

Заключение диссертационного совета 24.2.312.12,  
созданного на базе федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный  
исследовательский технологический университет»,  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 11.06.2026 г. № 14

О присуждении Шварцу Ивану Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Структура и свойства материалов на основе нержавеющей сталей и никелевого сплава, получаемых лазерно-аддитивным методом с ультразвуковым воздействием» по специальности 2.6.17 принята к защите от «02» апреля 2026 г. (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.2.312.12, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68; совет утвержден приказом Минобрнауки от 22.06.2023 г. № 1311/нк.

Соискатель, Шварц Иван Валерьевич, 01.10.1992 года рождения, в 2017 году окончил специалитет в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана по специальности «Проектирование технологических машин и комплексов». С сентября 2021 года по сентябрь 2025 года Шварц И.В. являлся аспирантом кафедры «Лазерные и аддитивные технологии», где в настоящее время работает в должности старшего преподавателя в ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ». Диссертация выполнена на кафедре «Лазерные и аддитивные технологии», с использованием современных методов и методик исследований, сертифицированного и поверенного научно-исследовательского оборудования кафедры «Лазерные и аддитивные технологии» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, Гильмутдинов Альберт Харисович, заведующий кафедрой «Лазерные и аддитивные технологии» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Официальные оппоненты:

**Коберник Николай Владимирович** – доктор технических наук, доцент, директор Федерального государственного автономного учреждения «Научно-учебного центра «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана».

**Тарасова Татьяна Васильевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН».

Дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, составленном доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой материаловедения и технологии материалов Жеребцовым Сергеем Валерьевичем, утвержденным ректором университета, доктором технических наук, доцентом Туричиным Глебом Андреевичем, указали, что диссертация представляет собой завершённое научное исследование, в котором решена актуальная научная задача, имеющая важное практическое значение для машиностроения.

Автором показано, что при лазерной точечной обработке (ЛТО) нержавеющей сплава AISI 316L наложение ультразвуковых колебаний частотой 40 кГц и мощностью 100 Вт обеспечивает увеличение микротвердости ванны расплава на 12,1–14,9% благодаря формированию мелкозернистой аустенитно-ферритной структуры. С помощью разработанной методики количественно показано изменение фазового состава: содержание X-фазы возрастает на 48–52%. Кроме того, предложенная методика оценки геометрических параметров ванны расплава позволила зафиксировать максимальное относительное увеличение площади поверхности на 15%, а площади поперечного сечения — на 90%.

Для процесса прямого лазерного выращивания (ПЛВ) нержавеющей сплава EuTroLoy 16316D.04 ультразвуковое воздействие (22 кГц, 100 Вт) приводит к росту микротвердости наплавленного металла на 12,7%, прочности при статическом растяжении на 10,2% и повышению коэффициента трения на 26,3%, что обусловлено формированием мелкозернистой дендритной структуры. Разработанная методика количественного анализа позволила установить уменьшение среднего размера столбчатых дендритов на 22–43%, а также снижение среднеквадратического отклонения их размеров на 38,8–65,1%, что свидетельствует о более равномерной микроструктуре по сравнению с традиционным способом выращивания.

Для жаропрочного никелевого сплава Inconel 625 при прямом лазерном выращивании с ультразвуком (22 кГц, 100 Вт) экспериментально подтверждено увеличение микротвердости наплавленного металла на 11,1% за счёт формирования мелкозернистой дендритной структуры.

При синтезе функционально-градиентного материала на основе металлопорошковых композиций из сплавов EuTroLoy 16316D.04 и Inconel 625 ультразвуковое воздействие (22 кГц, 100 Вт) обеспечивает повышение

микротвердости на всех структурных слоях в пределах 10,5–14,8% благодаря формированию мелкозернистой равноосной дендритной структуры. Методом энергодисперсионного анализа выявлено сглаживание относительной интенсивности химических элементов Fe и Ni при переходе от одного слоя к другому, причём относительное изменение интенсивности составляет 10–12%

Теоретическая значимость работы определяется установлением закономерностей влияния ультразвуковых колебаний (частотой 22 и 40 кГц, мощностью 100 Вт) на процессы структурообразования при ЛТО и ПЛВ. Выявлены зависимости фазового состава, морфологии и размеров дендритов, а также механических и трибологических свойств нержавеющей и никелевых сплавов от параметров ультразвукового воздействия. На примере функционально-градиентного материала показана возможность управления распределением химических элементов и микротвердостью в объеме изделия. Полученные результаты развивают научные представления о комбинированных лазерно-ультразвуковых технологиях как эффективном инструменте управления свойствами материалов.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке методик (программные коды) для исследования геометрических параметров ванны расплава (площадь поперечного сечения, площадь поверхности), фазового состава (процентное содержание аустенита,  $\delta$ -феррита) в процессе ЛТО, а также размеров оси 1-го порядка дендритных кристаллов (средний размер, среднеквадратическое отклонение) в процессе ПЛВ нержавеющей сплавов на языке MATLAB, отличающиеся автоматизацией процесса измерений на основе оптических снимков.

