

УДК 624.922.024

## **РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИБКОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Гришанин П. А., студент гр. МСм-171, 2 курс  
Научный руководитель: Люкшин В. С., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Шероховатость является одной из важнейших характеристик качества поверхности, оказывающая значительное влияние на эксплуатационные показатели изделия.

В настоящее время деление всех методов и приборов для контроля шероховатости поверхности принято классифицировать на [6]:

1. «Контактные» и «Бесконтактные» – в зависимости от непосредственного способа взаимодействия приборов для измерения, с объектом контроля;
2. «Лабораторные» и «Заводские» – в зависимости от места применения;
3. «Профильные» и «Интегральные» – в зависимости от способа восприятия поверхностных неровностей.

Для исследования характеристик гибкого шлифовального инструмента наиболее приемлемой будет классификация методов и приборов контроля шероховатости поверхности на «Контактные» и «Бесконтактные».

К приборам, работающим по «Контактному» методу контроля шероховатости поверхности относят профилографы и профилометры. Это щуповые приборы работающие по методу ощупывания контролируемой поверхности алмазной иглой [5, 7].

К «Бесконтактным» методам контроля шероховатости поверхности можно отнести: сравнительный метод, растровый метод, методы светового и теневого сечения и интерференционный метод.

Сравнительный метод наиболее простой и широко применяется в цеховых условиях. Метод заключается в визуальном сравнении рабочей поверхности с образцом (эталоном) шероховатости [5]. Образцы должны быть изготовлены из тех же материалов, что и контролируемая деталь в соответствии с ГОСТ 9378-93.

Растровый метод. Для изучения топографии поверхности находят применение растровые электронные микроскопы. Принцип действия растровых электронных микроскопов основан на явлении образования муаровых полос при наложении изображений элементов двух периодических структур (направленных следов обработки и дифракционной решетки). При наличии

неровностей муаровые полосы искривляются. Высоту микронеровностей определяют по степени искривления муаровых полос [13].

При методе светового свечения измерения производятся по следующей схеме: пучок световых лучей, поступающих от источника света через узкую щель шириной около 0,1 мм, направляется объективом под углом  $\alpha$  на контролируемую поверхность. Отражаясь от этой поверхности, лучи через объектив переносят изображение щели в плоскость фокуса окуляра. Если контролируемая поверхность является идеально ровной, то в окуляре щель будет иметь вид светящейся прямой линии. Если на поверхности имеется дефект, то в плоскости окуляра наблюдается искривленная светящаяся линия. Высота микронеровностей измеряется от визирной линии микрометром. Разность отсчетов при совмещении этой линии с верхним и нижним краями неровности считывается с микрометрического барабанчика и позволяет определять значения  $h_i$ , необходимые для расчета  $Ra$  и  $Rz$  [5, 7].

Если на расстоянии 0,1 мм от контролируемой поверхности установить линейку со скошенным ребром, то последнее отсечет часть пучка света, и на контролируемой поверхности будет видна тень, отбрасываемая линейкой. Верхний край тени отражает профиль изучаемой поверхности, который и рассматривают в микроскоп (метод теневого свечения) [5, 7].

Микроинтерференционный метод реализуется с помощью приборов МИИ-4, МИИ-5, МИИ-9, МИИ-10, МИИ-15. Принцип устройства микроинтерферометра В.П. Линника – сочетание интерферометра Майкельсона с измерительным микроскопом, что позволяет в поле зрения микроскопа увеличенное в нужное число раз изображение интерференционной картины и измерять координатным методом вырисовывающиеся неровности с помощью обычного винтового окулярного микрометра. В местах выступов и впадин на исследуемой поверхности интерференционные полосы искривляются. Степень искривления полос и характеризует неровность поверхности [10].

В табл. 1 сведены результаты сравнения самых распространенных методов контроля шероховатости поверхности [3, 5, 6, 10, 12, 13] по таким параметрам как:

1. Диапазон измеряемых высот микронеровностей;
2. Возможность цифровой обработки результатов измерений;
3. Сложность обработки результатов измерений;
4. Режимы работы.

Анализ литературы показал, что ни контактной, ни бесконтактной методик исследования рабочей поверхности гибкого абразивного инструмента в настоящее время не существует.

