

# МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ РОБОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

© 2024 г. Максим Сергеевич Губин<sup>1\*</sup>, В. В. Малый<sup>1\*\*</sup>, А. В. Федоров<sup>1\*\*\*</sup>,  
И. Ю. Кинжагулов<sup>1\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> – Национальный исследовательский университет ИТМО, 197101

Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49, лит. А

\* - [gubin.maxim@mail.ru](mailto:gubin.maxim@mail.ru); \*\* - [banqvalera@mail.ru](mailto:banqvalera@mail.ru); \*\*\* - [afedor62@yandex.ru](mailto:afedor62@yandex.ru);

\*\*\*\* - [kinzhiki@mail.ru](mailto:kinzhiki@mail.ru)

На сегодняшний день многие изделия имеют сложную геометрическую форму. Например, к данным изделиям относятся теплообменные агрегаты (далее по тексту – Изделие сложной геометрической формы), предназначенные для обеспечения оптимального теплового режима работы высокотехнологичных агрегатов [1]. Представляют тела вращения, геометрические размеры которых варьируются в зависимости от решаемых задач.

Для обеспечения тепловых режимов, эксплуатируемого ресурса в большинстве случаев предусматривается нанесение специального двухслойного защитного покрытия на внутреннюю стенку (основание) [2]. Толщина покрытия и размеры дефектов в поверхностных и подповерхностных слоях должны находиться в допустимых диапазонах, отклонение от которых уменьшает эксплуатационный срок изделия, что является недопустимым. В целях обеспечения надлежащего уровня качества покрытия на предприятии-изготовителе предусматривается применение технологий вихретокового и магнитного контроля основных параметров изделий.

Применение существующих технологий неразрушающего контроля (НК) в ручном режиме влечет за собой недостаточную достоверность контроля в силу «человеческого фактора» и значительную трудоемкость контроля, так как необходимо соблюдать ряд требований:

- позиционирование по нормали преобразователя к поверхности изделия сложной геометрической формы;
- обеспечения контакта преобразователя и поверхности изделия сложной геометрической формы;
- перемещения преобразователя с заданной скоростью по поверхности изделия сложной геометрической формы;
- обеспечение тарированного прижима преобразователя к поверхности изделия сложной геометрической формы [3, 4]

Цель работы: повышение достоверности, оперативности НК качества покрытий изделий сложной геометрической формы за счет применения робототехнических комплексов, разработанных по данной методике.

Основные этапы проектирования робототехнических комплексов НК схожи между собой [5]. В результате разработки по данной методике определяется конструкция механизма(ов) позиционирования преобразователя(ей), конфигурация, количество звеньев, количество и типы шарниров, конструкция захватного устройства преобразователя(ей), типы приводов и их размещение на механизме. При этом процесс разработки учитывает:

- 1 Основные параметры изделий сложной геометрической формы;
- 2 Требования для разработки формируемые в результате анализа вихретокового и пондеромоторного метода и выбранных датчиков;
- 3 Схемы и направления сканирования;
- 4 Допустимую область пространства для размещения изделий сложной геометрической формы и механизма(ов) позиционирования преобразователя(ей);
- 5 Требования, формируемые спецификой места установки механизма(ов) позиционирования преобразователей;
- 6 Допустимое время контроля основных параметров изделий сложной геометрической формы.

По результатам проделанной работы определены: зависимости между основными размерами изделий сложной геометрической формы и параметрами механизмов позиционирования (длин звеньев, диапазонов перемещений и углов поворотов кинематической схемы), влияние геометрии изделия сложной геометрической и схемы сканирования на скорость перемещения преобразователя. В результате построена модель механизма, отличающаяся высокой технологичностью, низкой ресурсоемкостью и удовлетворяющая основным требованиям. Планируется выполнить экспериментальную отработку механизма на изделии сложной геометрической формы с целью определения достоверности НК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Добровольский М.В.* Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. 461 с.
2. *Калошин В.А.* Исследование и разработка метода неразрушающего контроля качества никелевых и никель-хромовых покрытий узлов жидкостных ракетных двигателей: дис. – научн.-исслед. ин-т интроскопии МНПО "Спектр". 2013. 173 с.
3. *Ганзен М.И.* Роботизированный вихретоковый контроль деталей ГТД с использованием нейронных сетей // Вестник РГАТА имени П.А. Соловьева. 2019. С. 65–70.
4. ГОСТ Р ИСО 15549-2009. Контроль неразрушающий. Контроль вихретоковый. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2009. 12 с.
5. *Дорохов А.С., Загоруйко М.Г., Давыдова С.А. и др.* Новые механизмы робототехнических и измерительных систем. Гл. 4. Робототехнические комплексы в неразрушающем контроле. 2022. С. 123.