Результаты диссертации внедрены в ФГУП «Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики». Кроме того, результаты исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» и используются при изучении дисциплин «Лазерные акустические технологии» и «Материаловедение и технология материалов». Соответствующие акты о внедрении и апробации результатов проведенного исследования представлены в приложении к диссертации.

Результаты диссертационного исследования Шварца И.В. могут быть использованы в образовательной и научной деятельности при подготовке специалистов в области лазерных, аддитивных и акустических технологий, а также в лабораторных практикумах по материаловедению и металлографии, где разработанные методики количественного анализа микроструктуры, включая определение размеров дендритов, фазового состава и геометрии ванны расплава, найдут применение в курсовом и дипломном проектировании. В научно-исследовательской сфере полученные закономерности влияния ультразвукового воздействия (частотой 22 и 40 кГц, мощностью 100 Вт) на структурообразование нержавеющей сталей (AISI 316L, EuTroLoy 16316D.04) и никелевого сплава Inconel 625 могут служить основой для дальнейшего развития теорий управления свойствами материалов в процессах лазерной обработки и прямого лазерного выращивания, а также для создания новых функционально-градиентных

материалов с плавным изменением химического состава и физико-механическими свойствами. В промышленности результаты работы могут быть внедрены на предприятиях, занимающихся лазерной наплавкой, ремонтом и изготовлением ответственных деталей из коррозионностойких и жаропрочных сплавов, с целью повышения их прочности, микротвердости, износостойкости и общего ресурса работы за счет оптимизации параметров ультразвукового воздействия.

Диссертация Шварца Ивана Валерьевича на тему «Структура и свойства материалов на основе нержавеющей стали и никелевого сплава, получаемых лазерно-аддитивным методом с ультразвуковым воздействием», соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства России от 24.09.2013 г. №842 (в ред. Постановления Правительства России от 16 октября 2024 г.), автор диссертации Шварц И.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Результаты работы отражены в 16 печатных работах, в том числе 5 статей в российских рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 1 статья в журнале, индексируемом в Web of Science и Scopus, 6 статей – в других журналах и материалах научных конференций. Получены 1 патент на изобретение и 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем ученой степени, заимствованный материал без ссылки на автора и (или) источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных Шварцем И.В. в соавторстве, без ссылок на соавторов. Авторский вклад соискателя составляет 91,8%.

Наиболее значимые работы соискателя по теме диссертации:

1. **Шварц, И.В.** Анализ микроструктуры и твердости сварных точек при лазерно-акустическом способе нагрева нержавеющей стали / И.В. Шварц, Я.В. Крылов, С.А. Никифоров, А.И. Горун, А.Х. Гильмутдинов // Перспективные материалы. – 2025. – № 2. – С.44-45. – DOI: 10.30791/1028-978X-2025-2-80-88 (личный вклад 90%).

2. **Шварц, И.В.** Исследование микроструктуры и твердости сплава Inconel 625, полученного методом прямого лазерного выращивания с ультразвуковым воздействием / И.В. Шварц, А.Х. Гильмутдинов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2025. – Т 27. – №1. – DOI 10.15593/2224-9877/2025.1.04 (личный вклад 90%).

3. **Шварц, И.В.** Анализ влияния ультразвуковых колебаний на микроструктуру нержавеющей стали в процессе прямого лазерного выращивания / И.В. Шварц, С.А. Никифоров, А.И. Горун, А.Х. Гильмутдинов // Перспективные материалы. – 2025. – № 2. – С.44-45. – DOI: 10.30791/1028-978X-2025-2-80-88 (личный вклад 90%).

4. **Шварц, И.В.** Синтез функционально-градиентного материала методом прямого лазерного выращивания с ультразвуковым воздействием / И.В. Шварц, С.А. Никифоров, А.И. Горун, А.Х. Гильмутдинов // Перспективные

материалы. – 2025. – № 2. – С.44-45. – DOI: 10.30791/1028-978X-2025-2-80-88 (личный вклад 90%).

