

2. Ленковец А.С., Получение и контроль качества изделий типа малогабаритных конструкций из жаропрочных слоистых композиционных материалов / А.С. Ленковец, А.А. Лабутин // Конструкции из композиционных материалов. –2017. – Вып. 3(147). – С. 19–27.

3. Антипова Т.Н. Сравнение вакуумных методов напыления для получения жаропрочных слоистых композиционных материалов типа оболочечных конструкций / Т.Н. Антипова, А.А. Лабутин // Информационный технологический вестник, выпуск 2018, № 4(18). – С. 125-137.

4. Антипова Т.Н. Обоснование получения качественного жаропрочного композиционного материала с применением металлов платиновой группы методом магнетронного распыления / Т.Н. Антипова, А.А. Лабутин // Журнал Информационный технологический вестник. – 2018. – Вып. 1 (15). – С. 127-136.

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

На автореферат поступило 11 отзывов: от ФГБУН «Института проблем машиноведения РАН» за подписью главного научного сотрудника лаборатории модифицирования поверхностей материалов, д.т.н. Кузнецова В.Г.; от АО «Научно-производственной корпорации «конструкторского бюро машиностроения» за подписью первого заместителя генерального конструктора – директора по НИОКР и инновационному развитию Коновалова В.А.; от ФГБОУ ВО «Костромского государственного университета» за подписью доцента, директора института физико-математических и естественных наук, д.т.н., Кусманова С.А.; от ФГАОУ ВО Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» за подписью профессора кафедры ФЭТ, д.т.н, профессора Шаповалова В.И.; от ФГАОУ ВО «Московского политехнического университета» за подписью заведующего кафедрой «Материаловедения» д.т.н., профессора Овчинникова В.В.; от ФГБОУ ВО «Самарского государственного технического университета» за подписью профессора кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», д.т.н, Муратова В.С.; от АО «Центрального научно-исследовательского института материалов им. Д.И. Менделеева» за подписью начальника лаборатории наноматериалов и карбидных композитов, д.т.н, Гордеева С.К.; от ФГУП «Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова» за подписью главного специалиста, к.т.н, Щитова Н.Н.; от ФГБОУ ВО «Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана» за подписью профессора кафедры «Материаловедение» д.т.н, Семенова М.Ю.;

от Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» за подписью профессора кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов, д.т.н, Блинкова И.В.; от ФГБОУ ВО «Тольяттинского государственного университета» за подписью д.т.н, профессора Криштала М.М.

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

- из содержания автореферата не ясно, проводились ли термические (огневые) испытания опытных образцов на определение стойкости слоистого композита и покрытия к растрескиванию и расслаиванию, что является традиционной методикой для подобных изделий;
- в автореферате не приведены четкие условия и время, необходимые для вытравливания медной оправки при изготовлении изделий. Возможно ли применение оправок из других материалов и к изменению каких свойств получаемых материалов, по мнению автора, это может привести, имея в виду другие ТКЛР материала оправок;
- вольфрам, являющийся близким химическим аналогом молибдена, обладает более низким коэффициентом самодиффузии при высоких температурах, что указывает на его более высокую жаропрочность. Кроме того, вероятно, что жаропрочность молибдена может быть увеличена за счет его легирования другими элементами, в том числе за счет дисперсных частиц интерметаллидов. Таким образом, мотивы выбора автором твердого раствора на основе молибдена в качестве компонента слоистого композиционного материала из автореферата ясны не в полной мере.

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:

разработана методика синтеза тонкостенных жаропрочных оболочечных конструкций с постоянным и переменным по длине изделия радиусом кривизны из слоистых металлокомпозитов Nb/Mo, основанная на использовании системы инвертированных магнетронов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что при создании многослойных Nb/Mo покрытий остаточные сжимающие напряжения, формирующиеся при нанесении ниобиевого слоя с большей величиной ТКЛР, уравниваются растягивающими напряжениями при нанесении следующего молибденового слоя с меньшим ТКЛР, что обеспечивает при любом числе слоев многослойного покрытия уровень остаточных напряжений, сопоставимый с двухслойным покрытием;

