
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

УДК 621.81.004.17:620.191.355.001.5

В. А. ВАЛЕТОВ, А. Ю. ИВАНОВ

МИКРОГЕОМЕТРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Обоснована целесообразность использования непараметрического подхода к решению задач оптимизации характеристик поверхностного слоя деталей для различных функциональных свойств поверхностей.

Ключевые слова: микрогеометрия поверхностей деталей, характеристики поверхностного слоя деталей, оптимизация характеристик поверхностного слоя, измерение, контроль.

Как известно, в 1975 г. официально был введен в действие ГОСТ 2789-73 на шероховатость поверхностей деталей и сразу стала сказываться его полная метрологическая необеспеченность, которая, в несколько меньшей степени, сохранилась до сих пор. Однако это не главная проблема параметрических стандартов: в большинстве зарубежных стран введение аналогичных стандартов сопровождалось полным метрологическим обеспечением, но практический результат один — невозможность оптимизации микрогеометрии поверхностей деталей для их конкретных функциональных свойств.

Ранее шероховатость поверхностей деталей регламентировалась с помощью классов шероховатости, а их соответствие требованиям чертежей оценивалось визуально. Главным недостатком такого метода является несовершенство зрения и неоднозначность мнений людей, т.е. субъективизм, а ныне действующие стандарты имеют, по нашему мнению, еще больший недостаток — слишком низкую информативность своих параметрических критериев оценки и контроля шероховатости поверхностей.

Оптимизация микрогеометрии практически невозможна без обязательного выполнения следующих четырех условий:

- оптимальную микрогеометрию для интересующего функционального свойства поверхности нужно знать;
- известную оптимальную микрогеометрию нужно точно задать на чертеже детали (нормировать);
- необходимо иметь возможность технологически обеспечить при изготовлении детали заданную на чертеже микрогеометрию;
- нужно иметь возможность быстро, точно и с приемлемыми экономическими затратами проконтролировать полученную при изготовлении детали микрогеометрию.

Использование существующих параметрических стандартов делает практически невыполнимым второе условие, поскольку для точного описания профиля поверхности требуется от трех (в простейшем случае) до двадцати пяти параметров. Непригодность этих стандартов для оптимизации микрогеометрии наглядно демонстрирует пример, приведенный на рис. 1, где изображены профили двух зеркально противоположных поверхностей.

Все практически используемые параметры шероховатости, например R_a и R_z , для этих профилей абсолютно одинаковы, а неодинаковость функциональных свойств, зависящих от микрогеометрии, для таких поверхностей не требует доказательств. В реальности R_a и R_z характеризуют всего лишь степень „гладкости“ поверхности, чего явно недостаточно для описания большинства ее функциональных свойств.

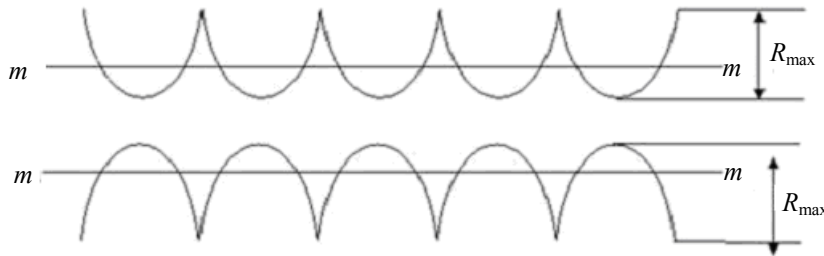


Рис. 1

Следует подчеркнуть условность в данном случае термина „оптимизация“ микрогеометрии. В действительности речь может идти только о нахождении лучшей микрогеометрии из возможных в условиях конкретного производства. Тем не менее пренебрегать возможностью и такой „оптимизации“ — это большое расточительство. Дело в том, что уже доказано существенное влияние микрогеометрии на два десятка функциональных свойств поверхностей. Но даже для доказанных случаев при использовании существующих параметрических стандартов процесс оптимизации микрогеометрии практически не реализуем.

Неэффективность применения стандартных параметров шероховатости поверхностей стала очевидной уже давно. Это доказывают множество публикаций отечественных и зарубежных авторов [1—11], которые либо предлагали все новые параметры, либо пытались изобрести так называемый комплексный параметр, обеспечивающий корреляцию с конкретными функциональными свойствами поверхностей. В теории случайных функций и случайных полей давно доказана бесперспективность таких попыток.

В семидесятых годах XX в. нами впервые был предложен новый метод оценки и контроля микрогеометрии поверхностей деталей, который был назван непараметрическим. В многочисленных публикациях были рассмотрены все необходимые для практического использования аспекты этого метода [12—24]. У авторов нет информации о каком-либо опубликованном доказательстве неприемлемости предложенного метода или хотя бы отрицательном отзыве на эти публикации, поэтому о причинах „прохладного“ отношения к этому методу можно только догадываться.

Так как в немногочисленных пока случаях практического применения непараметрического подхода к оценке и контролю характеристик поверхностного слоя деталей (не только микрогеометрии [20]) получены положительные результаты, считаем целесообразным кратко повторить сущность и методику практического использования этого метода применительно к оптимизации микрогеометрии поверхностей деталей приборов и машин.

