

УДК 53.084.823

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Дарья Александровна Медведева

Магистр 2 года ⁽²⁾

кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: В.Л. Скрипка,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»

В настоящее время для ответственных цилиндрических деталей, используемых в гидравлике, авиации, энергомашиностроении, где во многих случаях требования к параметрам отклонения формы достаточно высоки, необходимо проводить контроль всех цилиндрических поверхностей. Выполнить это существующими контактными и бесконтактными универсальными средствами измерения (СИ) трудоемко и малопродуктивно. На сегодняшний день разработка и усовершенствование высокопроизводительных методов и средств контроля отклонения формы является актуальной задачей.

Существующие оптические методы получения интерференционных картин позволяют за несколько секунд воспроизвести первичную информацию для определения характеристик всей топографической поверхности детали [1]. Анализ показал, что одним из перспективных методов контроля поверхностей прецизионных деталей сложной формы является метод конических зеркал [2]. Сущность этого метода заключается в том, что на выходе получается развертка контролируемой поверхности (интерференционная картина). По форме и изогнутости полос интерференционной картины определяются характеристики контролируемой поверхности, такие как отклонение оси отверстия от прямолинейности и отклонение формы отверстия от окружности. Данный метод может быть применен для деталей простой формы. В случае наличия прерывистых поверхностей или поверхностей сложной формы, которые имеют кривизну в нескольких плоскостях, метод конических зеркал требует усовершенствования.

Был проведен патентный анализ аналогичных методов, и найден патент [3], который был взят за основу работы. На основании данного патента была модернизирована оптическая схема, в которую были введены два сопряженных конических зеркала (рисунок 1), что позволило расширить круг поставленных задач, а именно контролировать более сложные топографические поверхности в т. ч. поверхности, имеющие разрывы. Кроме того, в систему была введена ПЗС-матрица, которая позволяет оцифровывать интерференционную картину и использовать современные алгоритмы обработки данных.