Однако, применение бесконтактных методов для определения профиля рабочей поверхности гибкого абразивного инструмента целесообразней, чем применение контактных, т.к. при работе контактным методом существует вероятность поломки дорогостоящей иглы.

В свою очередь, бесконтактные методы обладают такими недостатками как:

1. Дорогое и сложное оборудование для контроля шероховатости поверхности;
2. В большинстве случаев сложная обработка полученных данных;
3. Отсутствует возможность цифровой обработки результатов измерений.

Таблица 1

Сравнение технических параметров основных методов контроля шероховатости поверхности деталей

Метод	Диапазон измеряемых высот микронеровностей (мкм)	Возможность цифровой обработки результатов измерений	Сложность обработки результатов измерений	Режим работы: Контактный «+» Бесконтактный «-»
Профилограф	0,8-63	+	Сравнительно низкая	+
Сравнительный бесконтактный метод	$Ra > 1,25$ $Rz > 10$	-	Низкая	-
Метод светового свечения	0,8-62,5	-	Сравнительно низкая	-
Эллипсометрия	0,0003-0,0579	+	Очень высокая	-
Растровая электронная микроскопия	$\geq 0,0004$	+	Очень высокая	-
Атомно-силовая микроскопия	$\geq 0,001$	+	Очень высокая	+
Интерферометрия	$\geq 0,019$	+	Сравнительно невысокая	-

Поэтому для решения данной проблемы был разработан метод бесконтактного исследования рабочей поверхности гибкого абразивного инструмента.

Суть разработанного метода заключается в следующем:

1. Необходимо получить цифровое изображение исследуемой поверхности (в данной работе применялся метод сканирования);
2. Цифровое изображение обрабатывалось в программной среде Photoshop для получения режима градации серого;
3. Полученное изображение импортируется в программную среду MatLAB R2016b в качестве переменной;
4. Обработка цифрового изображения как переменной производится в виде электронной матрицы в программной среде MatLab, что дает возможность

получить такие графики, как: график контуров, график с разделением контуров по уровням, трёхмерный график визуализации данных и другие.

Разработанный метод был проверен при исследовании характеристик абразивной шкурки.

Исследование состояло из следующих этапов:

1. Провести обработку стального стержня абразивной шкуркой;
2. Провести сканирование абразивной шкурки и взвешивание стержня после каждого цикла;
3. Обработать полученные данные.

Условия проведения эксперимента:

Для исследования была взята рельефная абразивная шкурка размером 250\*80 мм марки P1000\*50П2Г 94A16HM358 ГОСТ 6456-82. В качестве образца использовался стальной стержень из Ст3 (НВ 111) Ø33 и длиной L=150 мм. Для измерения разницы масс образца до и после эксперимента использовались весы КС-1000 с точностью измерения 0,01 г. Время цикла ( $t$ ) – 1 минута. Количество циклов ( $n$ ) – 10.

Экспериментальная часть проводилась с помощью специального устройства, схема которого представлена на рис. 1.

