

С. Д. ТРЕТЬЯКОВ, О. С. ЮЛЬМЕТОВА

О ПРОБЛЕМАХ ОПТИМИЗАЦИИ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИБОРОВ

Рассматривается проблема малой информативности стандартизированных параметрических критериев оценки микрогеометрии применительно к задачам оптимизации микрорельефа поверхностей деталей приборов для конкретного функционального свойства.

Ключевые слова: функциональные свойства, непараметрические критерии оценки, оптимизация микрогеометрии.

Одним из важнейших факторов успешной деятельности предприятия в условиях жесткой рыночной конкуренции является постоянное повышение качества выпускаемой продукции. В приборостроении, где требования к качеству изделий особенно высоки, повышение надежности и долговечности приборов невозможно без обеспечения оптимальной точности и качества поверхностного слоя их деталей.

Существует значительное количество различных по своей сути функциональных свойств, на которые оказывает влияние микрогеометрия поверхностного слоя деталей приборов. При этом создание оптимального микрорельефа поверхности для того или иного функционального свойства позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики приборов, что представляется особенно важным, так как в настоящее время возможности традиционных методов повышения качества изделий, связанных с возрастанием точности размеров и формы поверхности практически исчерпаны и создание оптимального микрорельефа рабочих поверхностей деталей является одним из основных и наиболее эффективных методов повышения качественных показателей машин и приборов.

Исследования по оптимизации микрогеометрии рабочих поверхностей деталей проводятся в течение нескольких десятилетий, в основной своей массе они направлены на решение проблемы с помощью параметрического описания микрогеометрии поверхности. Например, в свое время широкое распространение получила теория о так называемой „равновесной“ шероховатости, под которой принято понимать шероховатость, устанавливающуюся на контактирующих поверхностях при неизменном режиме трения после завершения процесса приработки [1, 2].

Выводы относительно роли „равновесной“ шероховатости в процессах изнашивания при трении, к которым пришли многие исследователи, нашли широкое применение в промышленности. Но, как оказалось, в условиях реального производства применение теории „равновесной“ шероховатости далеко не всегда позволяет достичь наилучших эксплуатационных характеристик при работе деталей приборов на износ. Основной причиной является тот факт, что, базируясь на стандартных критериях оценки микрогеометрии поверхности, которые могут определить лишь отдельные, усредненные, характеристики отклонений реальной поверхности от идеальной, такие исследования не могут дать точной оценки микрогеометрии поверхностей. В большинстве случаев для оценки микрогеометрии поверхностей использовался лишь один из наиболее распространенных параметрических критериев оценки микрогеометрии. Абсолютно очевидна неинформативность таких критериев (тем более применяемых по одиночке), а использование комплексной параметрической оценки шероховатости поверхности на практике нереально.

Таким образом, для того чтобы успешно решить задачу оптимизации микрогеометрии поверхностей, необходимо иметь возможность полного и точного описания микрорельефа

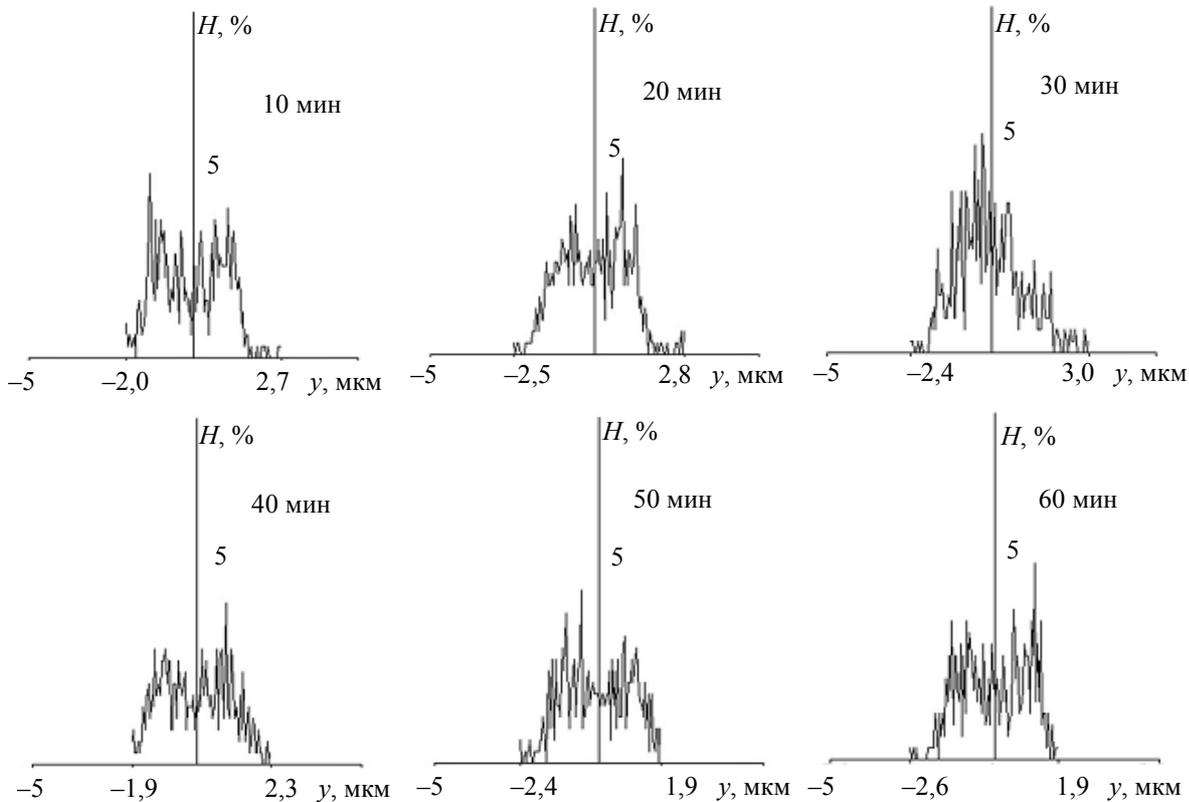
функциональных поверхностей, что практически невозможно при использовании стандартизованных параметрических критериев оценки микрорельефа. Один из авторов гипотезы о „равновесной“ шероховатости, В. А. Комбалов, отмечал, что высотные параметры R_a , R_z , R_q и R_{max} недостаточно полно определяют функциональные свойства поверхностей применительно к проблемам трения и изнашивания. Но предложенный им комплексный критерий оценки шероховатости не мог решить проблему точности в оценке микрорельефа поверхности, поскольку базировался все на тех же параметрических критериях R_a , R_z , R_q и т.д. [1].

