

УДК 681.78

Л.А. Глеч, доцент, канд. техн. наук*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина 99053**E-mail: ps@sevgtu14.sebastopol.ua***КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Рассматриваются возможности бесконтактного метода оценки качества поверхностей керамических подложек.

Для оценки качества поверхностей различных объектов после соответствующей технологической обработки широко используются контактные измерения. В этих случаях наибольшая доля принадлежит контролю параметров механических колебаний, которые по своей природе могут быть стационарными случайными или нестационарными. Стационарные случайные колебания протекают во времени примерно однородно с одинаковым рассеиванием вокруг некоторого среднего значения. Нестационарные случайные колебания характеризуются тем, что их статические свойства меняются во времени случайно, однако, если изменение статических свойств происходит медленно, то большинство исследуемых случайных колебаний на практике можно считать стационарными. Для описания и анализа таких нестационарных колебаний нужно учитывать изменение их статических свойств во времени.

Целью данной работы является исследование возможностей оценки геометрических свойств объекта контроля на основе математического анализа сканограмм.

Профиль поверхности детали в момент измерения – величина неизменная, хотя сигнал на выходе измерительного преобразователя функционально зависит от геометрии самого профиля и от скорости сканирования, так как, передвигаясь по поверхности, сканирующее устройство совершает колебания в такт с микрогеометрией профиля и осуществляет преобразование рельефа в сигнал определенной частоты и амплитуды.

После механической обработки деталей профили их поверхностей имеют неровности сложного характера, оказывающие существенное влияние на эксплуатационные показатели. Различают три вида неровностей, которые характеризуются значениями отклонений шага S неровностей к их высоте h :

- макронеровности, представляющие собой отклонения поверхности от правильной геометрической формы;
- волнистость, характеризующуюся периодически повторяющимися неровностями, шаг которых значительно превышает их высоту;
- микронеровности или шероховатости, представляющие собой совокупность неровностей с относительно малым шагом.

Неровности с отношением $S/h < 50$ характеризуют шероховатость поверхности, $1000 \geq S/h \geq 50$ – волнистость и при $S/h > 1000$ – отклонения формы.

Любой процесс обработки поверхностей создает свою микрогеометрию профиля, причем, размеры микровыступов и их распределение по поверхности носят случайный характер. Поэтому нельзя оценить шероховатость поверхности по одной точке касания.

Выбор места измерения на поверхности детали также является случайным процессом, причем, для получения достоверных значений параметров шероховатости, измерения нужно производить на участке определенной длины. Каждый из параметров шероховатости находят из совокупности полученных результатов. При замере в другом месте на той же поверхности результаты могут отличаться от предыдущих на определенную величину. Это говорит о том, что результаты замеров значений параметров шероховатости являются величинами приближенными, хотя и с допускаемой точностью характеризующими качество поверхности. Практика показывает, что достаточное число повторных измерений шероховатости на различных участках поверхности детали равно 5...7.

При исследовании качества поверхности контактными методами происходит сглаживание выступов, смещение вершин, изменение высоты микронеровностей, вызываемое погрешностью преобразования измерительными устройствами профиля поверхности в сигнал соответствующей частоты и амплитуды, по которому и находят параметры шероховатости. Это приводит в конечном итоге к погрешностям оценки параметров шероховатости.

Данные погрешности можно существенно снизить, используя в качестве инструмента лазерное излучение. Специфические характеристики лазерного излучения открывают широкие возможности для использования его в измерительной технике, где операции контроля поглощают до 80 % общественного труда, затрачиваемого на производство изделий. Применение лазерного излучения на этих операциях позволяет не только повысить точность, достоверность и скорость измерений, но и в ряде случаев дает возможность впервые осуществить количественную оценку характеристик сложных процессов и явлений.

Приборы и устройства на основе лазерного излучения нашли широкое применение в линейно-угловых измерениях для оценки перемещений, размеров и отклонений одновременно нескольких деталей, контроля установки и износа инструмента, отклонений от круглости или биений цилиндрических деталей. Сканирующее лазерное излучение может использоваться для дистанционной оценки толщины крупногабаритных объектов, что особенно актуально в металлургическом производстве, характеризуемом высокими температурами [1].

Бесконтактный метод измерения, реализуемый лазерным излучением, обеспечивает его широкое использование в машиностроении и особенно в прецизионном приборостроении, где предъявляются повышенные требования к качеству поверхностей объекта контроля. Особенно перспективно использование лазерного излучения при разработке средств измерений для контроля керамических подложек, используемых в производстве интегральных микросхем. Приповерхностные слои подложек не должны иметь нарушений кристаллической структуры. К их геометрическим характеристикам предъявляются жесткие требования, особенно к их плоскостности, прогибу, параллельности сторон, шероховатости рабочей поверхности. Обеспечить качественный контроль этих параметров контактными средствами измерений практически невозможно.

В лазерных приборах и системах контроля этих параметров лазерный луч используется в качестве оптического зонда, позволяющего бесконтактно оценить качество обработанной поверхности. Лазерный профилометр обеспечивает более высокую точность измерений по сравнению с традиционными профилографами, основанными на механическом ощупывании контролируемой поверхности.

