

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

ШЕРОХОВАТОСТЬ ШЛИФОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Основы абразивной обработки»
для студентов направления 151900.62
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(профиль «Технология машиностроения»)

Курган 2013

Кафедра: «Технология машиностроения металлорежущих станков и инструментов»

Дисциплина: «Основы абразивной обработки»

направление 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Технология машиностроения»)

Составили: д-р техн. наук, проф. В.И. Курдюков,
канд. техн. наук, доц. А.Б. Переладов,
канд. техн. наук, доц. Н.В. Агапова

Утверждены на заседании кафедры «7» ноября 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета
в рамках проекта «Инженерные кадры Зауралья» «22» ноября 2013 г.

1 Цель работы

Изучить изменение параметров шероховатости шлифованной поверхности в зависимости от характеристик абразивного круга и режимов шлифования на базе анализа компьютерного моделирования кинематики взаимодействия рабочей поверхности инструмента с обрабатываемой поверхностью заготовки.

2 Лабораторное оборудование и оснастка

- 1 Шлифовальный станок
- 2 Шлифовальные круги
- 3 Образцы обрабатываемого материала
- 4 Профилометр
- 5 Компьютер

3 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с правилами техники безопасности
- 2 Изучить методические указания по выполнению лабораторной работы
- 3 Ознакомиться с работой программы, моделирующей кинематическое взаимодействие шлифовального круга с деталью
- 4 Определить при помощи моделирующей программы зависимости параметра шероховатости Ra от режимов шлифования и характеристик круга
- 5 Проверить полученные результаты в реальных условиях шлифования
- 6 Составить отчет по лабораторной работе с изложением ее сути, полученных результатов, проиллюстрированных необходимыми таблицами и графиками. Сформулировать основные выводы

4 Суть проблемы

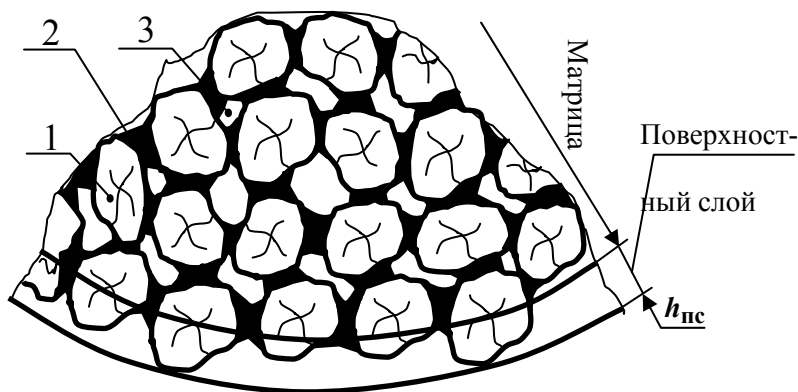
Обработанная шлифованием поверхность детали (ОП) является результатом кинематического взаимодействия с заготовкой множества абразивных зерен, беспорядочно расположенных на рабочей поверхности шлифовального инструмента. При этом геометрия ее микрорельефа зависит от большого числа параметров, характеризующих условия протекания процесса:

- размеров круга (диаметра $D_{кр}$ и его высоты T);
- диаметра d заготовки;
- структурных характеристик инструмента (зернистости d_z , объемной доли зерна K_z);
- материалов зерен и связки;
- степени износа h_z режущих зерен;
- параметров режимов резания (скоростей круга $v_{кр}$ и детали v_d ; величин поперечной $S_{поп}$ и продольной $S_{пр}$ подач);
- ряда других более или менее значимых факторов (марки СОТС, характеристик станка, схемы шлифования, марки и состояния обрабатываемого

материала и др.), влияние которых на шероховатость обработанной поверхности в данной работе не рассматривается.

В общем случае, абразивный инструмент, например, шлифовальный круг (ШК) можно представить как бы состоящим из двух частей (рисунок 1):

1) матрицы - статически неподвижной системы жестко связанных между собой частиц, "наследницы" метода ее изготовления, представляющей арсенал (запас) абразивного вещества;



1 – зерно; 2 – связка; 3 – пора.

Рисунок 1 – Фрагмент абразивного круга

2) поверхностного слоя (ПС) – динамически подвижного, предварительно сформированного правкой и непрерывно изменяющегося под воздействием обрабатываемого материала, местоположение которого постепенно смещается внутрь матрицы.

Так как ПС является элементом круга, непосредственно удаляющим припуск, а значит, формирующим ОП, то очевидно, что именно от его характеристик будут зависеть и параметры микрорельефа последней. С другой стороны, ясно также, что характеристики ПС являются производными свойств матрицы.

