

Е. А. ФИЛИМОНОВА, О. С. ЮЛЬМЕТОВА, С. Д. ТРЕТЬЯКОВ

ОЦЕНКА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНЫХ ТОПОГРАФИЙ

Представлены графические (непараметрические) критерии оценки шероховатости поверхности на базе трехмерных топографий. Разработана программа построения указанных критериев, реализованная в среде MatLab.

Ключевые слова: шероховатость, непараметрический критерий, трехмерная топография.

На функциональные свойства различных изделий существенно влияет микрогеометрия их поверхностей [1]. С целью повышения качества изготавливаемых деталей, имеющих функциональные показатели, существенно зависящие от шероховатости поверхности, необходимо определить микрогеометрию последней. Несмотря на многочисленные исследования задача оптимизации микрогеометрии остается нерешенной, поскольку полученные результаты носят в лучшем случае частный характер и оказываются невоспроизводимыми при малейшем изменении условий реализации технологии обработки поверхностей по сравнению с условиями эксперимента.

В работах профессора В. А. Валетова доказано, что с помощью существующих параметрических стандартов нельзя решить задачу оптимизации микрогеометрии поверхностей для их конкретных функциональных свойств [2, 3].

На рис. 1 представлены микрофотографии (а, б), профили (в, г) и параметры шероховатости (д, е) двух различных поверхностей с разными функциональными свойствами (оптическими коэффициентами отражения меток, сформированных методом лазерного маркирования), однако стандартные параметры микрогеометрии этих поверхностей одинаковы (см. рис. 1, д, е).

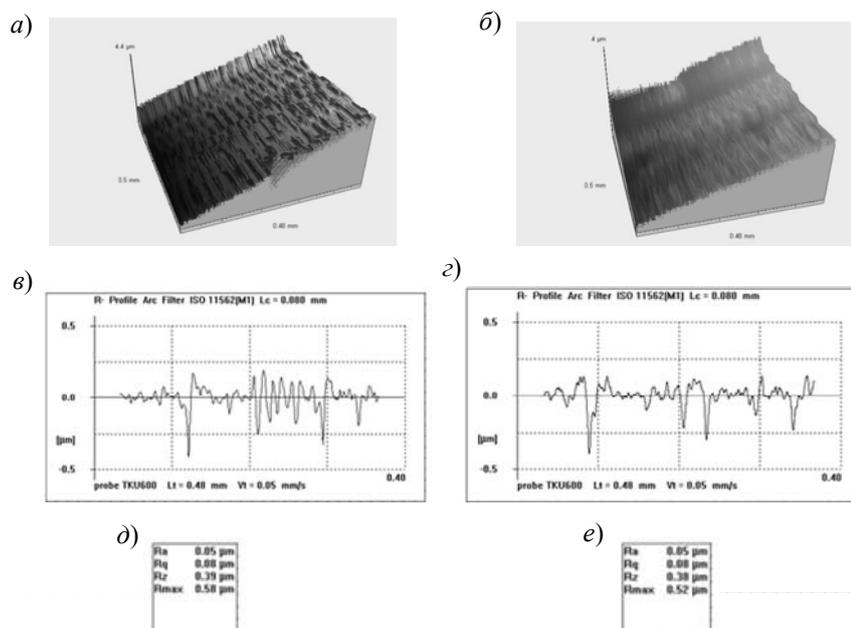


Рис. 1

Очевидно, что использование микрофотографий поверхностей в качестве критериев оценки и контроля их микрогеометрии является наиболее эффективным [4]. В настоящей работе предложена методика оценки и контроля микрогеометрии поверхностей на основе непа-

раметрических критериев — графических изображений эмпирических плотностей распределения ординат (или тангенсов углов наклона) микро топографии.

На рис. 2 представлены микро топография модели исследуемой поверхности (а), результат разбиения микро топографии на слои (б; I, II, III) и плотность распределения ординат топографий $H(y)$ (в), где H — отношение числа ординат, попавших в слой, к общему числу ординат трехмерной топографии (H_I — 3/19, H_{II} — 9/19, H_{III} — 7/19); y_i — значения ординаты для i -го слоя. Аналогично графику плотности распределения ординат строится график плотности распределения тангенсов углов наклона α трехмерных топографий $H(\operatorname{tg}\alpha)$. При сравнении нескольких микро топографий следует осуществлять построение указанных кривых в едином масштабе.

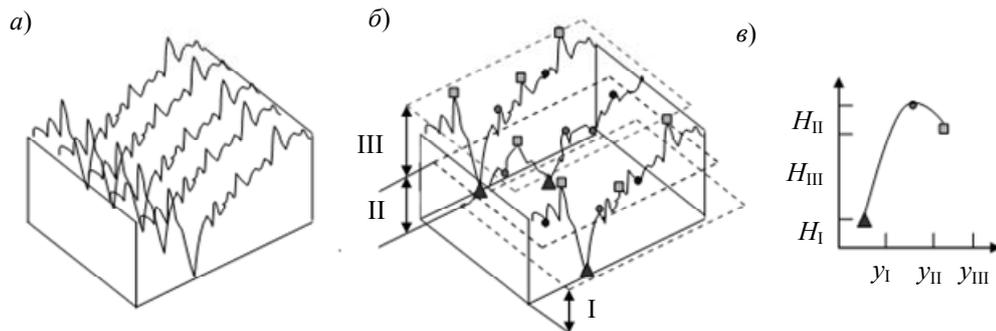


Рис. 2

Для оценки микрогеометрии поверхности с помощью графических критериев в среде MatLab [4] была разработана программа [5].

