

УДК 67.02

Облик камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя, изготовленной методами аддитивной технологии производства

Нафиков Марат Ирекович^(*)

maratn2010@gmail.com

Глебов Геннадий Александрович

glebov_g_a@mail.ru

КНИТУ-КАИ, Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. Рассматриваются особенности изготовления камеры жидкостного ракетного двигателя и форсуночного блока, произведенных с использованием аддитивных технологий. Применение этих технологий позволяет оптимизировать геометрию компонентов, снизить вес конструкции, улучшить теплообменные характеристики и сократить количество разъемов и соединений, что повышает общую надежность и эффективность ЖРД. Изготовлены опытные образцы для проведения испытаний с целью подтверждения физико-механических свойств и работоспособности конструкционных решений.

Ключевые слова: аддитивные технологии, прямая лазерная наплавка, селективное лазерное плавление, камера сгорания, форсуночная головка, ЖРД

Введение. В настоящее время технологии производства активно совершенствуются и в некоторых областях техники уже достигли своего предела, куда можно отнести традиционные методы изготовления камер сгорания для жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Ограничения традиционных методов изготовления негативно сказываются на массовом совершенстве конструкций, коэффициенте использования материала и оптимизации рабочего времени [1]. Необходимым является большое количество дорогостоящей оснастки и инструмента, изготовление и обслуживание которых нагружает производственный процесс.

Материалы и методы; результаты. Развитие аддитивных технологий, таких как селективное лазерное плавления (СЛП), открывает новые возможности для производства металлических изделий. СЛП позволяет создавать детали сложной геометрии, недоступные традиционным методам. Использование аддитивных технологий значительно сокращает трудоемкость, временные и финансовые затраты [2].

Для создания более теплонапряженных и совершенных конструкций требуется композиция теплопроводных и прочных материалов. Традиционно в камерах ЖРД огневую и силовую стенки изготавливают из различных материалов. При аддитивном производстве формирование внешней оболочки из хром-никелевых сплавов поверх бронзовой рубашки возможно реализовать посредством метода прямой лазерной наплавки [3].

В рамках исследовательской работы были изготовлены образцы смесительных элементов, форсуночная головки и камера сгорания посредством СЛП из сплава Inconel 718 с последующим горячим изостатическим прессованием. Выбранная технология производства позволяет формировать слож-

ную геометрию внутренних коллекторов, вносить изменения и внедрять дополнительные каналы для датчиковой аппаратуры на этапе высокой проработки без необходимости пересмотра порядка изготовления. Форсуночная головка и камера сгорания готовятся к испытаниям, в том числе огневым, на модельных и натурных компонентах. Центробежные и струйные смесительные элементы прошли испытания модельным компонентом на стенде КНИТУ КАИ кафедры ракетных двигателей. Были получены расходные характеристики и параметры распыливания. Эти данные необходимы для формирования облика и внутренней геометрии форсуночной головки ЖРД.

Заключение. Проведен обзор основных методов аддитивного производства, используемых при изготовлении камер сгорания ЖРД. В рамках работ по исследованию физико-механических свойств никель-хромовых сплавов при теплонагруженных условиях работы, методом селективного лазерного плавления были изготовлены камера сгорания и форсуночная головка ЖРД, проведены гидравлические испытания на модельных компонентах и подтверждены предварительные результаты расчетов.

Список источников

- [1] Артемов А.Л., Дядченко В.Ю. Оработка конструктивных и технологических решений для изготовления опытных образцов внутренней оболочки камеры сгорания многофункционального жидкостного ракетного двигателя с использованием аддитивных технологий. *Космическая техника и технологии*, 2017, № 1 (16), с. 50–62.
- [2] Kerstens F., Cervone A., Gradl P. End to end process evaluation for additively manufactured liquid rocket engine thrust chambers. *Acta Astronautica*, 2021, vol. 182, pp. 454–465.
- [3] Gradl P.R., Greene S.E., Protz C., Bullard B., Buzzell J., Garcia C. Additive Manufacturing of Liquid Rocket Engine Combustion Devices: A Summary of Process Developments and Hot-Fire Testing Results. *Joint Propulsion Conference*, 2018. <https://doi.org/10.2514/6.2018-4625>