При такой постановке для исследования влияния структурных характеристик ШК на шероховатость ОП необходимо выполнить следующие три этапа.

Из всего комплекса параметров, определяющих состояние ПС, выделить те, которые отвечают за формирование микрорельефа ОП.

1 Установить и записать математически связь каждого из них сначала со структурными характеристиками матрицы, а затем с параметрами микрорельефа ОП.

2 Решить полученную систему матмоделей относительно параметров, идентифицирующих микрорельеф ОП.

К определяющим шероховатость характеристикам ПС относятся:

- число режущих зерен в рабочем слое ПС, зависящее от закона распределения абразивных зерен в ПС, размеров (зернистости) и концентрации

их в матрице;

- форма вершин режущих зерен и степень их затупления.

При этом к рабочему слою (РС) относят часть ПС, заглубленную в обрабатываемый материал, на величину, равную максимальной из толщин единичных срезов $a_{z \max}$, снимаемых рабочими зернами. Очевидно, что степень заглубления ПС в обрабатываемый материал – толщина РС, а значит, и число зерен, участвующих в резании и формировании микрорельефа ОП, будет зависеть еще и от сочетания параметров режима резания и соотношения диаметров круга и ОП заготовки, т.е. кинематических параметров процесса шлифования.

Учитывая такую взаимозависимость и многочисленность факторов, влияющих на шероховатость ОП, становится ясно, что решить поставленную задачу аналитически не представляется возможным и потому ищутся другие пути и методы ее решения.

При исследовании процесса формирования шероховатости шлифованной поверхности используют два принципиальных подхода: один основан на обобщении экспериментальных данных, другой использует геометрическую модель образования микронеровностей, с учетом случайного характера процесса. Вторым подход является более предпочтительным, так как позволяет получить расчетные модели параметров шероховатости более общего характера.

Суть геометрической модели процесса формообразования шероховатости шлифованной поверхности заключается в том, что рабочая поверхность круга представляется в виде набора элементарных профилей его поперечного сечения, отстоящих друг от друга на расстоянии l_p . Каждый из них оставляет на детали группу рисок. Окончательный же профиль рельефа ОП является следствием наложения всех профилей круга, проходящих через данное сечение детали.

Таким образом, чтобы определить характеристики шероховатости ОП, исходя из геометрической модели процесса шлифования, необходимо иметь элементарные режущие профили круга, знать закон и количество их наложений для каждого конкретного случая. Однако получение этой информации связано со значительными трудностями. Во-первых, для получения характеристик элементарного режущего профиля необходимо достаточно трудоемкое профилографирование рабочей поверхности круга и соответствующая обработка профилограмм. Во-вторых, определение закона и количества наложений элементарных профилей связано с необходимостью задаваться расстоянием l_p между ними, которое принимается обычно равным среднему расстоянию между режущими зернами круга на уровне глубины рабочего слоя круга. К настоящему же времени нет достаточно достоверных методик ни расчета, ни экспериментального определения числа режущих зерен на рабочей поверхности круга, а значит и расстояний между ними. Это объясняется, как было отмечено, тем, что данный параметр зависит не только от структурных характеристик круга, но и от кинематических параметров процесса шлифования (v_d , $v_{кр}$, $D_{кр}$, d , t), режима работы круга.

5 Методика получения значений параметров шероховатости ОП для конкретных условий реализации процесса шлифования

В связи с изложенным авторами настоящих методических указаний разработана следующая методика получения математической модели для расчета уровня шероховатости ОП, основанная также на геометрическом подходе, но позволяющая не использовать непосредственно параметр l_p .

Рассмотрим схему взаимодействия круга с обрабатываемой заготовкой например круглого наружного шлифования (рисунок 2).

Абразивный круг диаметром $D_{кр}$ с рабочей скоростью $v_{кр}$ удаляет припуск глубиной t с заготовки диаметром d , вращающейся со скоростью v_d , формируя поверхность A' детали с определенным уровнем шероховатости. При этом длина (далее – реализованная длина) рабочей поверхности круга $L'_{кр}$, зерна которой потенциально могут участвовать в процессе формообразования микропрофиля высотой R_{max} на ОП детали определяется скоростью вращения круга и временем, в течение которого сечение 0-I детали переместится в точку II, т.е.:

$$L'_{кр} = 2v_{кр} / v_d \sqrt{R_{max} \cdot D_э}; \quad (1)$$

где $D_э = D_{кр}d / (d \pm D_{кр})$ - эквивалентный диаметр круга и детали.