5. **Шварц, И.В.** Влияние ультразвукового воздействия на механические и трибологические свойства нержавеющей стали в процессе прямого лазерного выращивания / И. В. Шварц, С. А. Никифоров, А. И. Горунов, А. Х. Гильмутдинов // Перспективные материалы. – 2026. – № 1. – С. 59-67. – DOI 10.30791/1028-978X-2026-1-59-67. (личный вклад 90%).

В научных журналах, индексируемых платформах Scopus и Web of Science:

6. **Shvarts, I.V.** The study of laser acoustic method for spot treatment of aisi 316l thin sheet steel / I.V. Shvarts, Ya.V. Krylov, S.A. Nikiforov, A.I. Gorunov, A.Kh. Gilmutdinov // Inorganic materials. – 2025. – Vol. 17. – No 2. – Pp. 133-142. – DOI 10.7242/1999-6691/2024.17.2.12 (личный вклад 90%).

В других журналах и материалах научных конференций:

7. **Шварц, И.В.** Стратегии сканирования и их влияние на качество процесса прямого лазерного выращивания изделий из металла / В.В. Морозов, И.В. Шварц // XXVI Туполевские чтения (школа молодых ученых): Материалы международной молодежной научной конференции: сб. докл. – Казань, 09–10 ноября 2023 года. – Т. III. – Казань: – Казань: ИП Сагиев А.Р., 2023. – С. 375-379 (личный вклад 90%).

8. **Шварц, И.В.** Лазерно-акустический точечный способ обработки поверхности нержавеющей стали и ее последующий анализ / И.В. Шварц, Я.В. Крылов, С.А. Никифоров, А.И. Горунов, А.Х. Гильмутдинов // Высокие технологии в машиностроении: Материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 10–12 апреля 2024 года. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2024. – С. 131-135 (личный вклад 90%).

9. **Шварц, И.В.** Механизм управления микроструктурой посредством ультразвукового воздействия в процессе лазерной обработки нержавеющей стали / И.В. Шварц, С.А. Никифоров, А.И. Горунов, А.Х. Гильмутдинов // Авиация и космонавтика: Тезисы 23-й Международной конференции. Москва, 18–22 ноября 2024 года. – Москва: ООО «Издательство «Перо». – 2024. – С. 307-308 (личный вклад 90%).

10. **Шварц, И.В.** Анализ микроструктуры нержавеющей стали в процессе прямого лазерного выращивания с ультразвуковым воздействием / И. В. Шварц, А. Х. Гильмутдинов // Лазерные, плазменные исследования и технологии - ЛаПлаз-2025: Сборник научных трудов XI Международной конференции, Москва, 29–31 января 2025 года. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2025. – С. 76. (личный вклад 90%).

11. **Шварц, И.В.** Разработка автоматического алгоритма обработки оптических снимков микроструктуры нержавеющей стали для определения её фазового состава / И. В. Шварц, А. Х. Гильмутдинов // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования: Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 10–11 апреля 2025 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 729-731. (личный вклад 90%).

12. **Шварц, И.В.** Влияние ультразвуковых колебаний на свойства функционально-градиентного образца в процессе прямого лазерного выращивания / И. В. Шварц, А. Х. Гильмутдинов // СМиС-2025. Технологии управления качеством: материалы Международной научно-технической конференции, Москва, 21–24 мая 2025 года. – Москва: Московский политехнический университет, 2025. – С. 95-99. (личный вклад 90%).

Патенты:

13. **Шварц, И.В.** Пат. 2789411 С1 Российская Федерация, МПК В23К 26/21, В23К 26/346, В23К 28/02. Способ сварки материалов в ультразвуковых полях и устройство, его реализующее / Гильмутдинов А.Х., Нагулин К.Ю., Шварц И.В.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ». – №2021119308; заявл.22.04.22; опубл. 02.02.23, Бюл. №4. – 12 с (личный вклад 90%).

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

14. **Шварц, И.В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024662569. Программа полуавтоматического измерения площади поверхности сварочной ванны / И.В. Шварц, С.А. Никифоров, А.Х. Гильмутдинов. – Москва: Роспатент, 2024 (личный вклад 90%).

