

Поиск и устранение неисправностей или отказов, прогнозирование сроков безотказной работы электрооборудования на основе статистических данных.

Таким образом, развитие средств и методов технической диагностики является важным фактором дальнейшего совершенствования процесса эксплуатации электрооборудования, обеспечивающего его безопасность и возможность предупреждения аварийных режимов работы и внезапных отказов.

УДК 535.4+535-92

ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ВНУТРЕННИМИ И ВНЕШНИМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Рыжевич А. А.^{1,2} канд. физ.-мат. наук, Солоневич С. В.²

¹ Белорусский государственный аграрный технический университет, ² Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь

В современном производстве, в том числе и в сельскохозяйственном, широко используются детали, имеющие внешние и внутренние цилиндрические поверхности (валы, втулки, трубы). В ряде случаев к качеству этих поверхностей с точки зрения чистоты, шероховатости и, самое главное, механической целостности, предъявляется ряд требований. В настоящее время для автоматического контроля качества поверхности достаточно широко используются профилометры, основанные на координатном сканировании поверхности. За длительное время своей эксплуатации они хорошо себя зарекомендовали, обладая при этом очевидными недостатками: они измеряют в каждый момент времени качество поверхности только в некоторой достаточно малой области. При этом передвижение приборов между различными контролируемыми точками уменьшает точность измерений и требует значительного времени. Этим недостаткам лишены лазерные профилометры, предназначенные для определения качества поверхностей, имеющих цилиндрическую форму [1-3]. Особенно большой точностью отличаются профилометры, основанные на интерферометрии [4], позволяющие обнаруживать единичные дефекты поверхности малых размеров. Однако зачастую на производстве необходимо производить быстрый автоматический анализ качества большого количества однотипных деталей с последующей отбраковкой некачественных деталей. Для этих целей разработан и экспериментально реализован лазерный Фурье-профилометр дальнего поля в двух модификациях – для контроля внешних и внутренних поверхностей (рис. 1, а и б соответственно), позволяющий оперативно определять качество поверхностей в диалоговом режиме. Схема профилометра обеспечивает фокусировку линзой 5 отраженного объектом поля в фокальной плоскости линзы. Выходной сигнал профилометра представляет собой двумерный спектр Фурье в виде кольца. Радиальная структура Фурье-спектра интегрально по продольной координате отображает нарушения поверхности. Данный профилометр не требует опорной волны и поэтому имеет высокую устойчивость к колебаниям. Анализ выходного поля довольно прост и состоит в измерении ослабления интенсивности и уширения спектра Фурье как функции азимутального угла. Профилометры такого типа перспективны для контроля качества поверхностей как с плавными, так и резко выраженными неоднородностями-нарушениями.

Лазерный профилометр работает следующим образом. От источника лазерного излучения 1 гауссов расширенный телескопом 2 световой пучок направляется на коническую линзу (аксикон) 3. Сформированный посредством конических элементов 3 и 8 кольцевой конический световой пучок падает на контролируемый объект 4, отражаясь от которого,

фокусируется линзой 5 на приемник лазерного излучения – CCD-камеру 6. Методики проведения исследований на обеих модификациях профилометра аналогичны и включают в себя юстировку оптической схемы, установку образцов, регистрацию Фурье-спектров и обработку полученных данных.

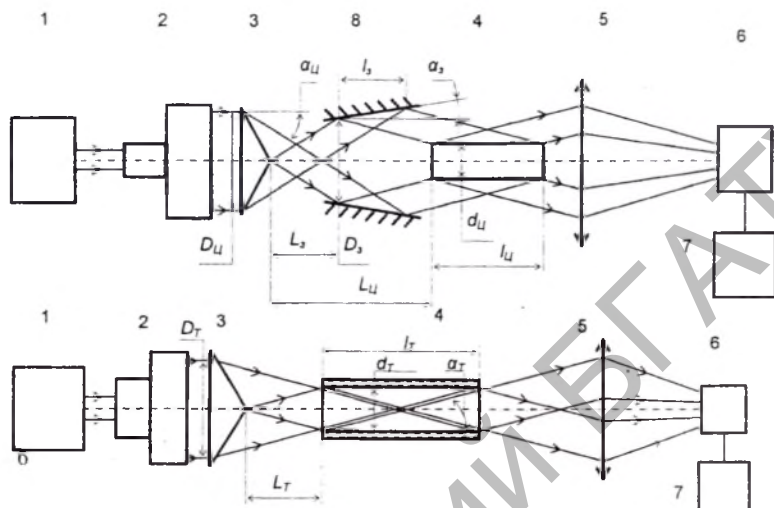


Рис. 1. Оптические схемы устройств для контроля качества внешних (а) и внутренних (б) цилиндрических поверхностей: 1 - лазер, 2 - перестраиваемый телескоп, 3 - перестраиваемый аксикон, 4 - контролируемый образец, 5 - линза, 6 – CCD-камера, 7 - ЭВМ, 8 - коническое зеркало