Здесь знак «+» для схемы круглого наружного; «-» – круглого внутреннего; $d=\infty$ – плоского шлифования.

Очевидно, что каждое режущее зерно рабочей поверхности реализованной длины оставит на детали свою риску, а окончательный вид микропрофиля детали явится результатом наложения рисков всех рабочих зерен этого участка поверхности круга. Из схемы (рисунок 2) видно также, что наложение профилей зерен должно производиться со смещением на высоте. Так, в точке I только наиболее выступающее зерно коснется поверхности детали. При дальнейшем повороте сечения 0-I вступают в контакт с поверхностью детали все более заглубленные в поверхность круга зерна, а глубина внедрения наиболее выступающих зерен нарастает до глубины профиля R_{max} в момент прохождения сечением 0-I плоскости центров круга и детали. Одновременно нарастает и число потенциально активных зерен, хотя увеличивается степень их перекрытия друг другом. На второй половине пути происходит обратный процесс.

С учетом смещения по высоте координат вершин зерен, сечение рабочего слоя круга, перпендикулярное его оси, длиной $L'_{кр}$, кривизной $R_{кр}$ и высотой R_{max} превращается в сегмент длиной $L'_{кр}$, высотой R_{max} с радиусом кривизны $R' = L'_{кр}{}^2 / 8 \cdot R_{max}$ (рисунок 3).

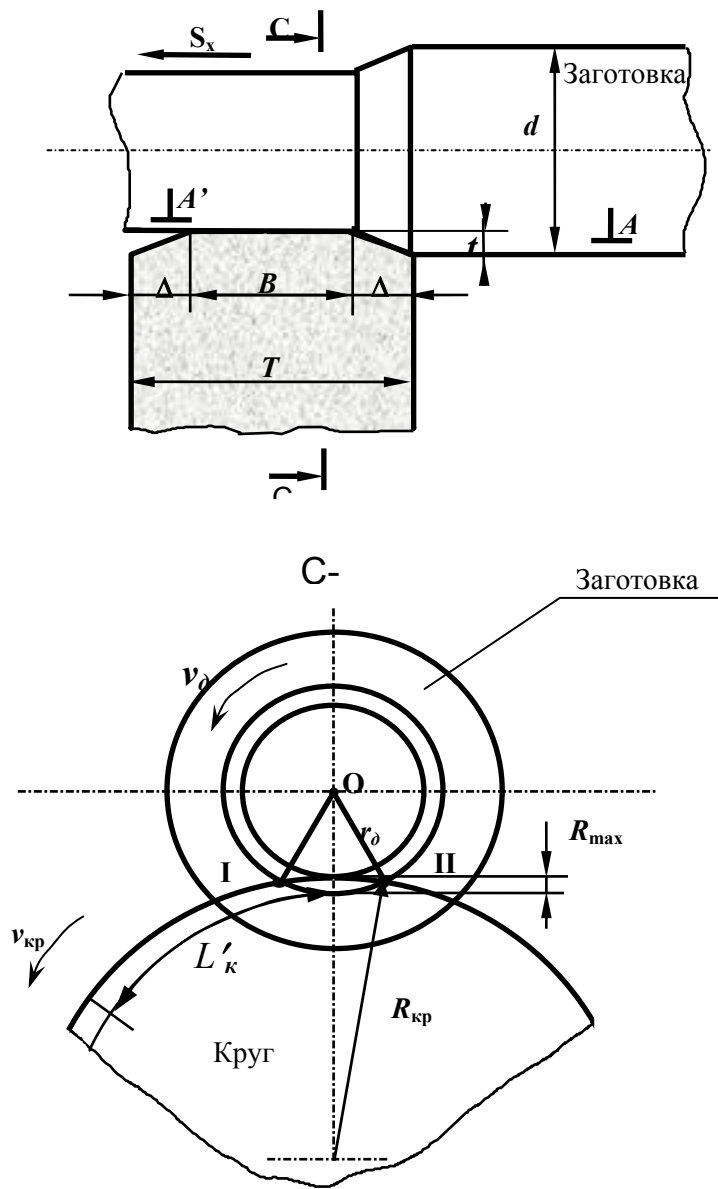


Рисунок 2 – Схема круглого наружного шлифования для определения реализованной длины рабочей поверхности круга