15. **Шварц, И.В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024669223. Программа для определения процентного содержания фазовых составляющих микроструктуры нержавеющей стали / И.В. Шварц, С.А. Никифоров, А.Х. Гильмутдинов. – Москва: Роспатент, 2024 (личный вклад 90%).

16. **Шварц, И.В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024693577. Программа для определения распределения по размерам столбчатых дендритов, образованных в процессе прямого лазерного выращивания образцов из нержавеющей стали / И.В. Шварц, С.А. Никифоров, А.Х. Гильмутдинов. – Москва: Роспатент, 2025 (личный вклад 90%).

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов: доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой производственного менеджмента, Набережночелнинского института (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанского (Приволжского) федерального университета» **Бикулова Р.А.**; доктора технических наук, доцента научно-образовательного центра «Конструкционные и функциональные материалы» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» **Суфиярова В.Ш.**; кандидата технических наук, доцента кафедры «Технология и оборудование машиностроения» федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» **Аносова М.С.**; доктора технических наук, профессора кафедры «Автоматизации технологических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанского государственного

энергетического университета» (КГЭУ) **Гильфанова К.Х.**; доктора технических наук, профессора РАН, директора по научно-технологическому развитию частного учреждения по обеспечению научного развития атомной отрасли «Наука и Инновации» (Госкорпорация «Росатом») **Юркова Г.Ю.**; кандидата технических наук, первого заместителя генерального директора по научно-технической деятельности Государственного научного центра Российской Федерации Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» **Козлова П.А.**

Все отзывы положительные. В качестве пожеланий и замечаний отмечено следующее: 1. Не обоснован выбор частот ультразвука (22 и 40 кГц). Из автореферата неясно, почему выбраны именно эти частоты, проводилось ли предварительное исследование влияния частоты на структуру исследуемых сплавов? (**Р.А. Бикулов**). 2. Не проведена оценка экономической эффективности. Неясно, насколько возрастают энергозатраты, стоимость оснастки и время цикла по сравнению с приростом свойств. (**Р.А. Бикулов**). 3. Не произведена оценка влияния ультразвукового воздействия на дефектность формируемого материала, например, с использованием методов неразрушающего контроля (**В.Ш. Суфияров**). 4. Исследовалась ли возможность применения разработанных методик для сплавов, затвердевающих с отличной от  $\gamma$ -фазы структурой? (**В.Ш. Суфияров**). 5. Вывод 5 «Установлено, что ультразвуковое воздействие мощностью 100 Вт и частотой 22 кГц при синтезе функционально-градиентного материала на основе нержавеющей и никелевого сплавов приводит к изменению относительного содержания элементов Fe и Ni» сформулирован не корректно. (**В.Ш. Суфияров**). 6. Автореферат содержит незначительные опечатки, например, в третьей главе (рис. 8, г) подпись под графиком указана «эксперимент №6 без УЗК», однако из контекста и сравнения с графиком следует, что это «эксперимент №6 с УЗК» (**М.С. Аносов**). 7. В работе исследовалась микроструктура на поперечных шлифах, вырезанных электроэрозионным способом. Не могла ли электроэрозионная резка внести дополнительный термический нагрев и изменить микроструктуру в приповерхностном слое? (**М.С. Аносов**). 9. Из автореферата не ясно, каким именно образом осуществлялось изменение состава от слоя к слою (например, с помощью смешивания порошков или переключением подающих устройств). (**К.Х. Гильфанов**). 10. В автореферате отсутствует информация о том, какой тип реагента использовался для выявления микроструктуры. Тип реагента критически важен для чёткости границ зёрен, требуется указать, точный состав реагента, применённого для травления микроструктуры сплавов. (**К.Х. Гильфанов**). 11. Использовалась ли предварительная сушка металлических порошков перед прямым лазерным выращиванием? (**Г.Ю. Юрков**). 12. Оценивалась ли влияние влажности на пористость, особенно в сочетании с ультразвуковым воздействием (**Г.Ю. Юрков**). 13. Почему шаг изменения состава для функционально-градиентного материала выбран 25%, а не, например, 10% или 20%? Как это влияет на плавность градиента свойств? (**Г.Ю. Юрков**). 14. Использовалась ли защитная атмосфера (аргон, гелий) при ЛТО и ПЛВ? Это критично для предотвращения окисления, особенно для никелевых

сплавов. (П.А. Козлов). 15. Не указана погрешность измерения микротвердости (стандартное отклонение для каждой зоны). Приведены только средние значения и относительные разности. (П.А. Козлов)

Выбор официальных оппонентов обоснован их достижениями и компетенцией в области исследований процессов лазерно-аддитивного производства металлических сплавов, разработки методов для управления структурой и свойствами материалов, наличием публикаций в соответствующей области исследований, а также способностью объективно определить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Ведущая организация широко известна своими научными достижениями в области исследования процессов формирования микроструктур и свойств в процессах аддитивного производства. Результаты работ учёных (Туричин Г.А., Жеребцов С.В., Климова-Корсмик О.Г., Бабкин К.Д.) данной организации в этой предметной области систематически публикуются в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science, а также в российских и международных научных журналах.

