

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 сталей и никелевого сплава, получаемых лазерно-аддитивным методом с ультразвуковым воздействием», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
2.6.17. Материаловедение**

Работа Шварца И.В. посвящена решению актуальной научно-технической задачи, обусловленной стремительным внедрением лазерно-аддитивных технологий в авиа-, судо- и машиностроение, где предъявляются повышенные требования к качеству и надежности изделий. При этом традиционные методы 3D-печати металлов часто приводят к дефектам, снижающим эксплуатационные характеристики. Разработка эффективных способов управления структурой и свойствами материалов в процессе выращивания, в частности с помощью ультразвукового воздействия, является актуальной научно-технической задачей.

Научная новизна работы не вызывает сомнений. Основными значимыми результатами являются следующие:

1. Для лазерной точечной обработки стали установлено, что ультразвуковое воздействие частотой 40 кГц и мощностью 100 Вт приводит к увеличению микротвердости ванны расплава на 12,1–14,9% за счет формирования мелкозернистой аустенитно-ферритной структуры. С помощью разработанной методики количественно показано увеличение X-фазы (включающей δ-феррит) на 48–52%, а также выявлено максимальное относительное увеличение площади поверхности ванны расплава на 15% и площади поперечного сечения на 90%.

2. Для процесса прямого лазерного выращивания нержавеющей сплава доказано, что ультразвук частотой 22 кГц и мощностью 100 Вт повышает микротвердость на 12,7%, прочность при статическом растяжении на 10,2% и повышение износостойкости на 26,3% за счет формирования мелкозернистой дендритной структуры. Разработанная методика количественной оценки позволила установить уменьшение среднего размера столбчатых дендритов на 22–43% и снижение среднеквадратического отклонения их размеров на 38,8–65,1%, что свидетельствует о более равномерной микроструктуре.

3. Экспериментально показано для никелевого жаропрочного сплава что ультразвуковое воздействие (22 кГц, 100 Вт) в процессе ПЛВ увеличивает микротвердость зоны наплавленного металла на 11,1% благодаря переходу к мелкозернистой дендритной структуре.

4. Для функционально-градиентного материала на основе нержавеющей и никелевого сплавов установлено, что ультразвуковое воздействие приводит к повышению микротвердости на 10,5–14,8% на всех структурных слоях и сглаживанию перепадов относительной интенсивности химических элементов Fe и Ni в пределах 10–12% при

переходе от слоя к слою, что свидетельствует о более однородном распределении легирующих элементов.

Результаты работы Шварца И.В. имеет важное теоретическое значение, поскольку в ней выявлены зависимости фазового состава, геометрии ванны расплава, размеров дендритов и комплекса механических свойств (микротвердость, прочность, износостойкость) от ультразвукового воздействия различной частоты (22 и 40 кГц) в процессах лазерной точечной обработки и прямого лазерного выращивания, что обосновывает теоретическую возможность управления структурой и свойствами сплавов без изменения их химического состава. Практическая ценность работы подтверждена разработкой экспериментального оборудования для лазерно-акустической обработки, созданием трёх зарегистрированных программ для ЭВМ, автоматизирующих количественный анализ микроструктуры, а также внедрением результатов в учебный процесс КНИТУ-КАИ и в деятельность РФЯЦ-ВНИИЭФ; получен патент на способ сварки в ультразвуковых полях.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы обеспечиваются комплексом факторов: применением современных сертифицированных и поверенных методов исследования на высокоточном оборудовании (оптические и сканирующие электронные микроскопы, микротвердомеры, испытательные машины, лазерный дифракционный анализатор), разработкой автором оригинальных программных средств на языке MATLAB для количественного автоматизированного анализа геометрии ванны расплава, фазового состава и распределения размеров дендритов, что исключает субъективизм измерений, а также статистической обработкой экспериментальных данных с оценкой среднеквадратических отклонений; полученные результаты согласуются с теоретико-экспериментальными данными других научных работ, прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях. Основные результаты опубликованы в 16 работах, включая рецензируемые журналы из перечня ВАК и издания, индексируемые в Scopus и Web of Science, а также в других журналах и конференциях. Результаты подтверждены патентом на изобретение и тремя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

Несмотря на высокую оценку диссертационного исследования, хотелось бы получить ответы на следующие вопросы:

- 1) использовалась ли предварительная сушка металлических порошков перед прямым лазерным выращиванием?
- 2) оценивалось ли влияние влажности на пористость, особенно в сочетании с ультразвуковым воздействием?
- 3) почему шаг изменения состава для функционально-градиентного материала выбран 25%, а не, например, 10% или 20%? Как это влияет на плавность градиента свойств?

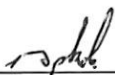
Указанные уточнения носят рекомендательный характер и не снижают научной значимости выполненной диссертационной работы.

Заключение

Автореферат написан грамотным научным языком, хорошо проиллюстрирован, отражает основное содержание диссертации и содержит большой экспериментальный материал. Основные положения диссертационного исследования подробно представлены на конференциях различного уровня и в работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. В целом, диссертационная работа Шварца Ивана Валерьевича

«Структура и свойства материалов на основе нержавеющей сталей и никелевого сплава, получаемых лазерно-аддитивным методом с ультразвуковым воздействием» выполнена на высоком научном уровне, и является законченной научно-квалификационной работой, по своему содержанию и объёму, проведённых исследований, диссертация полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук и 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 ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. - Материаловедение.

Я, Юрков Глеб Юрьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 _____ /Юрков Глеб Юрьевич/

«28» мая 2026 г.

Директор по научно-технологическому развитию частного учреждение по обеспечению научного развития атомной отрасли «Наука и инновации» (госкорпорация «Росатом»), д.т.н. (специальность 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов), доцент по специальности «Неорганическая химия», профессор РАН, иностранный член Академии наук Абхазии.

Почтовый адрес: 119017, Россия, г. Москва, ул. Большая Ордынка, дом 44, строение 4, 2 этаж;
телефон: 84999454975 (доб. 6930);
e-mail: glyuyurkov@rosatom.ru

Подпись Юркова Глеба Юрьевича заверяю:
главный специалист Управления по работе с персоналом



С.В. Пошукаева

Вход. № 05-8985
«01» 06 20 26 г.
подпись 