

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.332.01,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
государственный технологический университет «СТАНКИН» Министерства
науки и высшего образования Российской Федерации, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 03 декабря 2024 г. № 19

О присуждении Скоробогатову Андрею Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата технических наук**.

Диссертация на тему «Разработка технологии изготовления биметаллических изделий с использованием коаксиальной лазерной наплавки» по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите 01 октября 2024 г., протокол № 13, диссертационным советом 24.2.332.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127994, ГСП-4, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а, приказом от 01.04.2013 г. № 156/нк.

Соискатель, Скоробогатов Андрей Евгеньевич, 1992 года рождения, в 2015 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Минобрнауки России по направлению «Металлургия» с присвоением квалификации МАГИСТР.

В 2022 году окончил очное отделение аспирантуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» Минобрнауки РФ по направлению «Машиностроение» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка об обучении в аспирантуре с указанием сведений о сдаче кандидатских экзаменов, выдана в сентябре 2024 года ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

В период подготовки диссертации (с мая 2016 года по настоящее время) Скоробогатов Андрей Евгеньевич работал в должности инженера-технолога, а затем начальника бюро металлургического профиля отдела главного металлурга акционерного общества «Машино-конструкторское бюро «Факел».

Работа выполнена на кафедре высокоэффективных технологий обработки федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Научный руководитель – Тарасова Татьяна Васильевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высокоэффективных технологий обработки федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Официальные оппоненты:

Матюнин Вячеслав Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии металлов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва,

Богданов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры МТ-12 «Лазерные технологии в машиностроении» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Петровой Ларисой Георгиевной,

доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технологии конструкционных материалов», и утвержденном Артемьевым Игорем Анатольевичем, кандидатом педагогических наук, первым проректором – проректором по образовательной деятельности, указала, что диссертация Скоробогатова А.Е. представляет собой законченное самостоятельное исследование, содержащее новые научные и практические результаты в области технологий и оборудования механической и физико-технической обработки. Скоробогатов А.Е. внес основной вклад в работу как при планировании исследований, так и на этапе проведения экспериментов, анализа полученных результатов и формулировки выводов. Текст диссертации изложен грамотно и логично, подготовлены качественные иллюстрации.

Диссертационная работа Скоробогатова А.Е. изложена на 158 страницах машинописного текста, включающего введение, четыре главы, заключение, список литературы из 110 наименований и четырех приложений, содержащих методики и расчеты, акт внедрения и заявку на изобретение.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке технологических процессов изготовления биметаллических корпусных деталей на предприятиях ОПК, авиакосмической отрасли, машиностроении (АО Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», АО «НПО Энергомаш им. ак. В.П. Глушко, АО «Конструкторское бюро химавтоматики», АО «КБХиммаш им. А.М. Исаева, ПАО «ОДК-Сатурн» и др.).

Диссертация Скоробогатова А.Е. соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» и является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой имеют важное значение для современного машиностроения.

Автор работы Скоробогатов Андрей Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Соискатель имеет 5 опубликованных работ по теме диссертации (общий объем – 65 с., авторских – 34 с.), в том числе 4 работы в рецензируемых изданиях из

перечня ВАК РФ (общий объём – 54 с., авторских – 27 с.), из которых 3 в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus (общий объём – 44 с., авторских – 19 с.); подана заявка на изобретение (Патент РФ).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Скоробогатов, А.Е.** Исследование процессов изготовления многоматериальных изделий с использованием методов аддитивных технологий / **А.Е. Скоробогатов**, Т.В. Тарасова, Р.С. Хмыров // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». – 2022. – № 1. – С. 104–113.

2. Metel, A.S. Feasibility of Production of Multimate-rial Metal Objects by Laser-Directed Energy Deposition / A.S. Metel, T.V. Tarasova, **A.E. Skorobogatov**, P.A. Podrabinnik, Y.A. Melnik, S.N. Grigoriev // Metals. – 2022. – V. 12(10). – Art.No 1566.

3. Metel, A.S. Quality Diagnostics of Parts Produced by Combined Additive Manufacturing Technology / A.S. Metel, T.V. Tarasova, **A.E. Skorobogatov**, P.A. Podrabinnik, M.A. Volosova, S.N. Grigoriev // Metals. – 2023. – V. 13(1). – Art.No 19.