Для решения проблемы оптимизации микрогеометрии поверхностей при трении необходимо отказаться от параметрического подхода их оценки и пользоваться более информативными критериями. Известно, что микрогеометрия реальной обработанной поверхности зависит от большого количества различных факторов (вида обработки, ее режима, вибрации технологической системы и т.д.), поэтому ее следует рассматривать как реализацию случайного поля. Значит, профиль поверхности есть реализация случайной функции. Таким образом, самую полную информацию о профиле содержат функции плотности распределения его ординат и углов наклона, и соответственно в качестве критериев оценки микрогеометрии поверхности используются графики этих функций. Такой подход к оценке микрогеометрии, названный „непараметрическим“, был предложен В. А. Валетовым [3]. Непараметрический подход к оценке микрогеометрии функциональных поверхностей позволяет не только решить проблему малой информативности стандартных параметрических критериев, но и открывает перед исследователями новые возможности применения методов оптимизации микрогеометрии поверхностей. Для оценки микрорельефа поверхности могут использоваться графики функции плотности распределения и функции распределения ординат и углов наклона профиля. Использование графиков функций распределения ординат и углов наклона профиля целесообразно применять для приближенной оценки [3]. Разработана целая методика по оптимизации микрогеометрии различных поверхностей, учитывающая непараметрические критерии, что позволяет вывести исследования по оптимизации микрорельефа поверхностей трения—скольжения на „практические рельсы“.

К наиболее часто применяемым непараметрическим критериям оценки микрогеометрии поверхности можно отнести плотность распределения ординат безразмерного профиля и ее функцию, плотность распределения тангенсов углов наклона профиля и ее функцию, плотность распределения ординат профиля и ее функцию. Таким образом, появляется возможность не только более достоверной проверки некоторых выводов и рекомендаций по оптимизации микрогеометрии поверхностей трения, которые были сделаны ранее на основе параметрических критериев, например гипотезы о „равновесной“ шероховатости, но и установить истинную картину изменения микрогеометрии поверхности при трении, что, безусловно, позволит вывести исследования по оптимизации микрорельефа поверхностей на качественно новый уровень.

Как уже было отмечено выше, применение на практике теории о „равновесной“ шероховатости, не всегда обеспечивает оптимальный результат. Можно предположить, что непараметрический подход к исследованию шероховатости позволил бы не только опровергнуть ее, но и выявить истинный характер изменения микрогеометрии поверхностей в процессе их трения. Был проведен ряд экспериментов по испытанию образцов на трение. При неизменных режимах работы пар трения производилось измерение микрогеометрии поверхностей трения с одинаковыми временными интервалами. Соответственно измерения проводились с помощью как стандартизованных параметрических, так и непараметрических критериев оценки. В результате после завершения процесса приработки наблюдалась следующая картина: параметрические характеристики микрогеометрии поверхности оставались на одном уровне, тогда как характер микрогеометрии, который с высокой степенью точности позволили зафиксировать непараметрические критерии, постоянно изменялся [4].

На рисунке представлены графики функций плотности распределения ординат профиля поверхности, микрорельеф которой исследовался после каждых десяти минут работы образцов на трение. Анализируя эти графики, можно заметить, что пикообразный „всплеск“, который представляет собой наиболее характерный для данной поверхности уровень впадин (вершин), циклически смещается то в область впадин, то в область вершин.



Таким образом, очевидно, что непараметрический подход к проблеме оптимизации микрогеометрии позволяет с успехом решать проблемы по оптимизации конкретных функциональных свойств приборов, которые зависят от характера микрорельефа поверхностей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 10-08-00158а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комбалов В. С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ. М.: Наука, 1974.
2. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. М., 1977.
3. Валетов В. А. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей в приборостроении. Л., 1989.
4. Валетов В. А. Изменение микрогеометрии поверхностей трения деталей цилиндропоршневой группы судовых дизелей в процессе их работы // Трение и износ. 1983.

Сведения об авторах

Сергей Дмитриевич Третьяков

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: tretiserge@mail.ru

Ольга Сергеевна Юльметова

— Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; ассистент; E-mail: www.ralli@rambler.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.