

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 03.10.2014г. № 14.626.21.0001 по теме «Исследования и разработка экспериментальных аддитивных технологий для изготовления и ремонта сложнопрофильных деталей газотурбинных двигателей (ГТД) с использованием металлических порошков жаропрочного сплава на основе никеля» с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе 5 «Разработка технологии ремонта сложнопрофильных деталей ГТД методом лазерной газопорошковой наплавки. Подведение итогов ПНИЭР» в период с 01.07.2016 по 30.12.2016 выполнены следующие работы:

- проведены сравнительные механические испытания экспериментальных образцов сложнопрофильных деталей ГТД, изготовленных послойным лазерным сплавлением металлических порошков жаропрочных сплавов (МПЖСН) экспериментальных партий и импортного МПЖСН промышленной серии и горячим изостатическим прессованием;

- проведены сравнительные исследования состава и технологических свойств МПЖСН экспериментальных партий и импортного МПЖСН промышленной серии после использования в процессе послойного лазерного сплавления;

- изготовлены экспериментальные наплавленные образцы в соответствии с выбранными диапазонами значений основных технологических параметров процесса лазерной газопорошковой наплавки МПЖСН экспериментальных партий сплавов ВЖЛ12У и ВКНА-1ВР;

- разработана «Программа и методики исследований состава (химический состав, фазовый состав), структуры и свойств (плотность, пористость) материалов экспериментальных наплавленных образцов»;

- проведены исследования состава, структуры и свойств материалов экспериментальных наплавленных образцов сплавов ВЖЛ12У и ВКНА-1ВР;

- обоснованы оптимальные значения технологических параметров процесса лазерной газопорошковой наплавки порошков сплавов ВЖЛ12У и ВКНА-1ВР;

- разработана технологическая инструкция «Проведение ремонта сложнопрофильных деталей ГТД методом лазерной газопорошковой наплавки металлических порошков сплавов ВЖЛ12У и ВКНА-1ВР»;

- по разработанной технологической инструкции проведен экспериментальный ремонт сложнопрофильных деталей ГТД методом лазерной газопорошковой наплавки;

- проведены исследования состава, структуры и свойств материалов на отремонтированных участках сложнопрофильных деталей ГТД;

- разработаны рекомендации и предложения промышленному партнеру по применению в его производственном процессе металлических порошков жаропрочных сплавов на основе никеля, получаемых по разработанной технологии атомизации;

- разработаны рекомендации и предложения промышленному партнеру, а также проект технического задания на выполнение опытно-технологических работ по внедрению в производство промышленного партнера созданных экспериментальных аддитивных технологий изготовления и ремонта сложнопрофильных деталей ГТД;

- проведен технико-экономический анализ разработанных технологий и обоснованы конкурентные преимущества разработанных технологий;

- проведено обобщение полученных результатов ПНИЭР и проверено их соответствие требованиям технического задания.

В рамках выполнения проекта разработаны четыре отечественные металлопорошковые композиции для применения в технологии послойного лазерного сплавления (ПЛС) и два материала для использования технологии ремонта лазерной газопорошковой наплавки. Свариваемый деформируемый сплав ВЖ159 по длительной прочности, жаростойкости и ударной вязкости в синтезированном состоянии превосходит широко применяемый зарубежный аналог, а по усталостной долговечности на 25% превосходит отечественные и

зарубежные деформированные аналоги. Разработанные синтезированные материалы из литейных сплавов зарубежных аналогов не имеют.

Полученные данные по плотности синтезированных образцов соответствуют значениям лучших результатов для поликристаллического литья и несколько превышают значения, характерные для синтезированных образцов из импортных жаропрочных материалов (сплав Inconel 718), получаемых по стандартным режимам, поставляемым с аддитивным оборудованием.

Разработанные порошковые материалы имеют морфологию частиц и технологические характеристики на уровне импортных порошков и могут применяться во всех однотипных установках ПЛС с рабочим интервалом гранулометрического состава от 10 до 63 мкм.

Разработанные технологии синтеза материалов на основе литейных сплавов ЖС6К, ВЖЛ12У по сравнению с литейными аналогами обеспечивают повышение прочностных (на 15-20%) и пластических характеристик (в 2-3 раза) при комнатной температуре. Разработанные технологии горячего изостатического прессования позволили впервые получить методом селективного лазерного сплавления интерметаллидный сплав ВКНА-1ВР без трещин, обеспечить формирование оптимальной лабиринтной морфологии частиц упрочняющей фазы.

Была отработана технология ремонта сложнопрофильных деталей ГТД методом лазерной газопорошковой наплавки МПЖСН ВЖЛ12У и ЖС6К.

По результатам проведенных исследований обоснованы оптимальные значения параметров процесса лазерной газопорошковой наплавки МПЖСН экспериментальных партий ВЖЛ12У, ВКНА-1ВР.

На основании полученных результатов разработана и оформлена технологическая инструкция ТИ 1174-2016 «Ремонт сложнопрофильных деталей ГТД методом лазерной газопорошковой наплавки металлических порошков ВЖЛ12У и ВКНА-1ВР», обеспечивающая получение на отремонтированных участках сложнопрофильных деталей ГТД минимальной пористости в соответствии с требованиями Технического задания.

По разработанной технологической инструкции и Руководству по экспериментальному ремонту сложнопрофильных деталей ГТД методом лазерной газопорошковой наплавки произведен ремонт реальных литых лопаток (входной кромки), предоставленных индустриальным партнером.

Разработанные технологии и материалы подготовлены для передачи в серийное производство индустриального партнера. Для последующей реализации определен порядок и состав опытно-технологических работ по внедрению результатов ПНИЭР в серийное производство индустриального партнера, а также составлены рекомендации по внедрению разработанных МПЖСН и аддитивных технологий изготовления и ремонта деталей с их использованием.

В целом по проекту разработаны экспериментальные аддитивные технологии изготовления и ремонта сложнопрофильных деталей ГТД и создан необходимый научно-технический задел для их реализации в производстве АО «ОДК-Авиадвигатель».