4. Tarasova, T.V. Investigation of the Structure and Properties of Molybdenum Coatings Produced by Laser-Directed Energy Deposition / T.V. Tarasova, M.A. Volosova, **A.E. Skorobogatov**, S.V. Fedorov, P.A. Podrabinnik, A.A. Kholopov, S.N. Grigoriev // Coatings. – 2023. – V. 13(8). – Art.No 1365.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (г. Химки). Отзыв подписали доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Ефанов Владимир Владимирович и кандидат технических наук, ведущий инженер Стрельников Илья Владимирович.

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физических методов упрочнения поверхностей трения Бирюков Владимир Павлович.

3. Акционерное общество «Московский машиностроительный завод «Авангард» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, начальник отдела лабораторных исследований филиала № 1 Моисеев Кирилл Викторович.

4. Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (г. Москва). Отзыв подписала кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела «Титановые, магниевые, бериллиевые и алюминиевые сплавы» Дуюнова Виктория Александровна.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» (г. Москва). Отзыв подписала кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология конструкционных материалов», директор института независимой автотехнической экспертизы ИНАЭ-МАДИ Лихачева Татьяна Евгеньевна.

6. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва). Отзыв подписала кандидат технических наук, инженер научного проекта кафедры «Обработка металлов давлением» Червякова Ксения Юрьевна.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва). Отзыв подписала доктор технических наук, профессор кафедры «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» Белашова Ирина Станиславовна.

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры

«Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов»
Гаврилов Геннадий Николаевич.

9. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (г. Москва). Отзыв подписала доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Материаловедение» Федорова Лилия Владимировна.

10. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, доцент кафедры трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования Бурякин Алексей Владимирович.

11. Акционерное общество «Композит» (г. Королев). Отзыв подписал кандидат технических наук, начальник сектора аддитивных технологий отдела металлических порошковых материалов и аддитивных технологий Басков Федор Алексеевич.

Все отзывы положительные, однако имеются замечания:

1. При выборе входных параметров для получения уравнения регрессии не был учтен шаг наплавки. Однако автором было проведено отдельное исследование по определению оптимального шага по критерию бездефектности.

2. Автором предполагается замена традиционной технологии пайки на лазерную наплавку молибденового порошка для изготовления биметаллических деталей. Будет ли закрыта потребность в молибденовом порошке марки ПМС-М99,9 при серийном производстве детали «Корпус»?

3. В автореферате не приведены характеристики используемых порошковых материалов (физические свойства и химический состав), однако указаны марки, метод получения и представлен их гранулометрический анализ.

4. Указаны интервалы варьирования основных параметров режима лазерной наплавки и определены рациональные, каким образом был определен расход защитного газа?

5. На сколько экономически целесообразно применять порошок осколочной формы в качестве исходного материала для лазерной наплавки?

6. В чем причина резкого различия твердости молибденовых покрытий, полученных с помощью вакуумной пайки и лазерной наплавки?

7. При анализе литературных источников были выделены два метода аддитивного производства изготовления биметаллических деталей: селективное лазерное плавление и коаксиальная лазерная наплавка. Почему не был рассмотрен метод СЛП для изготовления биметаллической детали «Корпус»?

8. Зачем проводили испытания абразивного износа в течении 15 мин? Если время работы предложенной детали значительно меньше.

9. Не описано применяемое оборудование для коаксиальной лазерной наплавки и диффузионной вакуумной пайки.

10. Не указано, для каких типов деталей и изделий возможно применять разработанные технологические рекомендации коаксиальной лазерной наплавки молибденового порошка.

11. В автореферате при описании используемых материалов для лазерной наплавки указаны марки материалов, но не указан их химический состав.

12. В работе диссертант приводит результаты очень интересных и сложных испытаний изнашивания при фреттинге. Описание методики проведенного исследования очень кратко и не дает полного представления о том, как был организован процесс испытания.

Остальные замечания связаны либо с неточностью формулировок, либо носят редакционный или рекомендательный характер и будут учтены в дальнейшей работе (АО «НПО Лавочкина», ИМАШ РАН, АО «ММЗ «Авангард», НИТУ МИСиС, МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, АО «Композит»).

