

УДК 621.454.2

Применение форсунок-свидетелей при изготовлении смесительных головок по аддитивной технологии

Мырзин Виктор Владиславович^{1, 2(*)}

viktormir@inbox.ru
SPIN-код: 7385-8100

Иванов Андрей Владимирович^{2, 1}

iav308@inbox.ru
SPIN-код: 3445-5241

Шершенков Игорь Александрович¹

nibbler-08@yandex.ru

Широкожухова Анна Александровна^{1, 3}

anamyagkih@yandex.ru
SPIN-код: 5170-7558

Иванов Николай Геннадьевич¹

ivanik.public@gmail.com

Кашапов Марат Ахмадеевич¹

salavatkv@gmail.com

¹ АО «НПО Энергомаш», Химки, Московская обл., Россия

² Московский авиационный институт, Москва, Россия

³ АО КБХА, Воронеж, Россия

Аннотация. Предложена методика подтверждения характеристик аддитивных смесительных головок камер и газогенераторов ЖРД с использованием форсунок-свидетелей. Дано определение форсунки-свидетеля и комплекта форсунок-свидетелей. Рассмотрена последовательность работы с форсунками-свидетелями. Представлены критерии годности аддитивных смесительных головок, изготовленных с комплектом форсунок-свидетелей. Сделаны выводы о применимости методики при проектировании агрегатов ЖРД.

Ключевые слова: аддитивные технологии, образцы-свидетели, жидкостные ракетные двигатели, смесительные головки, форсунки

Введение. Аддитивные технологии активно применяются в производстве жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) [1]. При использовании аддитивной технологии для смесительных головок камер и газогенераторов блок форсунок (смеситель), как правило, изготавливается единой деталью [2]. Традиционная технология изготовления и сборки паяных смесительных головок включает в себя контроль каждой форсунки, в том числе проливкой. В аддитивных смесительных головках индивидуальная проверка каждого форсуночного элемента невозможна. Предлагается методика подтверждения характеристик аддитивных смесительных головок с использованием форсунок-свидетелей.

Методы и материалы; результаты. Форсунка-свидетель представляет собой конструктивно подобный образец-свидетель форсуночного элемента аддитивного блока форсунок (смесителя), изготавливаемый в одном технологическом цикле со смесителем. Каждому классу форсуночного элемента в смесителе соответствует свое исполнение форсунки-свидетеля, имеющего идентичные геометрические параметры. Для подтверждения стабильности технологического процесса комплект форсунок-свидетелей выполняется как набор форсунок-свидетелей каждого исполнения по несколько экземпляров.

Проверка аддитивных смесительных головок заключается в определении проливочных характеристик форсунок-свидетелей при заданных параметрах [3]. Дополнительно могут быть проведены измерения размеров, шероховатости поверхностей неразрушающими методами или при разрезке. Также проверка форсуночных элементов в аддитивной детали проводится сравнительной продувкой на их соответствие форсункам-свидетелям. Этот метод используется в паяных конструкциях смесителей для проверки отсутствия припоя в отверстиях форсунок и хорошо зарекомендован. Вывод о годности аддитивного блока форсунок (смесителя) формируется на основании результатов проливки форсунок-свидетелей и сравнительной продувки форсуночных элементов смесителя.

Закключение. Методика проверки аддитивных смесительных головок газогенераторов и камер ЖРД с помощью форсунок-свидетелей опробована с положительным результатом в АО «НПО Энергомаш» и АО КБХА при проведении опытно-конструкторских работ. Основные принципы предложенной методики могут быть включены в разрабатываемую конструкторскую и нормативно-техническую документацию в области аддитивного производства.

Список источников

- [1] *В изготовлении ракетных двигателей успешно применены технологии 3D-печати.* URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2018/02/28/83713?ysclid=mi23bj2mkn67210375> (дата обращения 17.10.2025).
- [2] Иванов А.В. *Способ изготовления смесительной головки камеры сгорания или газогенератора жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) и смесительная головка (варианты).* Патент № 2826040 С2 РФ, 2024, бюл. № 25.
- [3] Евчун А.Ю. Гидродинамические испытания жидкостного ракетного двигателя. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*, 2017, № 13, с. 135–137.