УДК 621.787.4

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Бобровский И.Н., Бобровский Н.М., Ежелев А.В., Мельников П.А., Левицких О.О.

«Тольяттинский государственный университет», Тольятти, e-mail: bobri@yandex.ru

Задача определения величины износа рабочей поверхности деталей машин и инструментов является крайне важной во всех сферах машиностроения. Возможно сокращение затрат различных производств, например при замене обрабатывающего инструмента, основываясь не на плановых процедурах замены, а на актуальной цифровой фотографии, обработанной с помощью предлагаемого программного комплекса. В работе были классифицированы методы анализа износа поверхностей по типу измерительного устройства. Рассмотрены преимущества и недостатки приведенных методов. Представлен отечественный и зарубежный опыт в области создания устройств для контроля качества поверхности. Проведена теоретическая и экспериментальная оценка методов оптического контроля качества поверхности в машиностроении. Приведены результаты экспериментального исследования по оценке качества поверхности отверстия малого диаметра. Требуется разработка комплексного аппаратно-программного универсального способа контроля качества поверхности. Работа выполнялась при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Ключевые слова: цифровые технологии, анализ износа, изображение, эндоскоп.

APPLICATION OF OPTICAL METHODS OF QUALITY CONTROL IN MECHANICAL ENGINEERING

Bobrovskiy I.N., Bobrovskiy N.M., Ezhelev A.V., Melnikov P.A., Levitskih O.O.

Togliatti State University, Togliatti, e-mail: bobri@yandex.ru

The determination of size of details of cars and tools working surface wear problem is extremely important in all spheres of mechanical engineering. Reduction of various productions expenses is possible, for example at replacement of the processing tool, being based not on planned procedures of replacement, and in the actual digital photo processed by means of an offered program complex. In work methods of surfaces wear analysis as the measuring device were classified. Advantages and shortcomings of the given methods are considered. Domestic and foreign experience in area of devices creation for surface quality control is presented. The theoretical and experimental assessment of optical quality surface control methods in mechanical engineering is carried out. Results of a pilot study are given according to quality of a small diameter orifice surface. Development complex hardware-software universal ways of surface quality control is required. Work is carried out with support of the federal target program «Scientific and scientific and pedagogical shots of innovative Russia» for 2009-2013.

Keywords: digital technologies, wear analysis, image, endoscope

С ростом производительности и мощности цифровых технологий наблюдается очевидная тенденция к автоматизации всех инженерных задач и процессов. В настоящее время доступные вычислительные ресурсы имеют достаточно малую машинную погрешность. Например, аппроксимация числа с плавающей точкой при расчетах в большинстве современных программных продуктов учитывает от 14 до 17 значащих цифр, при необходимости существуют алгоритмы, увеличивающие это число, а соответственно и точность расчета.

Однако еще не все актуальные задачи автоматизации процессов решены. Задача определения величины износа рабочей поверхности деталей машин и инструментов является крайне важной во всех сферах машиностроения. Возможно сокращение затрат различных производств, например при замене обрабатывающего инструмента, основываясь не на плановых процедурах замены, а на актуальной цифровой фотографии, обработанной с помощью предлагаемого программного комплекса, будет возможен оперативный и адекватный анализ износа деталей, что особенно актуально для массового производства, где невозможен точечный контроль износа оборудования.

Методы анализа износа поверхностей можно разделить на органолептические и инструментальные. На рис. 1 приведены предлагаемая классификация, основные недостатки и преимущества рассматриваемых типов методов.

В настоящее время также существует множество инструментальных методов, основанных на различных физических и химических явлениях. Например, в ВНИПТИМЭСХ был разработан экспресс-метод определения износа узлов трения машин, позволяющий косвенно оценить износ деталей двигателей (рис. 2). Малогабаритный универсальный монохроматор фиксирует оптическую плотность анализируемых растворов и веществ в широком волновом диапазоне – от 30 до 1200 нм [1]. Он работает от различных источников питания и предназначен для использования в полевых условиях. Таким образом, с помощью данного метода возможна оценка износа ограниченного спектра деталей, и для проведения анализа необходимо специальное оборудование, что затрудняет его использование.