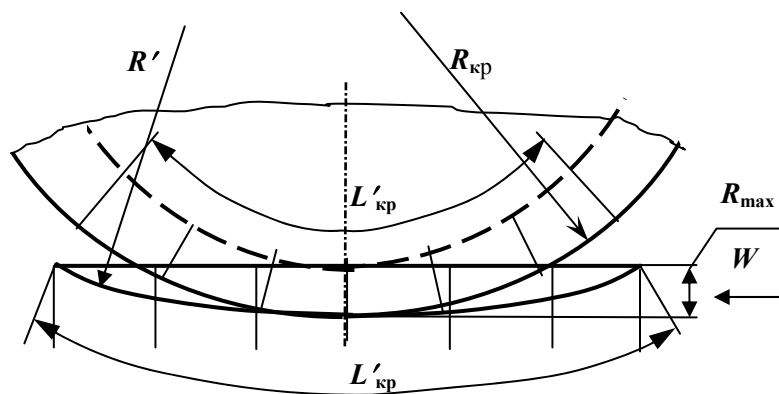


Рисунок 3 – Развертка реализованной длины круга

Если теперь спроектировать профили вершин всех зерен, расположенных в этом сегменте, на плоскость его симметрии, то полученная при этом картина и будет отображением поперечного сечения микропрофиля детали, сформированного врезным шлифованием (рисунок 4). Измерив соответствующие его геометрические параметры, можно оценить любой показатель характеризующий шероховатость поверхности в соответствии с ГОСТ 2789-73. Так, например, параметр Ra можно рассчитать по выражению:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i|, \quad (2)$$

где Y_i – высота от средней линии до вершины/впадины рельефа (рисунок 4);
 n – число замеров на базовой длине.

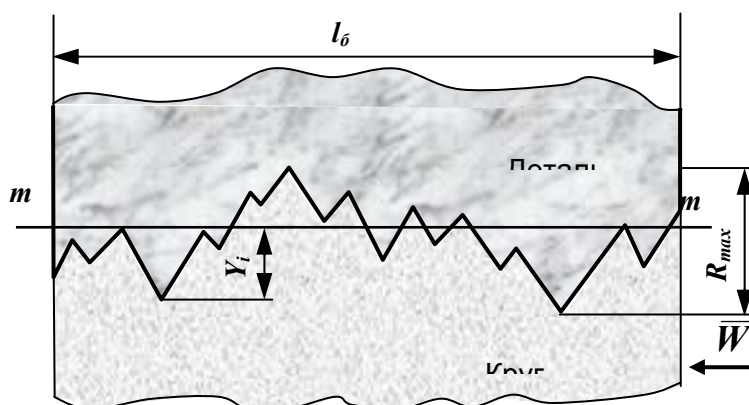


Рисунок 4 – Профиль развертки реализованной длины круга $L'_{кр}$

Данный подход был реализован с помощью специально разработанной авторами методики компьютерного моделирования зоны взаимодействия шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью заготовки. Суть этого метода заключается в следующем.

Сначала по полученному ранее закону плотности C распределения зерен на высоте ПС:

$$C = 1,54 \cdot K_3^{2/3} / d_3^2 \cdot [(1 + K_\Delta) / (\exp(12 / d_3 \cdot (M - h_i)) + 1) - K_\Delta], \quad (3)$$

где $K_\Delta = \ln(d_3 / d_{30} + 4,883) - 1,626$;

$M = 0,09 d_3 + 0,029$; $d_{30} = 0,4$;

d_3 – размер зерна, мм;

K_3 – объемная доля абразивных зерен в матрице круга, строится компьютерная графическая модель РС (рис.5) длиной $L'_{кр}$, шириной $l_б$, глубиной R_{max} и кривизной R' . Для этого используется следующий порядок расчетов и построений:

1 Подстановкой в ф. (3) структурных характеристик круга (d_3 и K_3) определяется число зерен в РС единичной площади и глубиной h .

2 Подсчитывается общее число зерен Z в РС реализованной длины $L'_{кр}$ и ширины $l_б$, равной базовой длине, оговоренной ГОСТ 2789-73 по выражению:

$$Z = C \cdot L'_{кр} \cdot l_6. \quad (4)$$

3 Полученное количество зерен Z случайным образом распределяется по объему РС путем задания их текущих координат генератором случайных чисел как:

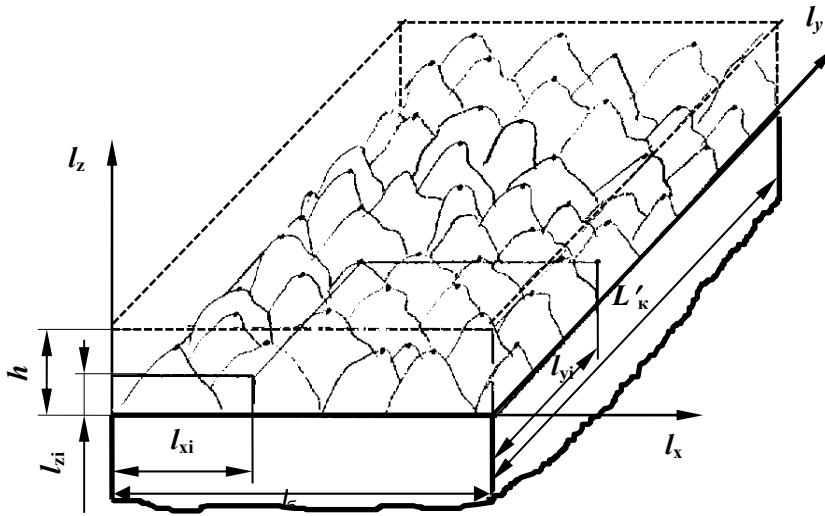


Рисунок 5 – Компьютерная модель рабочего слоя (РС) абразивного круга

$$l'_x = l_x \cdot \varphi_x; \quad l'_y = l_y \cdot \varphi_y; \quad l'_z = l_z \cdot \varphi_z, \quad (5)$$

где $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ – случайные числа в диапазоне 0...1. При этом плотность зерен по высоте слоя изменяется в соответствии с (3).

В качестве ограничения принимается, что расстояние между двумя близлежащими вершинами зерен не должно быть меньше d_3 , исходя из геометрических соображений, а профиль абразивных зерен – в виде эллипса, т.к. в окончательном формировании микропрофиля участвуют практически острые режущие вершины, расположенные на ширине l_6 (рисунок 2) и не имеющие площадок износа.

3 Профили всех зерен, находящихся в РС, проектируются на плоскость, перпендикулярную вектору \overline{W} (рисунок 4), суммарная проекция которых и принимается за отражение профиля микрорельефа ОП (на рисунок 6 приведен пример такого профиля).

4 Полученный профиль микронеровностей делится средней линией «m-m» на две части по условию $Y_{max} = Y_{min}$ (рисунок 4); измеряются координаты Y_i всех вершин и впадин по всей ширине профиля; подсчитывается их число n , с учетом масштаба по высоте изображения профиля, рассчитывается параметр Ra шероховатости по формуле (2) или другие, предусмотренные ГОСТ 2789-73.

6 Получение математической модели, описывающей зависимость параметра Ra шероховатости ОП от условий реализации операции шлифования

При изучении различного рода физических процессов, когда вид математической зависимости исследуемого (входного) параметра от факторов (выходных параметров), на него влияющих, неизвестен, то ее ищут обычно в виде полиномиальных регрессионных уравнений. Так, например, для описания зависимости выходного параметра Y от трех независимых факторов X_1, X_2, X_3 такое уравнение будет иметь вид:

$$y = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (6)$$

где b_0 – свободный член,

$b_0, b_1, b_2 \dots b_{123}$ -коэффициенты регрессионного уравнения;

x_1, x_2, x_3 – псевдокоординаты факторных переменных X_1, X_2, X_3 соответственно, принимающие значения -1 или $+1$, под которыми закодировано максимальное и минимальное значение фактора.

Для нахождения коэффициентов регрессионных уравнений необходимо составить и решить систему числом уравнений, равным числу неизвестных коэффициентов. Для получения такой системы составляется соответствующий план эксперимента. В данном примере это будет план 2^3 , т.к. нужно определить 8 коэффициентов уравнения (6), для чего необходимо получить 8 значений выходного параметра для различных восьми же сочетаний значений факторов, чтобы составить систему восьми уравнений с восемью неизвестными. Это означает, что для каждого из трех факторов необходимо взять два значения уровня, и тогда возможное число различных сочетаний значений факторов будет равно 2^3 , т.е. 8. Поскольку необходимо, чтобы был охвачен весь возможный диапазон изменения значений факторов, то за уровень -1 принимают минимальное значение фактора, а за $+1$ – максимальное. Графическая схема плана такого эксперимента представлен на рисунке 6, а матрица планирования – в таблице 1.