Параметры измеряемых деталей связаны соотношениями с параметрами оптических элементов, использующихся в схемах устройств. В модификации а длиной l_U и диаметром d_U объекта параметры оптических элементов определяются уравнениями $\frac{D_U}{2 \operatorname{tg}(\alpha_U - 2\alpha_S)} = l_U$,

$$2D_U - L_U \operatorname{tg}(\alpha_U - 2\alpha_S) = d_U, L_U = \frac{1}{2} \left(L_U + \frac{d_U}{2} \operatorname{tg} \alpha_U \right), l = \frac{D_U \sin(\alpha_U) \cos(\alpha_S)}{2 \operatorname{tg}(\alpha_U) \sin(\alpha_U - \alpha_S)},$$

а в модификации б – уравнениями $\alpha_T = \arctg \frac{d_T}{l_T}$; $D_T = 2d_T$; $L_T = \frac{D_T}{4 \operatorname{tg}(\alpha_T)}$. Гибкость оптической схемы,

т.е. возможность ее подстройки под конкретные изделия обеспечивают перестраиваемые оптические элементы 2 и 3.

При проведении исследований на наличие отклонений формы в виде выпуклостей использовались образцы с дефектами различных размеров. Полученные профилограммы (рис. 2) наглядно показывают, что при наличии дефекта интенсивность излучения, отраженного от поверхности образца, уменьшается, и чем больше высота и количество дефектов, тем меньше интенсивность на соответствующем участке спектра.

Для контроля очень протяженных цилиндрических объектов, малая жесткость на изгиб которых не позволяет производить формирование Фурье-спектров, может использоваться устройство, схема которого представлена на рис. 3. Пучок от источника лазерного излучения 3 расширяется телескопом 4 и, отражаясь коническим зеркалом 5, попадает на контролируемую поверхность 1. На ней происходит частичное падение интенсивности пучка

и разрушение его пространственной структуры из-за влияния различных дефектов поверхности, её загрязнения, шероховатости и других параметров, характеризующих качество поверхности. Отраженный поверхностью свет регистрируется кольцевой ПЗС-матрицей 6, данные от которой передаются на удаленный компьютер для анализа. Оптическая схема вместе с датчиком перемещения закреплена в подвижном модуле 2, перемещаемом вдоль исследуемой поверхности.



Рис. 2. Профилограммы образцов без (а) и с (б) поверхностными дефектами (изображение инвертировано, стрелкой указано место, соответствующее дефекту)

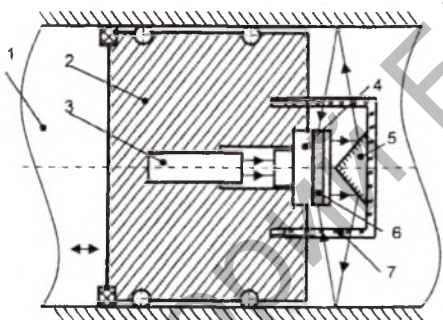


Рис. 3. Принципиальная схема опико-механического устройства для контроля: 1 - контролируемая поверхность, 2 - перемещаемый модуль, 3 - лазер, 4 - телескоп, 5 - коническое зеркало, 6 - кольцевая ПЗС-матрица, 7 - стеклянный стакан

Преимуществами данного устройства являются возможность его применения для контроля слабоизогнутых цилиндрических объектов различных диаметров, высокая скорость контроля, хорошая точность локализации дефектов поверхности и достаточно высокое разрешение по размеру дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

- K.G. Birch Oblique incidence interferometry applied to non-optical surfaces // J. Phys. – 1973. – Vol.E6,№10. – P. 1045 – 1048.
 Grazing-incidence interferometry applied to the measurement of cylindrical surfaces. T. Dresel, J. Schwider, A. Wehrhahn S. Babin // Opt. Eng. – 1995. – Vol.34. – P. 3531 – 3535.
 Grazing-incidence test for cylindrical microlenses with high numerical aperture. J. Schwider, N. Lindlein, R. Schreiner e. a. // J. Opt. A: Pure Appl. Opt. – 2002. – Vol.4. – P. 10–16.
 Interferometric testing of plane and cylindrical workpieces with computer-generating holograms. S. Brinkman, R. Schreiner, T. Dresel J. Schwider. // Opt. Eng. – 1998. – Vol.37. – P. 2506-2511