Выбор официальных оппонентов основан на их высоком профессионализме в области технологии и оборудования для механической и физико-технической обработки, научных публикациях в данном направлении исследований, а ведущей

организации – способностью оценить научную новизну и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана и реализована комбинированная технология изготовления биметаллических корпусных деталей, включающая коаксиальную лазерную наплавку порошка молибдена на литую углеродистую сталь, позволившая повысить стойкость изделия при высокотемпературном воздействии за счет повышения износостойкости функционального слоя;

предложена регрессионная модель распределения температуры нагрева детали «Корпус» в условиях высокотемпературного воздействия, позволяющая прогнозировать работоспособность деталей, изготовленных традиционной технологией (вакуумная пайка) и разработанной комбинированной технологией с использованием коаксиальной лазерной наплавки;

доказаны взаимосвязи между параметрами коаксиальной лазерной наплавки порошка молибдена на углеродистую сталь и характеристиками наплавленного функционального слоя (структурой, фазовым составом и физико-механическими свойствами).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы основные положения материаловедения, методы аналитических и экспериментальных исследований, методы математического анализа и моделирования;

изложены результаты исследования процесса коаксиальной лазерной наплавки тугоплавких материалов;

раскрыты возможности управления структурой и свойствами биметаллических материалов (молибден–углеродистая сталь);

изучено влияние параметров коаксиальной лазерной наплавки на структуру и физико-механические свойства наплавленного покрытия.

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

разработан и внедрен в АО «МКБ «Факел» (г. Химки) комбинированный технологический процесс изготовления биметаллической детали «Корпус», заключающийся в нанесении на стальной литой корпус сложной формы защитного молибденового покрытия с помощью коаксиальной лазерной наплавки, с применением оборудования и металлорошкового материала отечественного производства;

определены рациональные режимы лазерной наплавки молибденового порошка на литую углеродистую сталь, обеспечивающие повышение стойкости функционального слоя при высокотемпературном воздействии;

создана модель распределения температуры нагрева деталей в условиях высокотемпературного воздействия, изготовленных по традиционной технологии пайки и разработанной комбинированной технологии, позволяющая прогнозировать работоспособность деталей;

представлены технологические рекомендации для изготовления корпусных биметаллических деталей с применением коаксиальной лазерной наплавки молибденового порошка на литую углеродистую сталь.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов обеспечивается использованием современных стандартных методик, применением аттестованных приборов и контрольно-измерительной аппаратуры, корректной обработкой результатов эксперимента на основе методов аналитических и экспериментальных исследований;

теория построена на известных положениях науки в области тематики диссертации и согласуется с опубликованными ранее результатами исследований;

идея базируется на обобщении передового опыта современных разработок в области коаксиальной лазерной наплавки тугоплавких материалов;

использована методика сбора и обработки информации, основанная на усреднении результатов многочисленных экспериментов, методов математического моделирования с проверкой их адекватности по результатам экспериментов, проведенных автором;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, а именно: закономерности влияния параметров коаксиальной лазерной наплавки на структуру и физико-механические свойства наплавленного покрытия.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании цели и задач исследования, выборе и обосновании использованных методов и средств исследования, в проведении обзора научно-технической информации по теме исследования в российской и зарубежной литературе, в разработке математических моделей, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, в обработке, обобщении и анализе полученных результатов, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, а также в апробации теоретических и экспериментальных исследований и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации не были высказаны принципиальные критические замечания.

Соискатель Скоробогатов Андрей Евгеньевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился с некоторыми замечаниями.

На заседании 03 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение за научно-обоснованные технические, технологические и иные решения и разработки, направленные на повышение работоспособности биметаллических изделий, изготовленных комбинированным методом с применением коаксиальной лазерной наплавки, имеющие существенное значение для развития машиностроительной отрасли страны, присудить Скоробогатову Андрею Евгеньевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.5.5, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 20, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Владимир Андреевич Гречишников

Ученый секретарь
диссертационного совета



Екатерина Сергеевна Сотова

«03» декабря 2024 г.