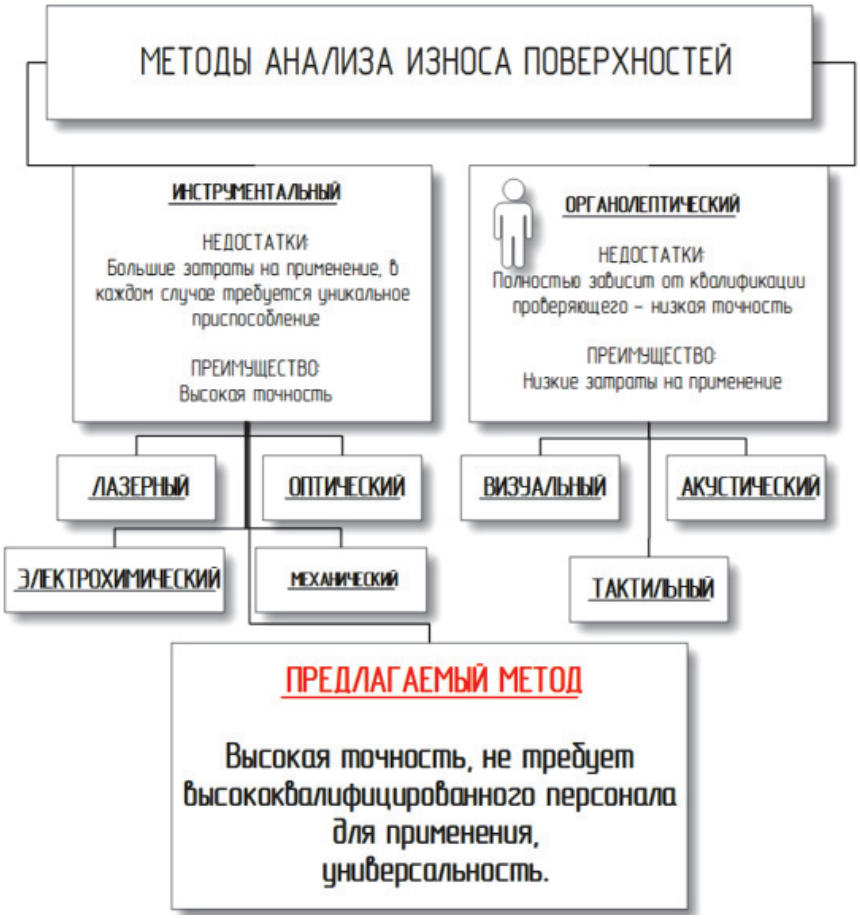

Рис. 1. Классификация методов анализа износа поверхностей

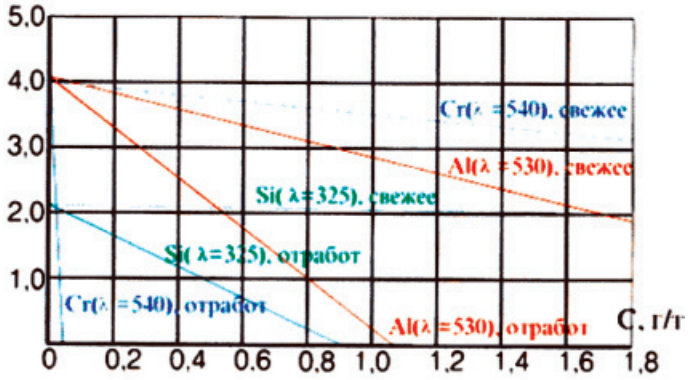

Рис. 2. Результаты анализа образцов полученных с помощью метода анализа износа поверхностей ВНИПТИМЭСХ

Существуют методы анализа износа с помощью внедрения радиоактивных изотопов в исследуемую поверхность, однако по причине своей сложности данная группа методов получила распространение лишь в лабораторных опытах и в тех областях науки и техники, где определение износа с помощью данного метода – наиболее предпочтительно.

В США фирмой Taylor Hobson был разработан программный комплекс TalyMap, применяющийся вместе с оборудованием для анализа микро профиля поверхностей данной фирмы (фирма Taylor Hobson является производителем метрологического оборудования, рис. 3).

Недостатком данного метода анализа износа поверхностей является необходимость применения определенного дорогостоящего оборудования, что делает затруднительным его широкое распространение.