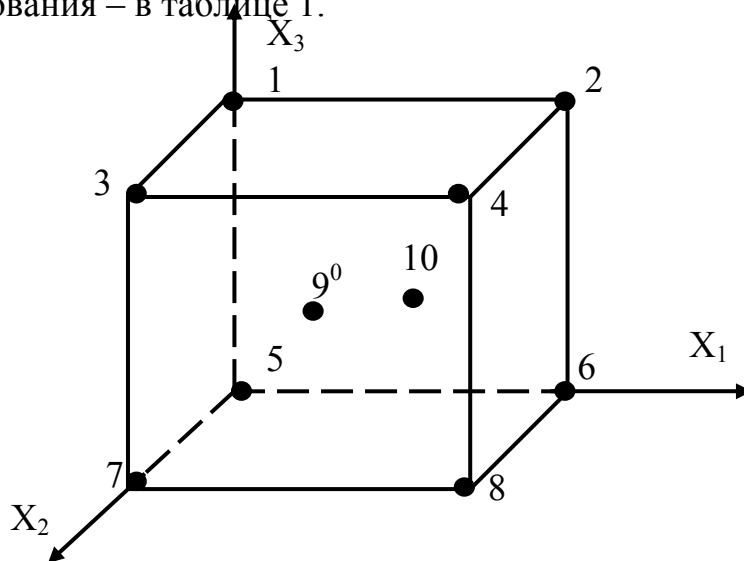


Рисунок 6 – План эксперимента

После проведения эксперимента в точках плана и получения всех значений выходного параметра (Y_1, \dots, Y_8) коэффициенты $b_0, b_1 \dots b_{123}$ рассчитываются как среднее значение выходных параметров, взятых со знаком столбца сочетания факторов, соответствующего вычисляемому коэффициенту. Так, например, коэффициент b_{12} определяется по формуле:

$$b_{12} = \frac{(+1)y_1 + (-1)y_2 + (-1)y_3 + (+1)y_4 + (+1)y_5 + (-1)y_6 + (-1)y_7 + (+1)y_8}{8} \quad (7)$$

По аналогичным формулам рассчитываются и остальные коэффициенты. В результате получают готовое регрессионное уравнение, позволяющее оценить значение выходного параметра y при любых сочетаниях значений факторов X_1, X_2, X_3 в пределах от -1 до $+1$.

Для проверки адекватности полученной матмодели ставятся эксперименты в дополнительных одной-трех точках плана (на рисунке 6 это точки 9 и 10), называемых проверочными. Полученные в этих точках экспериментальные значения выходного параметра сравниваются по известному алгоритму с рассчитанными для этих же условий по регрессионному уравнению и делается заключение о пригодности данной матмодели для дальнейшего исследования.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента 2^3

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$ $x_2 x_3$	$x_1 x_3$ $x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	Y	
1	+	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	Y_1
2		+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	Y_2
3		-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	Y_3
4		+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y_4
5		-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	Y_5
6		+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	Y_6
7		-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	Y_7
8		+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	Y_8

Примечание. Звездочками обозначены множители, учитывающие эффект взаимодействия между факторами; Y_1, \dots, Y_8 – значения параметра в точках эксперимента плана.

В данной лабораторной работе (для сокращения времени) предполагается получение и анализ зависимости параметра Ra также от трех, произвольно выбранных студентами или указанных преподавателем, факторов при неизменных остальных.

При этом план 2^3 реализуется в полном объеме вначале в компьютерном эксперименте, а затем в какой-либо точке (точках) плана проводится натурный эксперимент для проверки соответствия значений параметра Ra , рассчитанных

по компьютерной модели, его значению, полученному в реальном процессе шлифования, по следующей методике.

7 Методика натурального эксперимента

1 В соответствии с условиями какой-либо точки (указывается преподавателем) плана, выбираются исходные данные для натурального эксперимента: структурные характеристики (зернистость, твердость, структура) и геометрические параметры круга ($D_{кр}$, T); факторы и их значения; параметры режима шлифования ($v_{кр}$, v_d , t , $S_{пон}$).

2 Круг выбранных характеристик устанавливается на шпиндель плоскошлифовального станка, правится алмазным карандашом, устанавливаются параметры режима шлифования. Обработке подвергается образец из стали Р6М5 (HRC 62...65). После нескольких продольных проходов образец снимается со стола станка и при помощи профилометра замеряется параметр Ra в трех различных местах на шлифованной поверхности. Полученное среднее значение Ra сравнивается с расчетным.

Порядок измерения параметра Ra шероховатости шлифованной поверхности

Измерение параметра Ra осуществляется при помощи профилометра модели 283 (рисунок 7).

