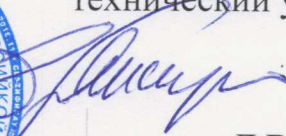


УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный морской  
технический университет»



  
Д.В. Никущенко

«11» ноября 2022 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской  
технический университет» на диссертационную работу

**ХАКИМОВА АЛЕКСЕЯ МУНИРОВИЧА**

**«Структура и свойства жаропрочного сплава ХН50ВМТЮБ при  
изготовлении крупногабаритных деталей ГТД по аддитивной  
технологии прямого лазерного нанесения металлов»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.6.17. Материаловедение

На рассмотрение для подготовки отзыва ведущей организации  
представлены следующие материалы:

- диссертация объемом 147 страниц текста, включающего 112 рисунков, 24  
таблицы, и 61 источник литературы;
- автореферат диссертации объемом 23 страницы текста, включающего 17  
рисунков и 3 таблицы.

#### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Для изготовления деталей сборочных единиц газотурбинных  
двигателей (ГТД) авиационного назначения широко применяются  
жаростойкие и жаропрочные сплавы на основе никеля, которые составляют  
порядка 50 % от его массы. Данные сплавы в авиационном двигателестроении  
обычно работают на пределе своих температурных возможностей, так как  
рабочие температуры часто достигают 0,8...0,85% от их температуры  
плавления.



Одной из основных проблем в производстве крупногабаритных корпусных деталей ГТД традиционными способами являются разноструктурность и анизотропия свойств материала, получаемые в результате применения различных технологий изготовления, например, литья, проката и сварки.

Внедрение аддитивных процессов в производство в настоящее время является актуальным, так как аддитивные процессы позволяют изготавливать детали с минимальным количеством сборочных единиц в кратчайшие сроки с обеспечением требуемой структуры и уровнем свойств материала.

На основании вышеизложенного, а также анализа опубликованных работ, посвященных исследованиям жаропрочного сплава ХН50ВМТЮБ, полученного прямым лазерным нанесением следует, что данная тема раскрыта недостаточно полно и, соответственно, диссертационная работа Хакимова А.М. является актуальной и имеет практическое значение.

## **2. Основные результаты работы, их достоверность и новизна**

При оценке научной новизны основных результатов диссертационной работы Хакимова А.М. следует отметить, что в процессе проведения исследований автор использовал комплекс известных, опробованных методик и аттестованное лабораторное и промышленное оборудование, свидетельствующее о достоверности полученных результатов. Практически все перечисленные результаты являются новыми и оригинальными, сомнений в их достоверности не возникает.

**В первой главе** автором выявлены требования к структуре и свойствам материала, подробно рассмотрены различные методы получения МПК, традиционные и аддитивные технологии получения металломатричных материалов.

**Во второй главе** автор приводит описание методов и методик исследований. Излагает методические особенности исследования параметров качества исходной МПК, структуры и свойств материала из жаропрочного сплава ХН50ВМТЮБ, полученного аддитивной технологией прямого лазерного нанесения, проведения термической обработки и особенностей изготовления опытной заготовки детали перспективного изделия.

**В третьей главе** представлены сравнительные исследования качества исходных МПК из жаропрочного сплава ХН50ВМТЮБ двух производителей: ФГУП «ВИАМ» (газовая атомизация) и АО «Композит» (центробежное распыление). Даны обоснованные рекомендации по выбору МПК для дальнейших исследований.



Стоит выделить основные результаты, имеющие несомненную научную новизну и практическую значимость:

- исследование МПК проводилось не только по поверхности частиц, но и на их срезе, что позволило изучить внутреннюю структуру;

- установлено наследственное влияние структуры исходной МПК на структуру материала, полученного аддитивной технологией прямого лазерного нанесения.

**В четвертой главе** представлены результаты исследования по влиянию режимов прямого лазерного нанесения на структуру и свойства жаропрочного никелевого сплава ХН50ВМТЮБ. Стоит отметить, что автором в данной главе проведен сравнительный анализ микроструктуры материала до и после термической обработки, с построением графиков зависимости. Проведен анализ кратковременных и длительных механических свойств полученного материала и разработаны рекомендации по выбору оптимальных параметров получения сплава, обеспечивающих однородность структуры и свойств в различных направлениях наплавленного материала.