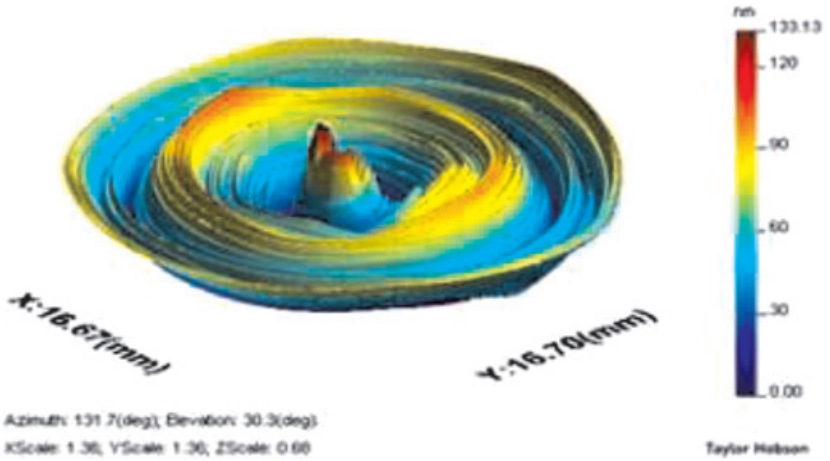

Рис. 3. Интерфейс программы TalyMap фирмы TaylorHobson [5]

В Китайской народной республике оптические методы анализа поверхности нашли свое применение в машиностроении. Йонгхонг Зангом (Yonghong Zhang), ученым из Нанкинского университета информационных наук и технологий был разработан и запатентован метод анализа износа поверхности режущего инструмента [2]. Метод состоит из следующих шагов: получения оптического снимка структуры поверхности исследуемого объекта; после этого производится многофакторная выборка и обработка фрагментов изображения поверхности и формирование классификатора нейронной сети с обратной передачей ошибки обучения в соответствии с проанализированным количеством участков; затем данные адаптируются посредством избирательной системы для объединения данных многофакторного классификатора для качественного и количественного анализа износа режущего инструмента. Дополнительно предлагается оценка износа поверхности в непрерывном режиме, что позволяет избежать ошибок в процессе отбора и по причине невозможности быстрой замены режущего инструмента при выполнении некоторых операций обработки. Предложенный метод позволяет оценить степень и скорость износа режущего инструмента и, несомненно, данный метод анализа износа обладает весомыми преимуществами, однако очень узкая специализация не позволяет ему быть полностью реализованным.

Другое применение оптическому методу анализа поверхности было найдено в Республике Чили группой авторов для анализа износа конвейерного ремня с целью определения дыр и надрывов [3]. Как и предыдущий, данный метод характеризуется постоянным анализом поверхности ремня, без его съема с помощью математического анализа поступающей графической информации. Использование данного метода не подразумевает каких-либо дополнительных включений в ремень. Дополнительно метод включает автоматическую процедуру определения событий, таких как появление дыр и надрывов. Алгоритм, используемый в данном методе, позволяет делать выборку из цикла изображений для определения степени износа при различных циклах работы.

В настоящее время отсутствует комплексный метод определения износа поверхностей, позволяющий проводить оперативный анализ степени износа. Однако существуют предпосылки к созданию подобных методов. Например, существует группа технологических изделий, позволяющих проводить исследование различных поверхностей оптическим методом – эндоскопы. Данный тип устройств различается по методу передачи сигнала, существуют простые линзовые эндоскопы, где отсутствуют какие-либо электронные части; гибкие эндоскопы, где сигнал передается с помощью оптоволоконного кабеля, а также видео-эндоскопы.

Применение данного типа устройств возможно для определения степени износа различных поверхностей, при применении линзового эндоскопа для захвата изображения необходимо совместить окуляр эндоскопа с линзой цифрового фотоаппарата для захвата изображения, однако возможно использование одного лишь цифрового фотоаппарата и таким образом нет необходимости в использовании дополнительного приспособления. При применении гибкого эндоскопа сигнал передается в цифровом виде, однако, поскольку питание светодиодов для освещения изучаемого объекта и сам сигнал передается по одному кабелю, качество получаемого изображения существенно снижается.

Использование видео-эндоскопа экономически неоправданно, так как стоимость

подобных устройств превышает 1 млн руб. Проведенный эксперимент по использованию обычного оптического эндоскопа и цифрового фотоаппарата показал, что получаемое изображение не обладает достаточным качеством и практичнее использовать только цифровой фотоаппарат (рис. 4).

