

**ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК С ПРОНИКАЮЩИМ ОХЛАЖДЕНИЕМ**

Ширгазин Л.В., Смирнов В.В.

АО «ОДК» Филиал «НИИД», г. Москва, [lenar.rs@yandex.ru](mailto:lenar.rs@yandex.ru)*Ключевые слова: лопатка, охлаждение, стержень, аддитивные технологии.*

Главными задачами современного газотурбостроения являются повышение экономичности, эффективности и надежности работы газотурбинных двигателей. Основным способом совершенствования экономических показателей ГТД является повышение начальных параметров термодинамического цикла, прежде всего – начальной температуры газа. В связи с этим становится очевидной необходимость более эффективного охлаждения деталей проточной части турбины ГТД.

Существует по крайней мере два пути повышения эффективности воздушного охлаждения. Первый заключается в использовании конвективно-пленочного охлаждения. Повышение температуры газа на входе в турбину до 1850 К является пределом для данного способа охлаждения. Второй способ заключается в разработке принципиально новых схем охлаждения: транспирационного и близкого к нему двустенного охлаждения. Транспирационное охлаждение высокоэффективно, но недостатком метода является загрязнение пористой стенки включениями, содержащимися в охлаждающем потоке воздуха. Изготовление двустенной отливки лопатки с использованием традиционных технологий литья по выплавляемым моделям является практически невыполнимой, с точки зрения разработки технологической литейной оснастки задачей.

Применение аддитивных технологий при изготовлении лопаток турбин методом SLM позволяет выращивать лопатку с полостями практически любой геометрической сложности. Однако этот метод не позволяет получить необходимую структуру отливки, требуемых прочностных и усталостных характеристик, а также не обеспечивает нужную шероховатость внутренних полостей из-за особенностей технологического процесса.

Использование 3D печати позволяет изготовить не только лопатку, но и вспомогательную деталь для литья охлаждаемой лопатки – стержень, который используется для оформления внутренней поверхности отливки. Изготовить по стандартной технологии цельный стержень для оформления двух или трех полостей в лопатке практически невозможно из-за конструктивных особенностей пресс-формы, которые не позволяют извлечь сырой стержень из формы без повреждений. Для изготовления керамических спекаемых стержней при помощи аддитивных технологий наиболее подходящим методом является фотополимерная печать керамических композиций различного состава на принтерах типа DLP. Из плюсов метода стоит отметить минимальную толщину слоя 0.01 мм, высокую точность размеров, кроме того, время печати мало зависит от количества одновременно изготавливаемых деталей.

Несмотря на перспективность подобного способа изготовления керамических стержней сложной геометрической формы на сегодняшний день метод не отработан в полной мере для внедрения в серийное производство из-за большой и трудноконтролируемой усадки стержня в процессе спекания, неравномерной пористости, сложности подбора состава керамических композиций, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к спеченным керамическим стержням, оформляющих внутреннюю полость лопатки, получаемой из жаропрочных сплавов, особенно для получения монокристаллических отливок.

Данная задача послужила основой научно-исследовательской работы на базе совместного проекта АО «ОДК» филиал «НИИД» с МГТУ им Н. Э. Баумана. Практическая часть работы проводится при поддержке компании i3D (НПО 3D Интеграция). В данный момент проводится отработка режимов печати, подбор состава фотополимерного материала и наполнителя с целью достижения требуемых качества и свойств изготавливаемого стержня.

### **Список литературы**

1. М. М. Киселев, В. И. Путляев, П. В. Евдокимов, М. А. Вартанян. Аддитивные технологии в производстве изделий из керамики: перспективы и опыт практического использования // Современные методы и технология создания и обработки материалов. Москва. 2017. С. 27-33.

Сведения об авторах

Ширгазин Л.В., магистрант МГТУ им Н. Э. Баумана, инженер-технолог АО «ОДК» филиал «НИИД»

Смирнов В.В., начальник НИЛ технологии и оборудования металлургического производства АО «ОДК» филиал «НИИД»

### **INTRODUCTION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURING PROCESS OF TURBINE BLADES WITH PENETRATING COOLING**

Shirgazin L.V., Smirnov V.V.

J-SC “UEC” Branch of “RIEB”, Moscow, lenar.rs@yandex.ru

*Keywords: blade, cooling, rod, additive technologies.*

The turbine blade with penetrating cooling requires more efficient cooling to increase the reliability and efficiency of the gas turbine engine. The development of a new cooling scheme for a turbine blade with two walls is a difficult task in the formation of the blade cavity. The use of 3D printing technology on DLP printers will make it possible to produce a rod for forming a cavity, without resorting to the development and manufacture of molds for rods. The method is under development.