

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ  
МАЛОРАЗМЕРНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ  
ИЗ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО СПЛАВА ВКНА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ**

©2016 В.Г. Смелов, А.В. Сотов, А.В. Агаповичев, Е.А. Носова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

**MANUFACTURING OF SMALL-SIZED GAS TURBINE ENGINE COMBUSTION CHAMBER PARTS  
FROM INTERMETALLIC ALLOY VKNA USING SELECTIVE LASER MELTING**

Smelov V.G., Sotov A.V., Agapovichev A.V., Nosova E.A. (Samara National Research University,  
Samara, Russian Federation)

*In this paper the combustion chamber burner is synthesized by selective laser melting. Also here are represented bench tests that have been carried out for the burner. Before the initiation of printing process have been investigated technological properties of VKNA metal alloy powder. Afterwards have been studied mechanical properties of the synthesized material structure.*

В настоящее время встает вопрос об использовании высокоскоростных (600...800 км/ч) беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Достичь таких скоростей можно за счет применения в БПЛА малоразмерного газотурбинного двигателя (МГТД). Производство МГТД ограничено большими сроками создания, технологической подготовки производства, изготовлением и доводкой высоконагруженных деталей (камера сгорания, турбина, компрессор). В данной работе предложен способ сокращения этих этапов за счёт применения аддитивных технологий.

Огромный рост интереса к данным технологиям вызван во многом благодаря преимуществам перед традиционными технологиями производства. К таким преимуществам можно отнести быстроту изготовления деталей, высокую скорость прохождения этапов НИОКР, изготовление сложно-профильных и уникальных деталей, которые невозможно получить стандартными технологиями, а также управление физико-механическими свойствами синтезируемого материала.

В данной работе представлены результаты изготовления камеры сгорания (КС) МГТД, полученной методом селективного лазерного сплавления (СЛС), а также проведены стендовые испытания изделия. В качестве основного материала был взят жаропрочный интерметаллидный сплав ВКНА. За счёт высокой температуры плавления, пониженной плотности и термостабильности структуры до  $T_{nl}$  данный сплав был разрабо-

тан для применения в деталях горячего тракта ГТД. Его применение позволяет повысить рабочую температуру по сравнению с Ni-сплавами с 1050 до 1200-1250°C, снизить массу деталей и, как следствие, повысить КПД и уменьшить расход топлива [1].

Изготовление камеры сгорания было осуществлено с использованием технологической 3D установки SLM 280HL. Данная установка формирует изделие путём послойного нанесения металлического порошка на подложку. В качестве теплового источника для сплавления частиц порошка был использован иттербиевый волоконный лазер мощностью 400 Вт. Перед непосредственным изготовлением изделия был проведён комплекс исследований. В том числе:

1. Исследованы технологические свойства исходного порошка сплава ВКНА (морфология поверхности частиц, гранулометрическое распределение, сыпучесть, химический состав).

2. Подобраны основные параметры лазерного излучения для сплавления слоёв металлического порошка (скорость сканирования, мощность).

3. Исследованы структура и механические свойства синтезированного материала (предел прочности, относительное удлинение, фазовый анализ, металлография).

4. Исследовано влияние термической обработки на свойства синтезируемого материала.

В соответствии с разработанной технологией изготовления 3D модель КС была

разделена на три составляющие. Далее каждый элемент КС был подготовлен с использованием программного продукта MagicsRP. Модели были расположены на платформе построения, где к ним был добавлен материал поддержки и теплоотводы, необходимые для устранения коробления детали во время выращивания, а также для последующего отделения детали от платформы построения. Суммарное время изготовления составило 13,5 часов. После извлечения из 3D машины детали подверглись механической обработке. Для сварки элементов горелки была разработана технология импульсной лазерной сварки, в качестве присадочного материала был использован хромоникелевый сплав. Маршрутно-технологический процесс изготовления КС краткоресурсного двигателя представлен на рис. 1.



Рис. 1. Основные этапы технологического процесса изготовления КС

Совместно с научно-образовательным центром газодинамических исследований были проведены стендовые испытания выращенной КС. В соответствии с разработанной программой изготовленный образец был подвергнут испытаниям в заданном интервале температур и времени. Процесс горения и извлеченная КС после испытаний изображены на рис. 2.

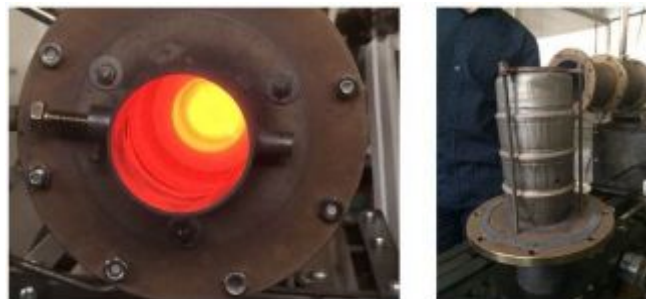


Рис. 2. Стендовые испытания КС краткоресурсного МГТД

Результатом проделанной работы являлась отработка технологии изготовления камеры сгорания МГТД из интерметаллидного сплава ВКНА с использованием метода СЛС.

#### Библиографический список

1. Базылева О.А., Бондаренко Ю.А., Тимофеева О.Б., Хвацкий К.К. Влияние кристаллографической ориентации на структуру и свойства сплава ВКНА-1В. / *Металлургия машиностроения*, №4, 2012.

УДК 533.697.242

## УПРАВЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫМИ ТЕЧЕНИЯМИ У ВТУЛКИ РАБОЧИХ КОЛЁС ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 А.Н. Черкасов, И.И. Алексеев, Р.Р. Мухамедьяров

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

### AN OVERALL FLOW PATTERN ACTIVE CONTROL IN THE ROTOR HUB REGION OF GAS-TURBINE ENGINE AXIAL COMPRESSOR

Cherkasov A.N., Alekseyev I.I., Mukhamedyarov R.R. (VUNTs Air Force «Prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin military and air academy»

*The main goal of this work is to analyze the efficiency of flow pattern active control in rotor hub region of gas-turbine engine axial compressor.*

Обеспечение безотрывного обтекания рабочих поверхностей проточной части компрессора позволяет увеличить коэффициент полезного действия (КПД), запас газодинами-

ческой устойчивости осевого компрессора и напорность его ступеней.

В межлопаточных каналах осевого компрессора существуют вторичные тече-