

В диссертационный совет 24.2.312.12 на  
базе федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет»,  
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации Шварца Ивана Валерьевича  
«Структура и свойства материалов на основе нержавеющей стали и  
никелевого сплава, получаемых лазерно-аддитивным методом  
с ультразвуковым воздействием», представленной на соискание учёной  
степени кандидата технических наук по специальности  
2.6.17. Материаловедение**

Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью перехода от традиционных методов лазерной обработки к гибридным технологиям, объединяющим лазерное излучение и ультразвуковое воздействие. Такая синергия позволяет решать фундаментальную проблему материаловедения – управление кристаллизацией в условиях сверхбыстрых термических циклов. Несмотря на известные преимущества лазерно-аддитивных технологий, остаются открытыми вопросы о механизмах влияния ультразвукового воздействия микроструктуру, фазовый состав, дефектность и, как следствие, на эксплуатационные характеристики изделий. Работа Шварца И.В., в которой на примере нержавеющей и никелевых сплавов систематически изучены эти вопросы для частот 22 и 40 кГц, вносит существенный вклад в развитие физико-химических основ комбинированной обработки, что является своевременным и востребованным для различных отраслей машиностроения.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в экспериментальном обосновании возможности управления микроструктурой и свойствами нержавеющей и никелевых сплавов в процессах лазерной точечной обработки и прямого лазерного выращивания за счёт дополнительного ультразвукового воздействия. Впервые показано, что ультразвуковые колебания различной частоты (22 и 40 кГц) приводит к измельчению зерна, переходу от столбчатых дендритов к равноосной структуре, повышению однородности микроструктуры, а также к увеличению микротвердости, прочности и износостойкости материалов. Для функционально-градиентных сплавов на основе нержавеющей и никелевого сплавов впервые установлен эффект сглаживания перепадов концентрации легирующих элементов между структурными слоями. Теоретическая значимость работы состоит в выявлении зависимостей между

ультразвуковыми параметрами и структурно-фазовыми изменениями, что расширяет фундаментальные представления о кристаллизации металлов в ванне расплава под внешним акустическим воздействием и создаёт научную основу для управления свойствами сплавов без изменения их химического состава. Практическая значимость подтверждена разработкой экспериментального оборудования для лазерно-акустического синтеза, созданием оригинальных программных средств для автоматизированного количественного анализа микроструктуры (включая оценку размеров дендритов и фазового состава), внедрением результатов в учебный процесс КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева и в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», а также получением патента на способ сварки в ультразвуковых полях.

Обоснованность и надёжность полученных соискателем результатов не вызывают сомнений благодаря комплексу факторов: использованию поверенного и калиброванного оборудования, строгому соблюдению методик экспериментальных исследований, проведению статистического анализа измеряемых величин, воспроизводимости экспериментальных данных и их хорошей согласованности с опубликованными результатами других авторов. Дополнительным подтверждением служат широкая апробация работы на представительных научных конференциях и публикация основных выводов в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК и индексируемых международными базами.

Автореферат диссертации характеризуется чёткой логической структурой, строгим научным стилем изложения и наглядностью представленного материала. Приведённые в автореферате рисунки, графики и диаграммы в полной мере иллюстрируют основные этапы исследования и полученные результаты. Содержание автореферата полностью и адекватно отражает ключевые положения диссертационной работы, включая научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а также выносимые на защиту выводы.

Несомненным достоинством работы является то, что она представляет собой законченное, целостное научное исследование, в котором автором самостоятельно решена конкретная научно-практическая задача: экспериментально обосновано и внедрено ультразвуковое воздействие различной частоты (22 и 40 кГц) в процессы лазерной точечной обработки и прямого лазерного выращивания, что позволило получить материалы с улучшенной микроструктурой и повышенными эксплуатационными характеристиками. Полученные выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития лазерно-аддитивных технологий в отечественном машиностроении.

В рамках дискуссии хотелось бы обратить внимание на следующие аспекты:

1. 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»

2. 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?

Указанные замечания носят уточняющий характер и не снижают общей высокой оценки работы.

### Заключение

Результаты диссертационного исследования являются актуальными, теоретически обоснованными и обладают высокой практической ценностью. Диссертационная работа Шварца Ивана Валерьевича «Структура и свойства материалов на основе нержавеющей сталей и никелевого сплава, получаемых лазерно-аддитивным методом с ультразвуковым воздействием» соответствует паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение (п. 1, 3, 4) и критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Шварц Иван Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Я, к.т.н., доцент Аносов Максим Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроения»

к.т.н., доцент



/Аносов М.С./  
ФИО

« 06 » 05 2026 г.

Аносов Максим Сергеевич, кандидат технических наук, специальность 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроения», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева".

Адрес: 603155, Минина ул., 24, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, тел. +79040655636, e-mail: anosov.ms@nntu.ru

Лист № 05-8937  
« 21 » 05 2026 г.  
Подпись: \_\_\_\_\_