применительно к проблематике диссертации результативно (с получением обладающих научной новизной результатов) использован комплекс современных методов исследования состава, структуры и механических свойств: рентгенофазовый анализ, оптическая и растровая электронная микроскопия, измерения твердости и толщины покрытий;

изложены результаты влияния напряжения смещения на подложке на плотность структуры многослойного Nb/Mo покрытия и его адгезионную прочность. Определены оптимальные значения напряжения смещения, которые составляют $U_{\text{п}} = -60$ В при напылении слоев молибдена и $U_{\text{п}} = -200$ В при напылении слоев ниобия;

изучены закономерности формирования текстуры и остаточных напряжений при напылении Mo покрытий инвертированными магнетронами на медную цилиндрическую подложку. Установлено, что с увеличением напряжения смещения на подложке усиливается текстура (111), происходит снижение толщины покрытий и измельчение субзеренной структуры, а уровень остаточных сжимающих напряжений увеличивается до 1600 МПа при

напряжении смещения 200 В и затем снижается из-за нарушения адгезии с подложкой.

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

разработана опытная технология изготовления тонкостенной оболочечной конструкции с постоянным и переменным по длине изделия радиусом кривизны из слоистого металлокомпозита Nb/Mo на базе напыления слоев системой инвертированных магнетронов. Получено многослойное покрытие Nb/Mo толщиной ~800 мкм, в котором достигнут уровень остаточных напряжений <600 МПа, что значительно ниже, чем в монослойных покрытиях Nb и Mo (>1000 МПа) толщиной 10 мкм;

разработано оборудование для нанесения системой инвертированных магнетронов многослойных тонкостенных оболочечных конструкций из слоистых металлокомпозитов с гарантированным отсутствием в напыленных слоях капельной фазы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием усовершенствованных применительно к градиентным поверхностным слоям рентгеновских методик измерения остаточных напряжений;

идея базируется на анализе практики и обобщения передового опыта создания слоистых композиционных материалов с защитными покрытиями;

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.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- Касательно первого этапа определения герметичности. Оценивается ли разрешающая способность рентгеновского метода определения. Позволяют ли вообще в принципе просвечивающая рентгеноскопия определять мелкие дефекты сплошности?

- У вас формируется цель, что вы как будто наносите покрытие на внутреннюю стенку изделия, на самом деле вы формируете многослойную структуру и на основе ее вы делаете изделие и, наверное, цель заключается не только в том, что у вас внутренняя стенка была многослойная, но что вы компенсировали все внутренние напряжения и так далее, а в цели у вас не оговаривается?

- Ниобий напыляется с промежутком, а молибден постоянно? Почему на графике показан как молибден, так и ниобий в одном месте? Или не смещен «0»? Как было на самом деле?

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

- Основным методом оценки работоспособности готового изделия является испытание на герметичность, но при этом рентгеновский метод позволяет в пределах своей разрешающей способности определить внутренние дефекты, которые могут привести к нарушению герметичности при эксплуатации изделия.

- При проведении технологии силицирования, нанесения покрытия происходит сразу на всю поверхность изделия включая и внутреннюю.

- На 2 этапе формирования слоистого металлокомпозита из Nb/Mo проводили распыления тугоплавких материалов с помощью магнетронной распылительной системы. Они наносились поочередно. Первый слой наносили Nb толщиной 5 мкм. Затем следовал слой Mo толщиной 50 мкм, далее по 75 слоев Nb и Mo с толщиной слоев 10 и 2 мкм, соответственно. Всего было нанесено 120 слоев. Предположительно образовался твердый раствор Nb в Mo в первом слое.

На заседании 30 марта 2023 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения по разработке и совершенствованию технологии изготовления тонкостенных оболочечных конструкций различного назначения, в том числе камер сгорания малогабаритных двигателей космических аппаратов, основанной на напылении слоев металлокомпозита системой инвертированных магнетронов, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Лабутину Александру Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы, участвовавших в заседании; из 24 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

30 марта 2023 года

Начальник отдела УОД МАИ
Т.А. Анискина