Также была выполнена оценка качества получаемого с помощью цифрового эндоскопа JProbe MX, обладающего следующими характеристиками: длина зонда 1–30 м; разрешение/сенсор (динамический/статический): 320×240/640×480; сенсор: CMOS; подсветка: автоматически; баланс белого: фиксированный; угол обзора: 91°.

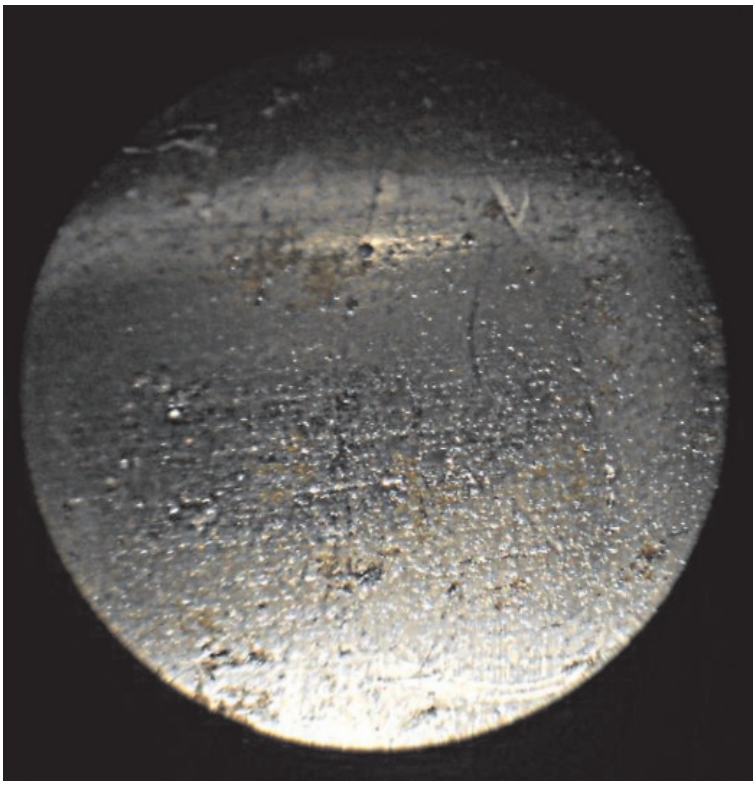

Рис. 4. Изображение, полученное с помощью оптического эндоскопа

Эксперимент проводился на втулке с диаметром отверстия 8 мм (рис. 5). Очевидно при столь низком цифровом разрешении (0,3 Мпикс) невозможно получить изображение даже для органолептической оценки поверхности. Величина разрешения объясняется относительно малым диаметром отверстия, ограничивает размеры устройства для исследования, что, в свою очередь, напрямую влияет на размеры цифровой матрицы и ограничения по разрешению.

Для поставленных задач рационально применение оптических бороскопов в кооперации с профессиональным цифровым фотоаппаратом – в данном случае основным ограничивающим фактором служит лишь качество линз.

Хотя применение эндоскопов в качестве инструментов для определения степени износа затруднено как технологическими, так и техническими причинами, существуют методы определения износа, использующие эндоскопы.

Авторам неизвестен комплексный метод определения износа поверхностей, позволяющий проводить оперативный анализ степени износа, реализованный в виде аппаратно-программного комплекса. Однако существуют предпосылки к созданию подобных методов.

Компания Митсубиши получила патент на «Устройство обработки, предотвращения столкновений и измерения заготовок» [4]. Устройство, описанное в данном патенте, способно получить данные об измеряемом объекте в трехмерных координатах бесконтактным способом и на основе этих данных построить ячеистую структуру исследуемого объекта с помощью разделения поверхности на полиэдры. Далее возможно получение координат измеряемого участка поверхности, основываясь на расстоянии между измерительным прибором и измеряемым участком. Сопоставляя полученные данные, возможно получить профиль поверхности.

