

ОТЗЫВ

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

Диссертация посвящена актуальной теме – разработке жаропрочных материалов и технологий послойной лазерной печати деталей газотурбинных двигателей и газотурбинных установок. Альтернативный путь применения полных аналогов зарубежных материалов подошел к своему завершению, показав проблемы и ограничения их применения. Именно потребность в отечественных оригинальных материалах моторостроительных конструкторских бюро стала основой для выполнения работы.

Диссертация Евгенова А.Г. представляет собой определенный итог большой комплексной работы ВИАМ в части разработки и освоения аддитивных технологий и, в частности, наиболее востребованного технологического процесса – селективного лазерного сплавления. Работа комплексная и многоплановая. Она включает в себя большой объем теоретических выкладок, целый спектр новых данных в части металловедения процесса послойной высокоградиентной кристаллизации, спектр проблем по разработке новых жаропрочных сплавов специально под технологию СЛС и адаптации существующих жаропрочных и жаростойких материалов. Комплекс исследований дополняет разработка процессов термической и газостатической обработки, обеспечивающих работоспособность напечатанных деталей наравне с деталями, получаемыми традиционными технологиями. Отдельно рассмотрена крайне непростая и малоизученная проблема повторного применения оборотных порошков, снижения свойств полученного металла, изменения структуры. Каждая из частей комплексного исследования подкреплена большим объемом показательных экспериментов, расчетов и формированием методик и подходов для интерпретации эмпирических данных.

Теоретическая часть исследования представляет собой значительный вклад в металловедение материалов, получаемых при высоких скоростях кристаллизации. Выдвинутые гипотезы проверены на практике при разработке материалов и технологических процессов, включая предложенный автором весьма оригинальный способ наведения (обострения) кристаллографической текстуры для жаропрочных литейных сплавов, получаемых методом СЛС, при помощи массивной монокристаллической вкладки с заданной КГО в рабочую часть платформы построения.

Разработка для процесса СЛС отечественных жаростойких, жаропрочных и интерметаллидных материалов выполнена на высоком

научном уровне. Все материалы, подробно описанные в работе, нашли практическое применение в изделиях АО «ОДК-Авиадвигатель» (АО «ОДК-ПМ») и АО «ОДК-Климов». Отдельно следует упомянуть пионерский характер данной работы: именно автором разработан первый отечественный материал для технологии СЛС ЭП648-ПС, примененный для изготовления первой серийной детали, завихрителя двигателя ПД-14, полученной в стране по данной технологии.

При исследовании влияния применения оборотных порошков в процессе СЛС автором основное внимание уделено именно созданию методик и нормативных документов для данного, ранее никак не регулировавшегося аспекта металлической 3D-печати. Выбраны критерии оценки критических изменений структуры и свойств синтезированного металла, разработаны методики оценки влияния количества и расположения деталей на плите построения на распределение зон наибольшего загрязнения порошка и монолитного металла, оценки снижения характеристик оборотного порошка от цикличности его применения.

Нормативная документация, разработанная по результатам проведенных исследований, заслуживает отдельного упоминания: и общие технические условия, и классификатор дефектов, и метод оценки изменения свойств оборотных порошков при повторном применении являются пионерскими для отрасли двигателестроения, да и для общего применения аддитивных технологий в России нормативными документами.

Среди замечаний по работе можно отметить следующие.

1) На стр. 15 для подтверждения следующего предположения «снижение напряжений можно объяснить уменьшением межтрекового расстояния и усилением фрагментации трека...» напрашиваются изображения структуры металла, полученного при различном межтрековом расстоянии, которые в автореферате отсутствуют.

2) На стр. 31 и в п.8 выводов по работе нет уточнения, что полученные данные относятся к жаропрочным сплавам на основе никеля. Механизм загрязнения на материалах другой основы (системы легирования), вероятно, будет аналогичным, а вот влияние на свойства синтезированного материала будут отличаться. Например, оксид алюминия при синтезе алюминиевых сплавов может влиять и положительно на некоторые свойства и требует исследований.

Возвращаясь к общей характеристике работы, следует отметить, что представленный в ней материал практически представляет собой хороший учебник по технологии СЛС применительно к жаропрочным сплавам. В ней подробно описаны вопросы кристаллизации, формирования внутренних напряжений, текстур, в зависимости от применяемых параметров печати, показаны изменения механических свойств и структуры синтезированных материалов в зависимости от термической обработки и имитации наработки. При этом все исследования проведены в параллельном рассмотрении с

классическими методами получения, включая экзотические типа спиннингования и лазерного глазурования, что повышает достоверность полученных результатов, подтверждая связанность процессов затвердевания металлических расплавов едиными закономерностями, не зависимо от конкретного технологического процесса.

Представленная работа отвечает всем требованиям к докторским диссертациям, а Евгенов Александр Геннадьевич заслуживает присуждения указанной степени по специальности 2.6.17 «Материаловедение».

Заместитель генерального директора –
генеральный конструктор АО «ОДК».
Д.Т.Н.



Ю.Н. Шмотин

Акционерное общество «Объединенная двигателестроительная корпорация»,
105118, Москва, проспект Буденного, д. 16
Шмотин Юрий Николаевич, доктор технических наук
Тел. +7 495 232-55-02
E-mail: info@uecrus.com

Подпись Шмотина Юрия Николаевича, доктора технических наук
заверяю



Загребинкова Г.В.
главный юрист кадровой администрации