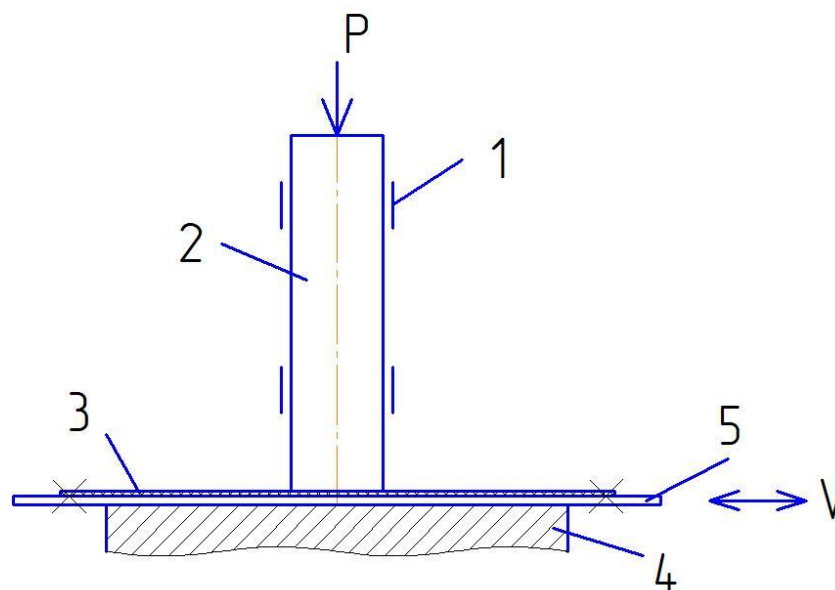


Рис. 1. Схема устройства

Устройство представляет собой платформу 5 с направляющей 1 для образца, который устанавливается на стол 4. На платформу 5 устанавливается испытываемая абразивная шкурка 3, а в направляющую устанавливается образец 2, который своим весом давит на испытываемую абразивную шкурку 3.

Порядок проведения исследования:

Производится сканирование абразивной шкурки размером 250x80 мм для получения исходного состояния. На платформу устанавливается абразивная шкурка. Взвешивается образец на весах с последующей его установкой в направляющую, при этом образец своим весом давит на исследуемую абра-

зивную шкурку. Устанавливается таймер на 1 мин, по его включению начинается возвратно-поступательные движения исследуемой абразивной шкурки, с подсчетом количества двойных ходов платформы. По завершению времени, образец очищается и повторно взвешивается, для определения расхода металла. Исследуемая абразивная шкура тоже очищается и производится её сканирование. Полученные данные записываются и сравниваются с исходными.

Данные полученные в ходе эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний

№ Испытания	Время, мин	Количество двойных ходов	Масса образца, г.	Марка шкурки	Скан. Шкурки
0			969,02	P1000*50П2Г 94А16НМ358 ГОСТ 6456-82	1
1	1	118	969,00		2
2	1	126	968,95		3
3	1	120	968,91		4
4	1	124	968,88		5
5	1	119	968,86		6
6	1	124	968,84		7
7	1	122	968,81		8
8	1	121	968,79		9
9	1	119	968,77		10
10	1	125	968,74		11

В процессе эксперимента после каждого цикла исследуемая абразивная шкурка была отсканирована (рис. 2).

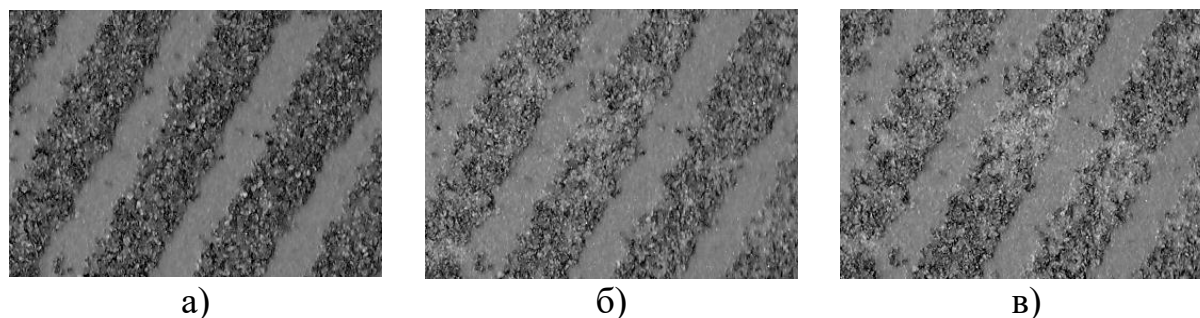


Рис. 2. Состояние исследуемой абразивной шкурки:  
 а) исходное состояние; б) состояние после 5 циклов;  
 в) состояние после 10 циклов.

Программная среда MatLAB позволяют провести обработку полученных цифровых изображений и построить сравнительные графики, показывающие разрез профиля в рабочей поверхности абразивной шкурки (рис. 3), где красной линией показан разрез профиля в исходном состоянии, синей линией разрез профиля после 5 циклов и черной линией разрез профиля после 10

циклов. Видно, что с увеличением количества циклов высота профиля уменьшается.

Так же на основе цифровых изображений были построены графики (рис. 4 и 5) топографии рабочей поверхности исследуемой абразивной шкурки которые дали возможность сравнить исходное состояние с состоянием после 10 циклов, а так же провести дальнейшее исследование рабочей поверхности абразивной шкурки.