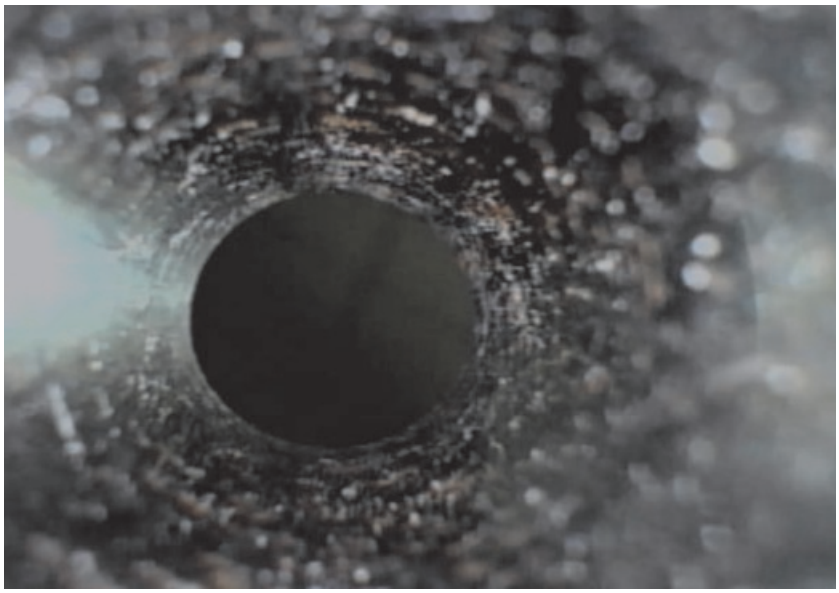

Рис. 5. Изображение, полученное с помощью оптоволоконного эндоскопа

Теоретическая и экспериментальная оценка методов оптического контроля качества в машиностроении показала, что не существует универсального метода, применение которого позволило бы оперативно и с достаточной степенью точности определить качество поверхности. Авторам неизвестны существующие методы оценки качества поверхности отверстий, имеющих сравнительно малый диаметр (например, 8 мм) без разрушения самой детали. Требуется разработка комплексного аппаратно-программного универсального способа контроля качества поверхности.

Работа выполнялась при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Бутов Н.П., Ковальков С.В., Полуян С.А. Экспресс-метод определения износа узлов трения машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 10. – С. 15–17.

2. Патент – № CN 101670533 – Cutting-tool wear state evaluating method based on image analysis of workpiece machining surface/ Yonghong Zhang Опубл. 17.03.2010.

3. Патент – № WO 2010134034 – Method for assessing the level of wear of a conveyor belt / Vidal quevedo guillermo [cl]; Serpell carriquiry daniel [cl]; Breuer narvaez reiner [cl]; Ramirez mancilla jaime [cl] Опубл. 25.11.2010.

4. Патент – Kawauchi Naoto [JP]; Sasano Yuichi [JP]; Asano Shin [JP]; Kura Kenji [JP]; Matsushita Hirokazu [JP]; Matsumura Akihiko [JP]; Higuchi Masaru [JP] // Work-piece measuring device, collision preventing device, and machine tool.

5. http://www.taylor-hobson.com/ (дата обращения: 02.04.2012).

References

1. N.P. Butov, S.V. Kovalkov, S.A. Mechanization and agriculture electrification – Polujan Express method of cars friction knots wear determination, 2000, no.10, pp 15–17.

2. Patent – № CN 101670533 – Cutting-tool wear state evaluating method based on image analysis of workpiece machining surface/ Yonghong Zhang Published 17.03.2010.

3. Patent – № WO 2010134034 – Method for assessing the level of wear of a conveyor belt / Vidal quevedo guillermo [cl]; Serpell carriquiry daniel [cl]; Breuer narvaez reiner [cl]; Ramirez mancilla jaime [cl] Published 25.11.2010.

4. Patent – Kawauchi Naoto [JP]; Sasano Yuichi [JP]; Asano Shin [JP]; Kura Kenji [JP]; Matsushita Hirokazu [JP]; Matsumura Akihiko [JP]; Higuchi Masaru [JP] // Work-piece measuring device, collision preventing device, and machine tool.

5. http://www.taylor-hobson.com/ (address date: 02.04.2012).

Рецензенты:

Васильев А.В., д.т.н., профессор, директор Института химии и инженерной экологии Тольяттинского государственного университета, г. Тольятти;

Горшков Б.М., д.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электротехнические комплексы и системы» ГОУ ВПО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти.

Работа поступила в редакцию 25.04.2012.