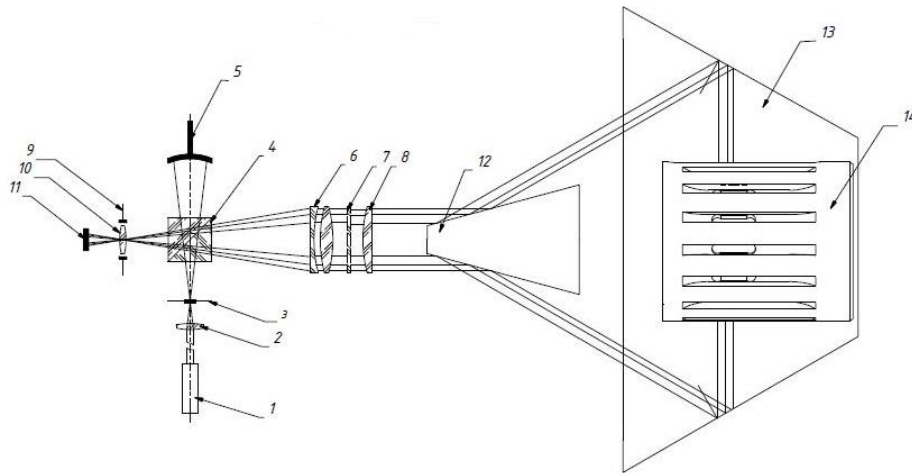


Рис. 1 – Оптическая схема устройства для контроля

Оптический прибор представленный на рисунке 1 работает следующим образом. Пучок света от глеево-неонового лазера 1, проходя систему, представляющую собой микрообъектив 2, диафрагму 3 и светоделительный кубик 4, освещает эталонное сферическое зеркало 5. Лучи, отражаясь от зеркала, попадают на светоделительный кубик, где часть лучей, отражаясь от делительной поверхности кубика, проходят через объектив коллиматора 6, объектив измерительной ветви 7 и плоского вспомогательного зеркала 8, попадают на коническое зеркало 12 и затем на второе зеркало 13, которое формирует кольцевую оптическую метку на контролируемой поверхности детали 14. Отраженные лучи от контролируемой поверхности в обратном направлении попадают на светоделительный кубик, где встречаются, образуя интерференцию. После этого лучи, пройдя через объектив 10, направляются на фотоприемник 11. В качестве фотоприемника используется ПЗС-матрица, которая оцифровывает все расстояния на интерференционной картине, затем данные в оцифрованном виде передается в блок обработки информации (ЭВМ), где применяется современные алгоритмы обработки информации, которые позволяют повысить точность результатов. В частности, с помощью программных алгоритмов на основе получения интерференционной картины (рисунок 2) методом наименьших квадратов можно определить величину изогнутости полос, т.е. количественно оценить отклонение формы поверхности.

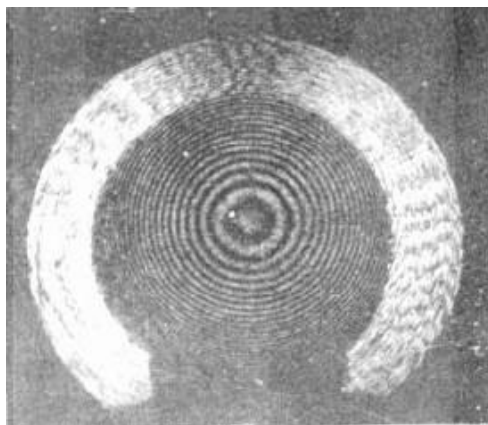


Рис.2 - Интерференционная картина контролируемой поверхности

Регистрируемые в ходе измерений интерференционные картины содержат большой объем информации, который может быть обработан и расшифрован для

получения качественных и количественных оценок отклонения формы самых разнообразных поверхностей.

Для предложенного метода с помощью конических зеркал по стандартным методикам была произведена количественная оценка точности, результаты которой приведены в таблице 1. При расчете были учтены погрешности волнового фронта, погрешность от внешних влияющих величин, погрешность аберраций, погрешность измерения, погрешность проецирования, вызванная перекосом камеры, и др.

Таблица 1 – Погрешности оптической системы

Погрешность	мкм
Погрешность волнового фронта	0,031
Погрешность от внешних влияющих величин	0,041
Погрешность аберраций	0,157
Погрешность измерения	$1,013 \times 10^{-2}$
Погрешность расстояния	0,82
Погрешность проектирования, вызванная перекосом камеры	$9,277 \times 10^{-4}$
Погрешность оптической системы	1,2

$$\Delta_{\text{ос}} = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta_{\text{разр. способ}}^2 + \Delta_{\text{аб}}^2 + \Delta_{\text{г}}^2 + \Delta_{\text{р}}^2 + \Delta_{\text{и}}^2} \quad (1)$$

Оценка суммарной погрешности предложенной оптической системы, рассчитанная по формуле 1, составляет $\approx 1,2$ мкм. Следовательно, существует возможность контролировать отклонение формы поверхностей с требуемым отклонением формы порядка 4 мкм, что вполне достаточно для оценки отклонения формы широкого круга деталей, например, турбинных лопаток, профиля направляющей в гидромоторе, кулачков и др.

Таким образом, предложенный вариант бесконтактного метода с помощью конических зеркал для контроля поверхностей сложной формы может обеспечить высокую точность и производительность, кроме того, является универсальным для контроля тел вращения и перспективным в дальнейшей практике.

Литература

1. Морозов А.М., Кононов И.В. Оптические голографические приборы: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1988. 99 -104 с.
2. Пат. RU 2 245 516 С2 Российская Федерация. Устройство для контроля отверстий деталей / Чугуй Ю.В., Финогенов Л.В., Завьялов П.С., Никитин В.Г., Саметов А.Р.; заявитель и патентообладатель Конструкторско-технологический институт научного приборостроения. - № 2003110530/28; заявл. 15.04.2003; опубл. 10.10.2004.
3. Жиганов И.Ю. Бесконтактные устройства измерения геометрических параметров труб /И.Ю.Жиганов. – М.: Вузовская книга, 2004. 207 – 211 с.