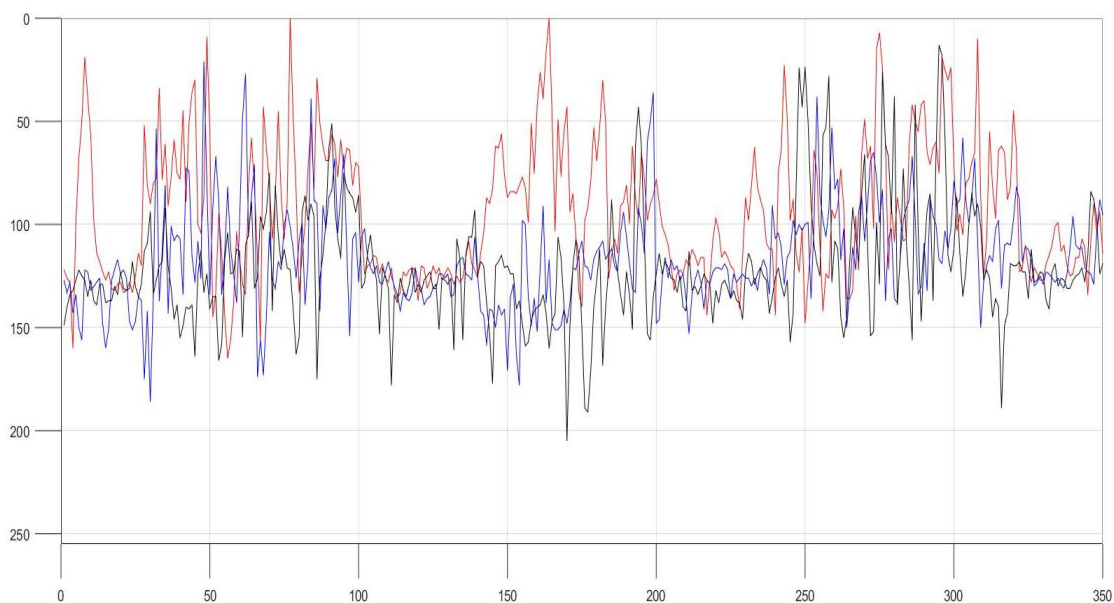


Рис. 3. График разрезов исследуемой абразивной шкурки

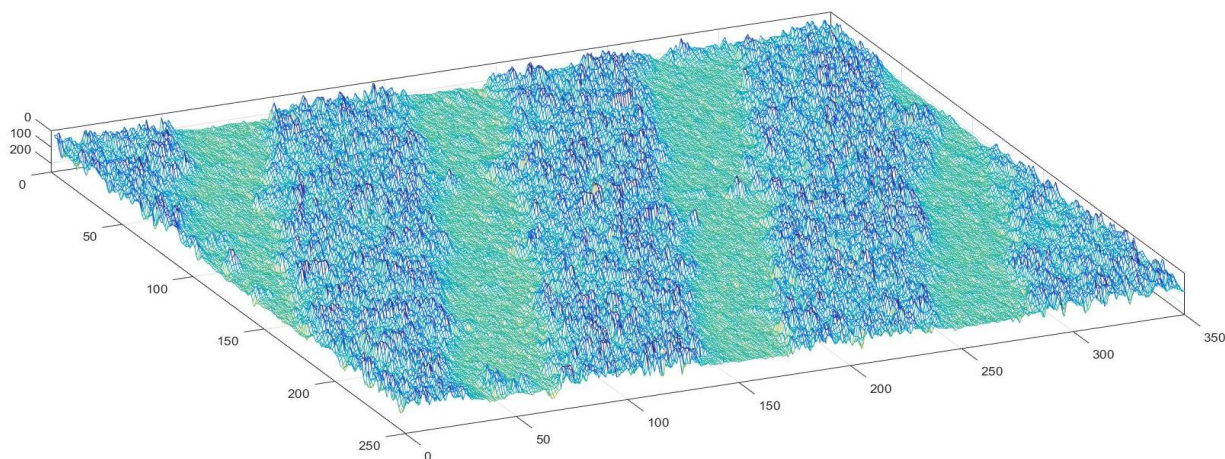


Рис. 4. Топография рабочей поверхности абразивной шкурки (0 цикл)

