

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Евгенова Александра Геннадьевича
«Научные основы структурообразования в процессе селективного лазерного
сплавления порошковых композиций жаропрочных никелевых
и интерметаллидных сплавов для деталей газотурбинных двигателей
и установок», представленной на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение»

В последние годы отмечается кратный рост объема исследований в области создания материалов и разработки технологических процессов 3D-печати геометрически сложных деталей применительно к технологии селективного лазерного сплавления. Механические свойства материалов, синтезируемых по данной технологии, уже вышли на уровень, соответствующий традиционным технологиям. Для авиационного двигателестроения технология селективного лазерного сплавления – наиболее востребованная из аддитивных технологий. Это обусловлено не только возможностью реализации новых принципов проектирования и изготовления деталей из жаропрочных материалов в части улучшения весовой эффективности, увеличения ресурса, кратного сокращения сроков получения первых годных образцов изделий, прототипов, соответствующих чертежу, но и особым структурным состоянием получаемых материалов.

В этой связи задачи более глубокого понимания процессов формирования структур на микро- и мезоуровнях требуют постановки и проведения исследований не только по адаптации существующих серийных сплавов, но и в части разработки новых материалов на основе различных систем легирования. В связи с изложенным, тему диссертации Евгенова А.Г., направленную на создание материалов и технологий селективного лазерного сплавления деталей газотурбинных двигателей и установок, следует считать актуальной.

Диссертантом проведены работы по эмпирическому установлению природы ячеистой структуры в материалах, получаемых методом селективного лазерного сплавления, что позволило предложить оригинальную модель формирования тонкой структуры трека, а также механизмы формирования специфических текстур в процессе СЛС. Предпринята попытка установления единых закономерностей, связывающих плотность подводимой энергии и получение минимальной объемной доли несплошностей в синтезированном материале в процессе СЛС. Проведены комплексные исследования эволюции структуры, фазового состава, включая кинетику выделения ТПУ-фаз, и механических характеристик адаптированных и разработанных жаропрочных сплавов на основе никеля и интерметаллида Ni_3Al после СЛС, термической обработки и имитации наработки. Безусловно очень важным направлением усилий соискателя является исследование влияния технологических параметров сплавления порошков и их состояния на изменение структуры и механических свойств синтезированного металла за счет загрязнения порошкового материала «парами» и «брызгами» при лазерном синтезе. Это позволило разработать методики оценки изменения свойств синтезированного металла и порошкового материала, отвечающих условиям серийного производства.

Материалы диссертации и выпущенная при участии автора нормативная документация востребованы в действующих опытных и серийных аддитивных производствах деталей из жаропрочных никелевых сплавов для ГТД и ГТУ.

Созданы и верифицированы на практике расчетные и эмпирические методики предсказания содержания газовых примесей в оборотном порошке по окончании процесса, определения зональности распределения загрязнений и дефектов в плоскости платформы построения. По результатам многолетних исследований впервые для технологии СЛС составлен и введен в действие классификатор дефектов.

Разработаны и внедрены в конструкции серийных и опытных изделий новые жаропрочные материалы, полученные методом СЛС, прошедшие общую квалификацию для применения в авиационной технике.

Основные материалы диссертации изложены в высокорейтинговых отечественных научных изданиях и доложены на многочисленных конференциях.

В качестве замечаний хотелось бы отметить следующее:

1. До конца непонятен выбор температур солидус и ликвидус для построения регрессионного уравнения. Ведь при взаимодействии лазерного излучения с веществом происходят различные процессы, но в целом это приводит к его нагреву, плавлению и даже испарению. Соответственно в уравнениях процесса взаимодействия лазерного излучения с веществом используются такие константы (которые вообще-то зависят от температуры) материала как, теплоемкость, теплопроводность, теплота плавления, теплота парообразования. Каким образом связаны и связаны ли эти константы с температурами солидус и ликвидус, которые определялись методом ДСК при непрерывном нагреве или охлаждении с фиксированной скоростью, которая существенно меньше скорости нагрева при лазерном воздействии?
2. Остается непонятным, имеется ли возможность управлять в широком диапазоне кристаллогеометрической структурой синтезированного материала за счет варьирования режимами сканирования или в принципе может быть реализован какой-то узкий набор структур?
3. Если основными продуктами загрязнения оборотного порошка являются окисленные пары металла и брызги расплава, то имеется ли связь между режимом сплавления порошка, его гранулометрическим составом и его загрязненностью?

Указанные замечания ни в коей мере не снижают ценности диссертационной работы и важность полученных в ней результатов.

Автореферат написан технически грамотно, информативно. Анализ материалов автореферата позволяет сделать следующее заключение:

диссертация соискателя Евгенова А.Г. является законченной научно-квалификационной работой, посвященной исследованию процессов формирования и эволюции структуры и свойств жаропрочных сплавов, полученных методом селективного лазерного сплавления, и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор Евгенов Александр Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение».

Доктор технических наук



19.12.2025

П.А. Кузнецов

Кузнецов Павел Алексеевич, доктор технических наук, специальность 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение), начальник Научно-исследовательского отделения «Наноматериалы и нанотехнологии» Центрального научно-исследовательского института конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей»).

Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, Шпалерная ул., д. 49

Тел: +7 (812) 274-12-01

E-mail: npk3@crism.ru, Web-сайт: www.crism.ru

Ученый секретарь

НИЦ «Курчатовский институт»

ЦНИИ КМ «Прометей», к.т.н.



19.12.2025

Т.И. Бобкова