**Диссертационный совет 24.2.312.12 отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные соискателем исследований, и их научная новизна заключаются в следующем:**

1) В результате проведённых исследований установлено, что воздействие ультразвука с частотой 40 кГц и мощностью 100 Вт в режиме лазерно-точечной обработки аустенитной нержавеющей стали марки AISI 316L способствует формированию мелкозернистой аустенитно-ферритной структуры в области ванны расплава. Указанные структурные изменения обеспечивают увеличение её микротвердости в интервале от 12,1 до 14,9%. С применением оригинальной методики фазового анализа количественно подтверждено перераспределение фазового состава, выражающееся в росте содержания X-фазы до 48–52%. Дополнительно разработанная методика оценки геометрических параметров ванны расплава позволила зафиксировать максимальное относительное увеличение площади поверхности области ванны расплава на 15%, тогда как прирост площади поперечного сечения достигает 90%.

2) Экспериментально доказано, что ультразвуковое воздействие (22 кГц, 100 Вт), применяемое в процессе прямого лазерного выращивания нержавеющей сплава EuTroLoy 16316D.04, инициирует формирование мелкозернистой дендритной структуры в зоне наплавленного металла. Это сопровождается ростом микротвердости на 12,7%, предела прочности при статическом растяжении — на 10,2% и коэффициента трения — на 26,3%. Предложенная методика количественного анализа столбчатых дендритов позволила установить уменьшение их среднего размера на 22–43%, а также снижение среднеквадратического отклонения размеров в диапазоне 38,8–65,1%. Последнее свидетельствует о существенно более однородной микроструктуре получаемого сплава по сравнению с классической технологией выращивания без ультразвукового воздействия.

3) Показано, что ультразвуковая обработка (22 кГц, 100 Вт) при прямом лазерном выращивании жаропрочного никелевого сплава Inconel 625 приводит к

формированию мелкозернистой дендритной структуры в зоне наплавки. Следствием указанной морфологической перестройки является закономерное увеличение микротвердости на 11,1%.

4) Установлено, что ультразвуковое воздействие с параметрами 22 кГц, 100 Вт, реализуемое при синтезе функционально-градиентного материала на основе металлопорошковых композиций сплавов EuTroLoy 16316D.04 и Inconel 625 в процессе ПЛВ, обеспечивает формирование мелкозернистой равноосной дендритной структуры во всех структурных слоях. Результатом этого является повышение микротвердости материала в диапазоне 10,5–14,8%. Методом энергодисперсионного рентгеновского анализа выявлен эффект сглаживания относительной интенсивности излучения Fe и Ni при переходе между соседними структурными слоями, причём степень различий не превышает 10–12%. Это указывает на повышение химической однородности градиентного материала под действием ультразвука.

**Теоретическая и практическая значимость** исследования обусловлена выявленными автором закономерностями: для нержавеющей стали AISI 316L при ЛТО установлено влияние ультразвука (40 кГц, 100 Вт) на фазовый состав микроструктуры, геометрию ванны расплава и микротвердость; для сплава EuTroLoy 16316D.04 при ПЛВ доказана роль ультразвукового воздействия (22 кГц, 100 Вт) в изменении среднеквадратического отклонения размеров столбчатых дендритов, а также механических свойств (микротвердость, прочность при статическом растяжении, износостойкость); для функционально-градиентного материала на основе сплавов EuTroLoy 16316D.04 и Inconel 625 при ПЛВ подтверждена зависимость микротвердости и химического состава от ультразвукового воздействия (22 кГц, 100 Вт).