**В пятой главе** описан разработанный автором процесс получения опытной заготовки детали «Корпус» по аддитивной технологии прямого лазерного нанесения металлов. Представлены результаты по оптимизации конструкции целевого изделия.

**В шестой главе** автор представил результаты апробации разработанного процесса получения опытной заготовки детали «Корпус» по аддитивной технологии прямого лазерного нанесения металлов с представлением информации по контролю геометрии полученной заготовки. Полученная заготовка детали «Корпус» выходного устройства перспективного изделия соответствует предъявляемым требованиям к продукции.

### **3. Практическая значимость работы**

Разработанная технология изготовления заготовки детали «Корпус» из жаропрочного сплава ХН50ВМТЮБ по аддитивной технологии прямого лазерного нанесения внедрена в производство филиала АО «ОДК» «НИИД» и может быть рекомендована к использованию на других предприятиях, специализирующихся на аддитивных технологиях прямого лазерного нанесения. Процесс изготовления опытной крупногабаритной заготовки детали «Корпус» для перспективного ГТД прошел успешную опытно-промышленную апробацию, что также доказывает применимость данной технологии.



Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

#### **4. Основные замечания по содержанию и оформлению работы**

Основные замечания по работе сводятся к следующему:

- отсутствуют результаты проведения механических испытаний технологической пробы из МПК производства ФГУП «ВИАМ» (газовая атомизация). Данные результаты необходимы для сравнения механических свойств с материалом, полученным из МПК производства АО «Композит» (центробежное распыление);

- отсутствие в работе рентгенофазового анализа не позволяет в полной мере определить и подтвердить наличие тех или иных фаз в материале, полученном по технологии прямого лазерного нанесения;

- в таблицах (№4.1; 4.4; 4.6) с режимами изготовления не указан расход коаксиального газа;

- отсутствует упоминание про коэффициент захвата МПК.

Указанные замечания не снижают качества выполненных исследований и не влияют на актуальность полученных научно-практических результатов. Работа изложена технически грамотным языком, качественно оформлена, редакционных замечаний не имеется.

#### **5. Соответствие публикаций автора и автореферата диссертации ее содержанию**

Основные результаты исследований в достаточной мере освещены в 10-ти опубликованных работах, в том числе в 5-ти статьях в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и в 2-х статьях в журналах, входящих в международную базу цитирования Scopus. Результаты работы апробированы на различных научно-технических конференциях Всероссийского и международного уровня и хорошо известны научной общественности. Публикации автора и автореферат диссертации вполне соответствуют содержанию диссертации.

Подводя итог, можно заключить, что рассматриваемая диссертационная работа посвящена решению актуальной задачи, выполнена на высоком научно-техническом уровне и, в целом, соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, определенным п.9 «Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней и ученых званий». Совокупность представленных в работе результатов можно рассматривать как целостное и завершённое исследование, имеющее научное и практическое значение, а автор работы Хакимов Алексей



Мунирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Отзыв рассмотрен и одобрен на совместном заседании кафедры «Цифровые лазерные технологии» факультета цифровых промышленных технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», протокол №3 от 11 ноября 2022г.

Даем согласие на обработку наших персональных данных.

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой  
«Цифровые лазерные технологии»  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный морской  
технический университет»  
Специальность, по которой защищена диссертация:  
05.03.06. - Технология и машины сварочного  
производства  
Адрес: 190121, г. Санкт-Петербург,  
Ул. Лоцманская, дом 3  
Телефон: +7 (812) 495-26-48 (справочная),  
+7 (812) 714-07-61  
E-mail: [office@smtu.ru](mailto:office@smtu.ru)

Туричин Глеб Андреевич

Секретарь заседания  
кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Цифровые лазерные технологии»,  
заместитель директора по научной  
и проектной деятельности ИЛИСТ  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный морской  
технический университет»  
Специальность, по которой защищена диссертация:  
05.02.10. - Сварка, родственные процессы и  
технологии  
Адрес: 190121, г. Санкт-Петербург,  
Ул. Лоцманская, дом 3  
Телефон: +7 (911) 288-88-07  
E-mail: [office@smtu.ru](mailto:office@smtu.ru), [ilwt@ilwt.smtu.ru](mailto:ilwt@ilwt.smtu.ru)

Земляков Е

Подпись заверяю:

