

**ЛАЗЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Гришанов В. Н., Ойнонен А. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет

LASER CONTROL OF GEOMETRY IN THE PRODUCTION OF AIRCRAFT ENGINES

Grishanov V.N., Oynonen A.A. The paper examines existing methods of geometry control of parts and engine components of the summer-state devices with irregular surfaces, such as GTE blades. A comparison of traditional and advanced laser methods. The urgency of the introduction of laser methods for measuring the geometry of surfaces.

Важнейшим критерием качества продукции современного машиностроения является соответствие геометрии изделия требованиям конструкторской документации. Если геометрию простых деталей или сборок возможно измерить традиционными контактными инструментами, то в случае конструкций, имеющих криволинейные образующие поверхностей применение контактных инструментов сопровождается изготовлением сложной и дорогостоящей оснастки и многочисленных приспособлений.

С середины прошлого века и до настоящего времени контроль геометрии значительной части деталей и сборок проводят с помощью различных шаблонов. Технология шаблонов имеет ряд принципиальных недостатков. На каждую группу контролируемых элементов требуется изготавливать свой шаблон. Эта технология не всегда показывает величину отклонения от заданных размеров. При внесении изменения в конструкцию приходится разрабатывать и изготавливать новый комплект шаблонов и оснастки для их применения.

Шаблонные методы контроля применяются при производстве лопаток компрессоров и турбин газотурбинных двигателей (ГТД). Представление о сложности контрольного приспособления позволяет получить его описание, приведённое в работе [1]. Контрольное приспособление состоит из основания, представляющего собой толстую стальную плиту, изготовленную с высокими требованиями к плоскостности рабочей поверхности. На рабочей поверхности основания установлены 4 кронштейна, несущие 2

измерительные плиты. В измерительных плитах установлено несколько рядов штифтов. Количество рядов и их расположение над поверхностью основания определяют номер контролируемого сечения и количество контролируемых сечений. Количество штифтов, используемых для установки одного шаблона в каждом сечении, равно четырьмя, по два на каждой измерительной плите. Верхняя планка замыкает основание и кронштейны, несущие измерительные плиты, в жесткую раму, образующую корпус устройства.

Технологическая оснастка обеспечивает одновременный контроль геометрической формы профиля и его расположения в каждом контролируемом сечении лопатки. Отклонения контура лопатки в проверяемом сечении спинки или корыта определяются визуально при прислонении к контролируемому сечению лопатки соответствующего шаблона. Измерение отклонений осуществляется с помощью щупа, вставляемого в зазор между контролируемым участком профиля и прислоненным к нему шаблоном. Аналогичным образом определяется и смещение проточной части лопатки относительно осей в контролируемой плоскости.

Не менее сложные измерительные задачи перед контактными методами возникают при сборке двигателя и его стыковки с фюзеляжем. Даже точно изготовленные детали при сварке, к примеру, подвержены различным поводкам и температурным деформациям. Поэтому после сварки необходим повторный контроль, несмотря на то, что стыкуемые детали были проверены заранее. При перекосе привалочной плоскости

ракетного двигателя всего в несколько угловых минут появится весьма заметный разворачивающийся момент, поэтому данный дефект стремятся выявить на ранней стадии изготовления.

Альтернативой контактными механическими средствами измерения являются бесконтактные оптические и, в частности, лазерные системы измерения геометрических параметров (ЛСИГП). Попытки использования ЛСИГП в производстве двигателей предпринимались с момента появления лазеров, но из-за несовершенства и низкой надёжности элементной базы того периода эти попытки ограничивались экспериментальными образцами, предназначенными скорее для демонстрации принципов, нежели для встраивания в производственный процесс.

ЛСИГП могут функционировать на различных принципах, в реализации которых преобладают те или иные свойства лазерного излучения, обусловленные его когерентностью.

Монохроматичность используется для защиты от фонового излучения, направленность, благодаря концентрации энергии, позволяет проводить измерения на протяжённых трассах, пространственная и временная когерентности лежат в основе разнообразных интерференционных схем измерения. Использование коротких и сверхкоротких лазерных импульсов подсветки сводят многие задачи динамических измерений к статическим, устраняя влияние вибраций и смещений объекта. Управление параметрами излучения как в пространственной (структурированные лазерные пучки), так и временной (длительность импульсов, частота электромагнитной волны) способствует дальнейшему расширению спектра дистанционных бесконтактных методов измерения геометрических параметров.

Для контроля размеров и формы деталей энергетических установок наиболее перспективными в настоящее время представляются ЛСИГП с структурированным лазерным пучком с формой поперечного сечения в виде узкой полосы [2].

Для получения двумерного изображения профиля лазерные осветители форми-

руют узкие полосы с обеих сторон лопатки (метод лазерного двустороннего сечения), которые, замыкаясь, очерчивают контур сечения. Для контроля различных сечений лопатка перемещается посредством привода. Лазерный контур фокусируется объективом на матрицу ПЗС-камеры. Для повышения соотношения сигнал/шум применяется спектральный интерференционный фильтр. Изображение, сформированное цифровой камерой, передается в компьютер через высокоскоростной последовательный интерфейс. ЛСИГП имеет следующие параметры: быстродействие - 2 с/сечение; погрешность - 0,01 мм; диапазон измерений - 50 × 60 мм. Применение полупроводниковых лазерных генераторов линий и твердотельных ПЗС-матриц обеспечивают прогнозируемую наработку на отказ не менее 50000 час., что вполне удовлетворяет условиям современного производства.

Контроль геометрии сложнопрофильных сборок с характерным размером ~ 1 м применимы 3D-сканеры. Они легко встраиваются в технологические линии, но могут работать и с рук оператора и обеспечивают погрешности измерений, не превышающие 0,05 мм.

Задачи ориентации двигательных установок относительно корпусов, например, разгонного блока, когда характерные размеры взаимно ориентируемых узлов достигают ~ 10 м, перспективно применение лазерных трекеров, лазерных радаров и электронных тахеометров. Из предлагаемых серийных приборов подавляющее большинство имеет погрешности угловых измерений, не превышающие 10 угл. с.

Библиографический список

1. Полетаев, В.А. Технологическая оснастка для контроля проточной части лопаток газотурбинных двигателей / В.А. Полетаев // Контроль. Диагностика. - 2008. - № 12. - С. 19 - 21.
2. Кеткович, А.А. Лазерная компьютерная система контроля профиля лопаток газотурбинных двигателей ПКПЛ-1 / А.А. Кеткович, Н.И. Яковлева, Б.А. Чичигин // Контроль. Диагностика. - 2007. - № 3. - С. 32 - 34.