Сущность предложенного метода заключается в использовании в качестве критериев оценки и контроля микрогеометрии поверхностей деталей графических изображений различных функций. В менее „ответственных“ случаях это могут быть графики опорных кривых (кривых Аббота) и функций распределения ординат или тангенсов углов наклона профилей, а для более точной оценки и контроля — графики плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей. При создании программ распознавания графических изображений в качестве критериев лучше использовать графики самих профилей и в пределе — графические изображения микро топографии поверхностей. Последнее практически означает возврат к комплексной оценке, характерной для ранее использовавшихся образцов шероховатости, но с исключением субъективизма оценки, поскольку все операции предполагают полную компьютеризацию процесса.

Для исследования влияния исходной микрогеометрии на конкретное функциональное свойство поверхности изготавливается максимально возможное количество испытуемых образцов, которые будут различаться только исходной микрогеометрией. Практически это означает, что изготавливаются образцы одинаковых размеров и формы (желательно стандартных) из одной и той же партии конструкционного материала, обладающего практически одинаковыми химическими, физическими, механическими и технологическими свойствами. Для создания разного исходного микрорельефа на каждом образце используются различные (из доступных) методы и режимы обработки. Для исключения влияния побочных факторов, например, разной степени наклепа, все образцы после создания на них различного исходного микрорельефа целесообразно подвергнуть термообработке для снятия остаточных напряжений. С целью повышения достоверности эксперимента для каждого варианта исходного микрорельефа желательно изготовить несколько одинаковых образцов. Все изготовленные вышеуказанным способом образцы подвергаются одинаковому функциональному воздействию с контролем характеристик этого функционального свойства. В результате испытаний выявляются образцы, показавшие различный уровень функционального свойства поверхности, в том числе наивысший. Микрорельеф такого наилучшего образца принимается в качестве оптимального для данного функционального свойства*.

Определив в результате эксперимента наилучший из возможных микрорельефов для данного функционального свойства поверхности, можно автоматически получить и технологические методы его воспроизведения. База данных по установлению оптимальной микрогеометрии и технологических методов ее обеспечения со временем может настолько наполниться, что не потребуются проведения специальных экспериментов, а можно будет воспользоваться уже имеющимися в базе данных сведениями.

До начала испытаний серии образцов на конкретное функциональное воздействие с рабочей поверхности каждого образца необходимо снять профиль, по соответствующей программе обработать его на компьютере и результаты обработки занести в базу данных.

Любой непараметрический критерий, например, график функции плотности распределения ординат профиля (или кривую Аббота), полученный для профиля лучшего по результатам испытаний образца, следует использовать в качестве эталона. В зависимости от степени важности изделия можно установить любой конкретный допуск на отклонение непараметрического критерия контролируемого образца от эталонного критерия. На рис. 2 представлена эталонная плотность распределения ординат профиля с допуском на возможные ее отклонения (Y_i — текущая ордината профиля, W — вероятность появления этой ординаты).

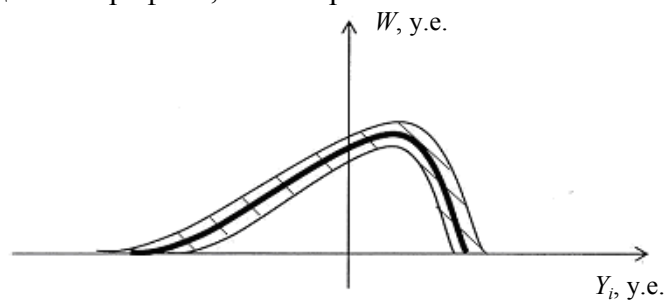


Рис. 2

При контроле микрогеометрии любого серийного образца достаточно совместить соответствующий непараметрический критерий, полученный для его профиля, с эталоном. Если графическое изображение непараметрического критерия не выходит за пределы допуска относительно эталона, контролируемую микрогеометрию следует отнести к удовлетворитель-

* При изготовлении образцов с разной исходной микрогеометрией виды и режимы обработки каждого образца должны быть зафиксированы.

ной. При выходе непараметрического критерия контролируемой микрогеометрии за пределы допуска изделие следует браковать по требованиям к шероховатости поверхности.

Как было указано выше, установлено существенное влияние микрогеометрии на два десятка функциональных свойств поверхности. Для нормирования оптимальной микрогеометрии необходимо каждому такому функциональному свойству присвоить постоянный номер. Этот номер следует проставлять на знаке шероховатости, форма которого не имеет принципиального значения, вместо не имеющих практического смысла параметрических критериев. Таким образом, следует нормировать конкретное функциональное свойство поверхности. Эта методика содержит в себе дополнительную внутреннюю логику. Если современный конструктор, проставляя на чертеже значения каких-либо параметров шероховатости, иногда даже не знает их сути, то нормирование функциональных свойств исключает такое „слепое“ нормирование. Многие конструкторы могут забыть физический смысл используемых ими параметров шероховатости, в основном в силу практической бессмысленности последних, но трудно себе представить конструктора, который не знает функционального назначения создаваемого им изделия. Это является еще одним существенным доказательством целесообразности нормирования микрогеометрии по функциональным свойствам поверхности.