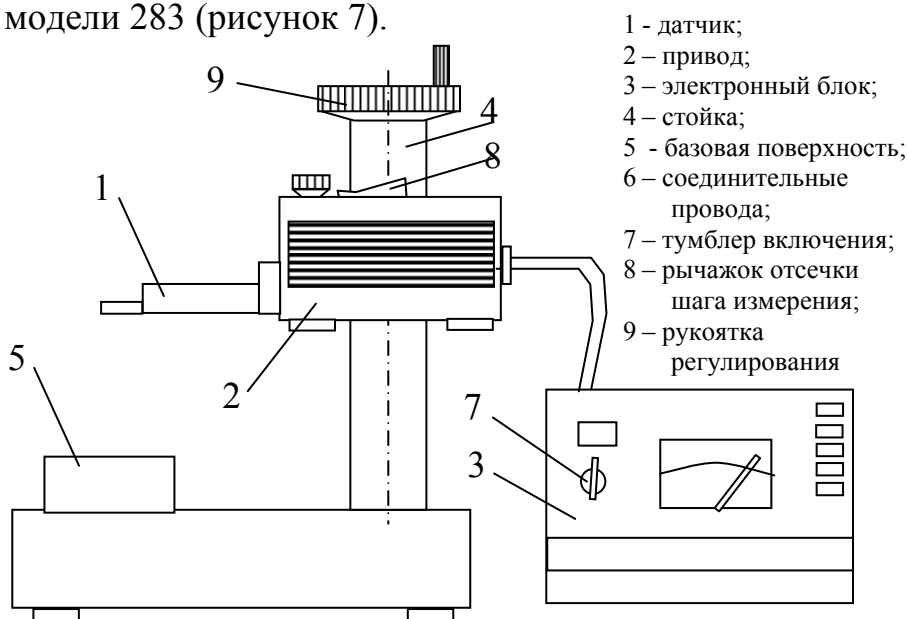


Рисунок 7 – Общий вид профилометра мод. 283

Порядок работы

- 1 Включить прибор тумблером.
- 2 Опустить датчик рукояткой 9 на измеряемую поверхность детали.
- 3 Выбрать необходимый предел измерения ____
- 4 Установить требуемую отсечку шага _____
- 5 Для осуществления измерения нажать кнопку «Пуск».

Примечание. Замеры шероховатости поверхности осуществляются в направлении, перпендикулярном вектору v_d (рисунке 8).

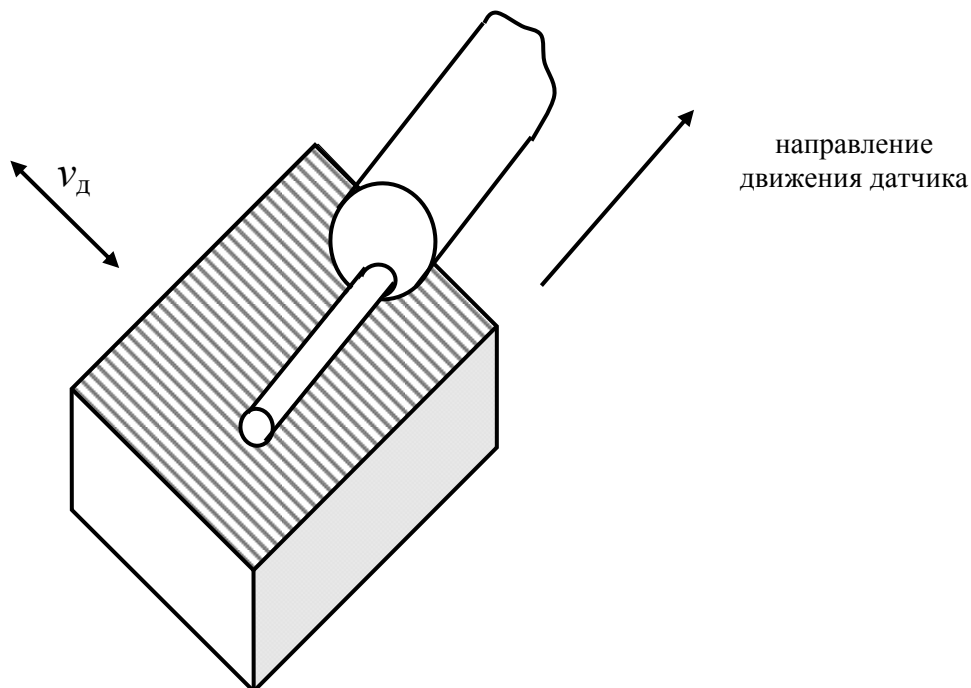


Рисунок 8 – Схема измерения шероховатости

Протокол результатов моделирования

Исходные данные:

Вид шлифования – плоское;

Диаметр зерна $d_z =$ мм;

Объемное содержание зерна $K_z =$;

форма вершины зерна – эллипс (коэффициент изотропии 1,5).