Как видно из рис. 1, использование параметрических критериев для анализа шероховатости прецизионной поверхности неэффективно. Наиболее полную информацию о характере поверхности несет ее трехмерная топография, которая может быть построена с помощью приборов осязающего типа (например, измерительной станции Hommel Tester T8000) либо с использованием средств сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ Nanoeducator).

Практическое использование методики оценки микрогеометрии начинается с измерения шероховатости поверхности прибором осязающего типа и сохранения координат микро топографии в виде текстового файла (эта функциональная возможность включена в меню любого современного прибора, предназначенного для исследований микро топографий поверхностей). После этого осуществляется загрузка txt-файла в среду MatLab при помощи функции `load` ('имя файла', '-ascii'), в виде матрицы с тремя столбцами. В первом столбце приведены координаты перемещения шупа прибора по оси X , во втором — по оси Y , в третьем — по оси Z . Построение графика плотности распределения ординат осуществляется с помощью функции `hist`.

Ниже приведен фрагмент кода программы, позволяющей:

- 1) осуществить загрузку файла с расширением .txt

```
P=load('topography.txt','-ascii');
```

- 2) получить координаты шупа прибора по осям X, Y, Z

```
X=P(:,1); Y=P(:,2); Z=P(:,3);
```

- 3) построить эмпирическую плотность распределения ординат трехмерной топографии

```
[m,n]=hist(Y,10);
```

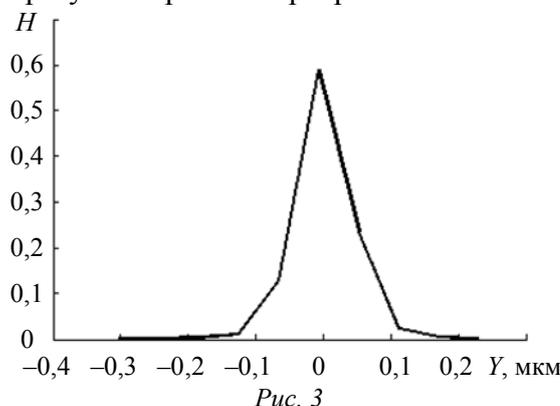
- 4) осуществить нормирование эмпирической плотности распределения ординат трехмерной топографии

```
m=m./length(Y);
```

5) вывести график кривой в отдельном окне

```
figure(1)
plot(n,m,'black','LineWidth',1.5)
hold on
xlabel('Y,mkm','FontSize',14);
ylabel('H','rotation',0,'FontSize',14).
```

На рис. 3 представлен результат работы программы.



Разработанная программа позволяет визуализировать предложенные непараметрические характеристики микрогеометрии — плотность распределения ординат и тангенсы углов наклона трехмерных топографий. Предложенный подход дает возможность перейти от субъективной зрительной оценки топографий к объективной компьютерной и контролю с использованием максимально информативных критериев — микро топографий поверхностей. Примером тому может послужить работа [4], в которой предложена процедура оптимизации шероховатости поверхности электростатического гироскопа для функционального свойства „контрастность“ [4].

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31097.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Waletow W., Staufert G.* Moderne Methoden der Oberflaechenforschung // Technische Rundschau. 1981. N 10. S. 5—7.
2. *Valetov W. A., Grabow J.* Neue Verfahren auf dem Gebiet der Analyse und Kontrolle der Oberflaechenmikrogeometrie // 41 Intern. Wissenschaftliches Kolloquium. 1996. Bd 2. S. 622—625.
3. *Valetov W. A., J.Grabow., S. Tretiakow.* Zur experimentuellen Erforschung der Mikrogeometrie von Reibungsobertlaechen // 47 Intern. Wissenschaftliches Kolloquium. 2002. Tagussband. S. 403—404.
4. *Юльметова О. С.* Разработка технологических методов управления функциональными характеристиками узлов гиросприборов: Дис. ... канд. техн. наук. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. 120 с.
5. *Юльметова О. С., Юльметова Р. Р., Сисюков А. Н.* Разработка программы в среде MatLab для обработки и анализа микрогеометрии поверхности // Сб. тр. конф. молодых ученых. Вып. 2. Биомедицинские технологии, мехатроника и робототехника. СПб: СПбГУ ИТМО. 2009. С. 300—304.

Сведения об авторах

- Сергей Дмитриевич Третьяков** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: tretiserge@mail.ru
- Ольга Сергеевна Юльметова** — канд. техн. наук; ОАО Концерн ЦНИИ „Электроприбор“, Санкт-Петербург; старший научный сотрудник; E-mail: olga@yulmetova.ru
- Елена Алексеевна Филимонова** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: chiffa44@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
09.04.14 г.