

Автоматизированный ультразвуковой контроль качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей

Никита Дмитриевич Сысунов *Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург,
Кронверкский пр. 49*

email: sysunov.n.d@gmail.com Телефон: +7-921-326-53-80

И.Ю. Кинжагулов *Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр. 49*

email: kinzhiki@mail.ru

Д.С. Сергеев *ООО «НТЦ «Эталон», г. Санкт-Петербург, ул. Матроса Железняка 57А*

email: dmt.sergeev.job@gmail.com

Цель работы

Повышение достоверности результатов контроля паяных соединений камер сгорания жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) на основе автоматизации ультразвукового контроля.

Суть обсуждаемой проблемы

Одним из наиболее ответственных элементов жидкостного ракетного двигателя является камера сгорания: температура внутри камеры достигает более 3000 К, а давление до 25 МПа. Следствием решения задачи эксплуатации при таких режимах стала разработка специальных охлаждающих трактов, благодаря которым становится возможным достижение требуемых характеристик ЖРД. В тоже время, в следствие высокой сложности изготовления таких камер, паяные соединения охлаждающих трактов подвержены формированию дефектов. Самым рациональным решением данной проблемы является применение современных методов неразрушающего контроля (МНК) для повышения качества камер сгорания ЖРД.

Применение различных МНК является обязательной составляющей жизненного цикла ЖРД. Исходя из характеристик данных методов, ультразвуковой метод оказался наиболее применимым для контроля качества паяных соединений. Однако в процессе контроля в ручном режиме большое негативное влияние на результаты оказывают ошибки, вносимые оператором оборудования неразрушающего контроля. Решением данной проблемы является разработка автоматизированной установки ультразвукового контроля качества паяных соединений камер сгорания ЖРД, которая позволит не только исключить влияние человеческого фактора, но и уменьшить время контроля.

Результаты

Разработана схема автоматизированного ультразвукового контроля качества паяных соединений с учётом особенностей конструкции, формы и размеров объекта контроля (ОК): ультразвуковой контроль осуществляется в теновом режиме в иммерсионной ванне. Генерация и прием сигнала осуществляется с использованием 4-х пар преобразователей частотой 5 МГц. Разработан алгоритм работы автоматизированного ультразвукового комплекса, основными элементами которого является вращение ОК вокруг своей оси и линейное перемещение датчиков вдоль оси вращения ОК. Сформулированы требования по точности позиционирования датчиков: предельно допустимая погрешность линейного перемещения на максимальное расстояние составляет 0,5 мм, углового перемещения на полный оборот – 0,7°.

С учетом разработанного алгоритма, была разработана и изготовлена автоматизированная установка ультразвукового контроля со следующими характеристиками позиционирования, подтвержденными экспериментально:

- Среднеквадратическое отклонение линейного перемещения на максимальное расстояние составило 0,071 мм;

- Среднеквадратическое отклонение углового перемещения на один полный оборот составило 0,043°.

Полученные характеристики полностью соответствуют сформулированным требованиям по точности позиционирования датчиков.

Была проведена экспериментальная апробация, по результатам которой были получены В-сканы бездефектных сечений ОК, а также сечений с моделированными дефектами (диаметрами 10 мм, 5 мм, 3 мм). На полученных сканах наблюдается четко различимая периодическая структура, характеризующая конструкцию охлаждающих трактов ОК; в местах, где были заложены имитаторы дефектов, наблюдаются четко-различимые прерывания периодической структуры.

Вывод

Была разработана и изготовлена опытный образец автоматизированной установки, получены результаты экспериментальной апробации, подтверждающие, что разработанная автоматизированная установка позволяет проводить контроль качества паяных соединений камер сгорания ЖРД с высокой степенью достоверности.