В поставленной проблеме есть еще один важный нюанс. Действующие стандарты обязывают нормировать, а значит и контролировать, микрогеометрию всех без исключения поверхностей деталей. Какой смысл нормировать и контролировать микрогеометрию нефункциональных поверхностей или поверхностей, функциональные свойства которых не зависят или не существенно зависят от их микрогеометрии? Это еще один довод в пользу целесообразности коренного изменения стандартов на микрогеометрию поверхностей деталей приборов и машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валетов В. А. Возможные критерии оценки шероховатости обработанных поверхностей // Тр. ЛКИ. 1976. Вып. 108. С. 135—140.
2. Валетов В. А. О практической пригодности некоторых критериев для оценки шероховатости поверхности // Технология корпусостроения, судового машиностроения и сварки в судостроении. Л.: ЛКИ, 1978. С. 62—65.
3. Валетов В. А. Использование новых критериев для оценки микрогеометрии поверхностей деталей машин // Технологическое управление качеством обработки и эксплуатационными свойствами машин. Киев: Институт сверхтвердых материалов АН УССР, 1980. С. 23—25.
4. Валетов В. А. Влияние исходной микрогеометрии на коэффициент сопротивления качению и долговечность роликовых направляющих // Трение и износ. 1982. Т. III, № 5. С. 914—918.
5. Валетов В. А. Влияние фильтрации профиля на правильность оценки зависимости функциональных свойств поверхности от ее микрогеометрии // Вопросы изготовления, сварки и монтажа судостроительных конструкций. Л.: ЛКИ, 1982. С. 144—149.
6. Валетов В. А. Изменение микрогеометрии поверхностей трения деталей цилиндро-поршневой группы судовых дизелей в процессе их работы // Трение и износ. 1983. Т. 4, № 6. С. 1104—1107.
7. Валетов В. А. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей в приборостроении. Л.: ЛИТМО, 1989. 100 с.
8. Валетов В. А. Целесообразность изменения стандарта на шероховатость поверхностей деталей // Машиностроение и автоматизация производства. Межвуз. сб. № 6. СПб: СЗПИ, 1997. С. 118—121.
9. Валетов В. А., Иванов С. Ю. Проблемы комплексной оценки и контроля характеристик поверхностного слоя деталей машин и приборов // Фундаментальные и прикладные проблемы теории точности процессов, машин, приборов и систем. СПб, 2002. С. 164—167.
10. Витенберг Ю. Р. Система характеристик шероховатости поверхности // Вестн. машиностроения. 1970. № 11. С. 56—58.

11. Демкин Н. Б., Курова М. С. Распределение выступов и впадин профиля шероховатости поверхности // Изв. вузов. Машиностроение. 1975. № 7. С. 58—62.
12. Крагельский И. В., Комбалов В. С. Расчет величины стабильной шероховатости после приработки (упругий контакт) // ДАН СССР. 1970. Т. 193, № 3. С. 554—556.
13. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 526 с.
14. Крагельский И. В., Рудзит Я. А. Методика определения средних значений радиусов закругления вершин неровностей профиля шероховатости // Приборостроение. 1968. № 3. С. 15—24.
15. Мусалимов В. М., Валетов В. А. Динамика фрикционного взаимодействия. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. 191 с.
16. Рудзит Я. А. Расчет средних значений главных радиусов кривизны вершин микронеровностей // Приборостроение. 1968. Вып. 3. С. 3—14.
17. Рудзит Я. А. О параметрах шероховатости поверхностей, обработанных абразивными инструментами // Вероятностно-статистические основы процессов шлифования и доводки. Л.: СЗПИ, 1974. С. 63—75.
18. Хусу А. П., Витенберг Ю. Р., Пальмов В. А. Шероховатость поверхностей. М.: Наука, 1975. 344 с.
19. Nayak P. R. Random Process Model of Rough Surfaces // G. Lubr. Tech., Trans. ASME. 1971. July. P. 398—407.
20. Sayles R. S., Thomas T. R. Stiffness of Machine Tool Joints: A Random Process Approach // J. Eng. Ind., Trans. ASME. 1977. February. P. 250—256.
21. Waletow W., Stauffert G. Beobachtungen beim Rauheitmessen // Technische Rundschau. 1980. N 50/51. S. 16.
22. Waletow W., Stauffert G. Moderne Methoden der Oberflaechenforschung // Technische Rundschau. 1981. N 10. S. 5—7.
23. Whitehouse D. J., Archard J. F. The Properties of Random Surfaces of Significance in their Contact // Proc. Roy. Soc. London. 1970. Ser. A. N 316. P. 97—121.
24. Waletov 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.

Сведения об авторах

- Вячеслав Алексеевич Валетов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: valeto@tps.ifmo.ru
- Андрей Юрьевич Иванов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: auivanov@mail.ifmo.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.