

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации  
*Климова Вадима Геннадьевича*

на тему «СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ  
ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)»

Актуальность темы диссертации “Структура и свойства восстановленных лазерной наплавкой лопаток газотурбинных двигателей из жаропрочных сплавов” не вызывает сомнения, учитывая высокую потребность при выполнении ремонта узлов и агрегатов авиационной и газоперекачивающей техники в части восстановления лопаток, что значительно сокращает затраты на подготовку производства и сроки выполнения ремонта.

Диссертационная работа Климова В.Г. направлена на продление ресурса лопаток газотурбинных двигателей (далее – ГТД) методом лазерной импульсной наплавки. Развитие ремонтных технологий в современном газотурбостроении является одной из важнейших задач, направленных на обеспечение экономической эффективности эксплуатации дорогостоящих газотурбинных двигателей. Лопатки ГТД имеют высокий коэффициент повреждаемости в процессе эксплуатации. В зависимости от условий их эксплуатации, чистоты применяемого топлива и режимов работы, лопатки ГТД могут выходить из строя по причине множества различных факторов. Повреждения данных лопаток значительно снижает эффективность КПД двигателя и требует их последующей замены.

Соискатель на основе анализа состояния вопроса выделил направления исследований, сформулировал цель и основные задачи. В своей работе автор поставил целью поддержание ресурса лопаток ГТД методом их восстановительного ремонта при помощи наплавки. Для достижения данной цели была разработана технология ремонта, основанная на оригинальном методе лазерной порошковой наплавки, схожая с методом SLM (последовательного выращивания методом сплавления порошка). Методика предполагает использование оборудования с небольшой закупочной стоимостью, что положительно сказывается на экономической модели проекта и позволяет организовывать ремонт с минимальными затратами на подготовку производства, что доказывает практическую значимость работы. Работоспособность разработанной методики продемонстрировано в диссертационном исследовании на литых лопатках турбины из жаропрочного сплава типа ЖС6К, что доказывает ее высокую эффективность, так как данный тип сплава относится к тяжело-свариваемым.

В работе проделан глубокий анализ различного опыта отечественных и зарубежных исследователей в области восстановительного ремонта деталей горячего тракта. Анализ имеет четкую историческую линию развития и показывает временную прогрессию ремонтных технологий лопаток ГТД в зависимости от освоения и внедрения новых технологий в условиях серийного производства.

Автор использовал в своей работе различные методы исследования, такие как электронная микроскопия и элементный анализ структуры наплавки, измерение коэффициента линейного термического расширения для определения склонности к образованию трещин наплавками, проведение износостойких и усталостных испытаний с последующей фрактографией изломов. Данный комплекс исследований в полном объеме описывает процессы, протекающие при восстановлении лопаток из жаропрочных сплавов. Стоит отметить широко представленную материаловедческую часть исследования, подробно описывающую процесс образования износостойких слоёв при лазерной импульсной наплавке порошковых жаропрочных материалов линейки ВПр. Из представленного исследования можно сделать вывод, что разработанный метод наплавки формирует износостойкий наплавленный слой на вершине восстанавливаемой лопатки турбины с минимальным влиянием на материал основы – зона сплавления настолько мала, что метод можно отнести к процессам сваркопайки.

Научная новизна работы состоит в разработке оригинальной методики наплавки, а также подробного материаловедческого исследования процессов лазерного импульсного воздействия на материалы линейки ВПр с целью создания функциональных износостойких покрытий. Настоящие исследования раскрывают новое направление применения материалов серии ВПр и наглядно показывают ряд положительных свойств, полученных формированием определенной структуры методом лазерного импульсного воздействия при рекомендуемых в диссертации режимах.

К дополнительным положительным аспектам диссертационной работы можно отнести проведение дорогостоящих усталостных испытаний восстановленных лопаток в сравнении с лопатки 1-вой категории. По результатам данного испытания автором доказана высокая усталостная прочность ремонтных лопаток, что свидетельствует о законченности исследования и возможности применения разработанной технологии в реальном производстве.

К работе имеются следующие замечания:

1. С точки зрения технологии стоило более подробно описать технологический процесс наплавки.
2. Работа затрагивает слишком большой комплекс исследований, что не позволяет его полноценно отразить в объеме автореферата.

Замечания не являются критическими и не снижают положительной оценки научной и практической значимости диссертационной работы.

Представленная работа является завершённым исследованием на актуальную тему и отвечает требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, определенным п. 9 «Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней и ученых званий» по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)», а ее автор Климов Вадим Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, в том числе на размещение их в сети Интернет, необходимых для процедуры защиты диссертации Климова Вадима Геннадьевича исходя из нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК.

Технический директор  
АО «Металлист-Самара»



Александр Николаевич Карпухин

Главный сварщик  
АО «Металлист-Самара»

Сергей Леонидович Исаев

443023, Самара, Промышленности, д. 1

Раб. тел.: 8 (846) 246-91-13

Моб. тел.: 8 (917) 106-00-34

e-mail: isl231083@yandex.ru

Подпись А.Н. Карпухина и С.Л. Исаева, заверяю.

Начальник отдела кадров



Марина Николаевна Борисова