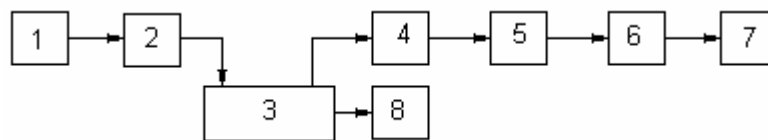


Рисунок 1 – Блок-схема прибора для оценки шероховатости

На рисунке 1 изображена блок-схема лазерного профилометра для оценки шероховатости поверхности. Луч гелий-неонового лазера 1 с помощью оптической системы 2 фокусируется на исследуемую поверхность 3, перемещаемую с помощью устройства 8. Часть отраженного светового потока через бинарный фильтр 4 поступает на приемник излучения 5, выходной сигнал с которого пропорционален изменению интенсивности спектр-структуры в выбранной зоне плоскости наблюдения.

Нарушение упорядоченности структуры может быть всегда представлено функциями смещения, поворота и нарушения периодичности, т.е. соответственно функциями $f(y, x)$, $f(\alpha, \beta)$, $P(y, x)$ [2].

Для анализа сканогаммы используется аппарат теории случайных процессов. Случайный процесс $z(t) = I[\lambda(x\{y\})]$ может быть описан его n -мерной плотностью вероятности

$$P_n(z_1, z_2, \dots, z_n; t_1, t_2, \dots, t_n).$$

Известно, что любая действительная непрерывная и кусочно-гладкая функции могут быть разложены в ряд Фурье на интервале $(-T, T)$. Поэтому, если случайный процесс $z(t)$ отвечает этим требованиям, то можно получить

$$\overset{\circ}{z}(t) = \sum_{R=0}^{\infty} (U_R \cos \omega_R t + V_R \sin \omega_R t), \quad (1)$$

где $\overset{\circ}{z}(t)$ – центрированная случайная функция.

Здесь U_R, V_R – некоррелированные случайные величины с математическим ожиданием, равным нулю, и дисперсией

$$\begin{aligned} D(U_R) &= D(V_R) = D_R; \\ D_0 &= \frac{1}{T} \int_0^T R_z(\tau) d\tau; \\ D_R &= \frac{2}{T} \int_0^T R_z(\tau) \cos \omega_R \tau d\tau, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\tau = t_2 - t_1$; $R_z(\tau) = R_z(t_1, t_2)$ – функция, зависящая только от разности $\tau = t_2 - t_1$; ω_R – дискретные угловые частоты с интервалом.

Спектральная плотность получается при переходе от дискретного к непрерывному разложению через интеграл Фурье. При этом функция спектральной плотности $S_z(\omega)$ стационарного эргодического процесса связана с корреляционной функцией $R_z(\tau)$ этого процесса парой преобразований Фурье:

$$S_z(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R_z(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau;$$
$$R_z(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_z(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega. \quad (3)$$

Вычислитель 6 осуществляет получение следующих параметров: математического ожидания, дисперсии, среднеквадратического отклонения, коэффициента асимметрии, эксцесса, взаимной корреляционной функции для оценки микрогеометрических свойств поверхности, указанных в конструкторско-технологической документации. Результаты вычислений выводятся на индикатор 7 в цифровом виде.

Если технические требования специально не устанавливают направления доминирующих неровностей, то регламентируются иные параметры шероховатости поверхности и базовой длины, в пределах которых определяется техническое состояние поверхности, а также устанавливается соответствие другим критериям качества выполнения технологических формирующих операций, что легко реализуется с помощью предложенного математического аппарата.

Качественный контроль рабочей поверхности подложек позволяет на ранних стадиях отбраковать потенциально негодные изделия, предопределить обеспечение выпуска заданного количества годной продукции требуемого качества, что в конечном счете позволяет повысить эффективность производства, снизить долю сборки бракованных изделий, экономя материальные и трудовые ресурсы.

Использование данного подхода к оценке различных параметров качества поверхностей на основе математического анализа сканогамм с учетом формул (1) – (3) и статистических характеристик случайных процессов открывает широкие возможности для развернутого диагностирования объектов с увеличением достоверности и стабильности контроля и позволяет перейти к автоматизации процесса определения годности деталей с частичной или полной заменой оператора и оперативным корректированием процесса производства.

Кроме того, анализ качества поверхностей по предлагаемой схеме позволяет совершенствовать программное обеспечение автоматизированного процесса, расширять его дополнительными программными модулями с более детальным представлением параметров, необходимых в каждом конкретном случае.

Библиографический список

1. Коваленко В.С. Применение лазеров в машиностроении / В.С. Коваленко, В.П. Котляров, В.П. Дятел. — Киев: Вища шк., 1988. — 162 с.
2. Лопухин В.А. Автоматизация визуального технологического контроля в электронном приборостроении / В.А. Лопухин, А.С. Гурылев. — Л.: Машиностроение, 1989. — 287 с.

Поступила в редакцию 23.06.2008 г.