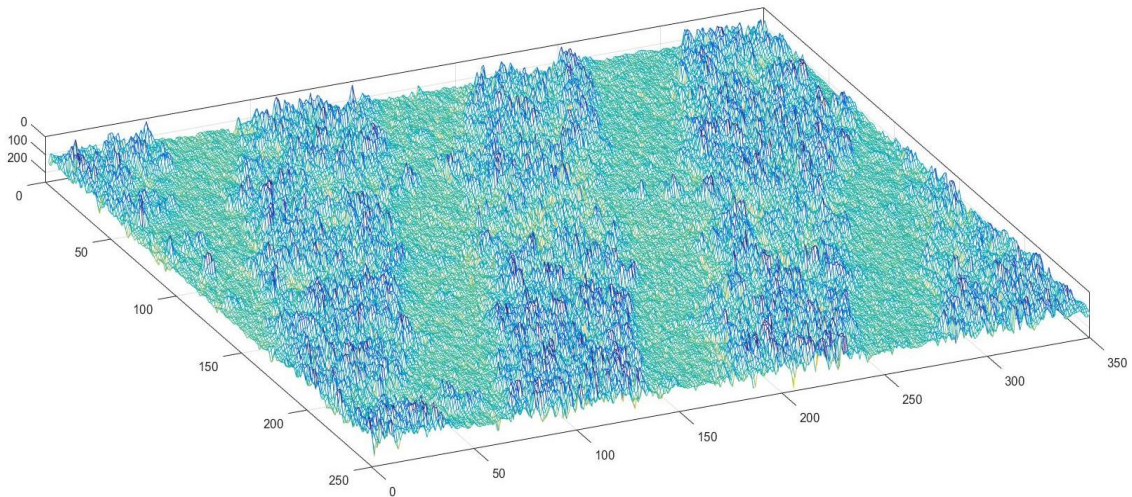


Рис. 5. Топография рабочей поверхности абразивной шкурки (10 цикл)

В качестве заключения следует отметить, что разработанный метод позволяет:

1. Бесконтактно исследовать характеристики гибкого абразивного инструмента;
2. Строить графики топографии рабочей поверхности гибкого абразивного инструмента;
3. В перспективе может использоваться для контроля шероховатости поверхности и для определения количества активных зерен.

#### Список литературы:

1. Алексеев, Е.Р. Введение в Octave / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова – М.: национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 487 с.
2. Алексеев, Е.Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е.Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е.А. Рудченко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 260 с.
3. Байкалов, А.К. Введение в теорию шлифования материалов / А.К. Байкалов. – Киев: Наукова думка, 1978. – 207 с.
4. Брандт, З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров / З. Брандт.; пер. с англ. - М.: мир. ООО "Издательство АСТ". 2003. – 686 с., Ил.
5. Волков, В.М. Шероховатость поверхности (параметры, обозначение, нормирование): Учебное пособие / В.М. Волков, Ю А. Иванова, А.В. Бородин – Омский государственный университет путей сообщения, 2012. – 65 с.
6. Давыдов, Б.С. Основы щупового метода определения шероховатости поверхности / Б.С. Давыдов. – М.: Государственное издательство стандартов «СТАНДАРТГИЗ», 1959. – 168 с.

7. Дунин-Барковский, И.В. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. / И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
8. Дьяконов, В.П. MATLAB: Полный самоучитель. / В.П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.
9. Королев, А.В. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки. Ч.1. Состояние рабочей поверхности инструмента. / А.В. Королев, Ю.К. Новоселов. – Саратов: издательство Саратовского университета, 1987. – 160 с.
10. Любомудров, С.А. Метрологическое обеспечение производства. Учебное пособие / С.А Любомудров, С.Н. Степанов, С.Б. Тарасов. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. – 544 с.
11. Макаров, Е. Инженерные расчеты в Mathcad 15: Учебный курс. / Е. Макаров. — СПб.: Питер, 2011. — 400 с.
12. Макеев, А.В. Анализ современных методов исследования шероховатости поверхности деталей / А.В. Макеев, С.А. Валерик // Вестник СГГА, – 2014. – Вып. 4. – 80-86.
13. Микроанализ и растровая электронная микроскопия / под ред. Ф. Морис, Л. Мени, Р. Тиксье; пер. с франц. – М.: Металлургия, 1985.