В рамках диссертационной работы соискателем разработан ряд оригинальных методик (реализованных в виде программных кодов), которые предназначены для анализа микроструктуры и геометрии ванны расплава применительно к нержавеющей сталям. В частности, созданы методики для автоматизированного измерения геометрических параметров ванны расплава (площадь поперечного сечения и площадь поверхности) и фазового состава (содержание аустенита и  $\delta$ -феррита) при лазерно-точечной обработке, а также для определения размеров оси 1-го порядка дендритных кристаллов (средний размер и среднеквадратическое отклонение) в процессе прямого лазерного выращивания. Отличительной особенностью предложенных решений выступает полная автоматизация измерительных процедур на основе анализа оптических микроизображений. Принципиальным результатом работы является также обоснование возможности эффективного управления механизмами структуро- и формообразования ванны расплава в лазерных и аддитивных технологиях посредством дополнительного ультразвукового воздействия с варьируемыми частотой и мощностью. Такой подход позволяет целенаправленно формировать изделия и покрытия не только с мелкозернистой структурой, но и с комплексом улучшенных физико-механических характеристик.

Разработаны программы ЭВМ: Пр. Пр. ЭВМ №2024662569 – программа полуавтоматического измерения площади поверхности сварочной ванны; Пр. ЭВМ №2024669223 – программа для определения процентного содержания

фазовых составляющих микроструктуры нержавеющей стали; Пр. ЭВМ №2024693577 – программа для определения распределения по размерам столбчатых дендритов, образованных в процессе прямого лазерного выращивания образцов из нержавеющей стали. На основе результатов диссертационного исследования разработан патент: Пат. 2789411 С1 Российская Федерация, МПК В23К 26/21, В23К 26/346, В23К 28/02. Способ сварки материалов в ультразвуковых полях и устройство, его реализующее.

**Результаты диссертационной работы Шварца Ивана Валерьевича внедрены:**

– во ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» при проведении хозяйственных работ по заказу АО «ТВЭЛ» Разработанные программные методики исследования геометрических параметров ванн расплава и микроструктуры нержавеющих и никелевых сплавов на основе экспериментально полученных оптических снимков образцов были использованы при верификации расчетных подмодулей программного комплекса «Виртуальных 3D принтер», предназначенного для прогнозирования оптимальных параметров работы аддитивных установок.

– во ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» и используются в учебном процессе при изучении дисциплин «Лазерные акустические технологии», «Материаловедение и технологии материалов»;

**Оценка достоверности научных положений, выводов и результатов,** обеспечивается корректным применением современных методов анализа, регламентированных нормативной документацией, и последующей статистической обработкой экспериментальных данных. Полученные выводы являются надёжными, что подтверждается непротиворечивостью данных, сформированных комплексом различных методов, и их хорошей согласованностью с известными теоретическими и экспериментальными результатами других авторов.

**Личный вклад соискателя** заключается в непосредственном участии во всех этапах работы: от обоснования и формулировки задач до выбора методов их решения, анализа и обобщения полученных результатов. Основные экспериментальные исследования проведены при его личном участии. Вклад соискателя во все разделы диссертации следует признать решающим.

По своему содержанию диссертация Шварца И.В. соответствует паспорту научной специальности 2.6.17. Материаловедение:

п.15 – Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности деталей, изделий, машин и конструкций;

п.16 – Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами;

п.25 – Разработка функциональных покрытий различного назначения и методов управления их свойствами и качеством.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний; соискатель исчерпывающе ответил на все вопросы, задаваемые ему в ходе заседания, привел собственную аргументацию. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Шварца Ивана Валерьевича на тему: «Структура и свойства материалов на основе нержавеющей сталей и никелевого сплава, получаемых лазерно-аддитивным методом с ультразвуковым воздействием» отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции).

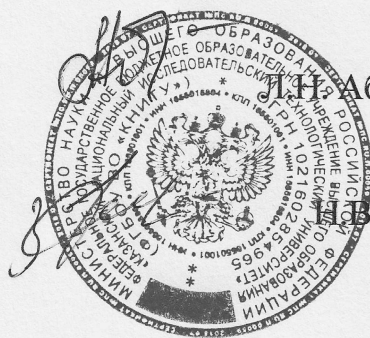
На заседании 11 июня 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Шварцу Ивану Валерьевича ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за решение актуальной задачи разработки новых материалов с повышенными эксплуатационными свойствами (прочность при статическом растяжении, микротвердость, износостойкость), однородной микроструктурой с равномерно распределенным химическим составом и минимальным количеством дефектов, формируемых лазерно-аддитивным методом с дополнительным ультразвуковым воздействием.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовал: «за» - 14, «против» - нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук, доцент

11.06.2026 г.



И.А. Абуталипова

В.В. Тихонова