Таблица 2 – Результаты моделирования

№ точки	Значения факторов			Ra, мкм
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Практическая проверка полученной модели

- 1 Рассчитать параметр шероховатости **Ra** в двух точках (задаются преподавателем) по полученной математической модели.
- 2 Экспериментально определить значения **Ra** в заданных точках.
- 3 Сравнить результаты, полученные моделированием и экспериментально.
- 4 Сделать выводы. Оформить отчет по результатам исследований. Построить графики зависимости **Ra** от исследуемых параметров.

Статистическая обработка данных эксперимента

Данные эксперимента являются выборкой из некоторой генеральной совокупности. Генеральной называется совокупность, состоящая из всех объектов выборки (например, все детали партии). Часто генеральная совокупность состоит из бесконечного числа объектов. Выборочной совокупностью, или просто выборкой, называют совокупность случайно отобранных объектов. Объемом совокупности называют число объектов этой совокупности (N – для генеральной и n – для выборочной совокупности). Обычно в распоряжении исследователя имеются лишь данные выборки. Через эти данные и выражают оцениваемый параметр.

Если исследуемая случайная величина X представляет собой сумму большого числа независимых и случайных параметров, влияние каждого из которых на всю сумму ничтожно мало, то считается, что X распределена нормально. В связи с этим, можно предположить, что распределение исследуемой величины (например, шероховатости **Ra**) подчиняется нормальному закону. Нормальное распределение полностью определяется двумя параметрами: математическим ожиданием и стандартом. Математическое ожидание хорошо представляется средневывборочным \bar{x}_e (среднеарифметическим). Стандарт s есть квадратный корень из исправленной дисперсии D_u :

$$s = \sqrt{D_u},$$
$$\text{где } D_u = \frac{\sum (x_i - \bar{x}_e)^2}{n-1}.$$

Доверительным называется интервал, который покрывает, неизвестный параметр с заданной надежностью γ . Для оценки математического ожидания доверительный интервал будет иметь вид:

$$(\bar{x}_e - \delta, \bar{x}_e + \delta),$$

где δ – отклонение от выборочного среднего, характеризует точность оценки:

$$\delta = \frac{s \cdot t_\gamma}{\sqrt{n}}. \text{ Коэффициент } t_\gamma \text{ определяется по известным } n \text{ и надежности } \gamma \text{ (таблица 3).}$$

Доверительный интервал означает, что с вероятностью γ он покрывает неизвестное математическое ожидание M_x генеральной совокупности:

$$P(\bar{x}_e - \delta, \bar{x}_e + \delta) = \gamma.$$

Таблица 3 – Таблица значений $t_{\gamma=f(\gamma, n)}$

γ n	0,95	0,99	0,999
5	2,78	4,60	8,61
6	2,57	4,03	6,86
7	2,45	3,71	5,96
8	2,37	3,50	5,41
9	2,31	2,36	5,04

Замечание. Если требуется оценить математическое ожидание с наперед заданной точностью δ и надежностью γ , то минимальный объем выборки, который обеспечит эту точность, находят по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\delta^2}.$$

Для того, чтобы выполнить сравнение теоретически вычисленной величины Ra и экспериментального средневывборочного в этой точке, необходимо заполнить таблицу 4, определить доверительный интервал в этой точке и сделать вывод о покрывании интервалом теоретически определенной величины.

Таблица 4 – Сравнение теоретически вычисленной величины Ra и экспериментального средневывборочного

№ точки, i	$Ra_{\text{эсп.}}$	$ Ra_i - \bar{Ra}_{\text{в.}} ^2$
1		
...		
n		
	$\bar{Ra}_{\text{в.теор.}} = \frac{\sum Rai}{n}$	$D_u = \frac{\sum (Rai - \bar{Ra}_{\text{в.}})^2}{n-1}$

Контрольные вопросы

1 В чем состоят преимущества компьютерного моделирования процесса шлифования?

2 От каких основных параметров зависит шероховатость Ra шлифованной поверхности детали?

3 В чем заключается суть компьютерного моделирования взаимодействия круга с деталью?

4 Для чего необходимо планировать эксперимент при исследованиях?

5 В чем заключается цель работы и основные этапы ее достижения?

Содержание

1	Цель работы	3
2	Лабораторное оборудование и оснастка	3
3	Порядок выполнения работы	3
4	Суть проблемы	3
5	Методика получения значений параметров шероховатости ОП для конкретных условий реализации процесса шлифования	6
6	Получение математической модели, описывающей зависимость параметра Ra шероховатости ОП от условий реализации операции шлифования	10
7	Методика натурального эксперимента	12
	Порядок измерения параметра Ra шероховатости шлифованной поверхности	12
	Порядок работы	12
	Протокол результатов моделирования	13
	Практическая проверка полученной модели	14
	Статистическая обработка данных эксперимента	14
	Контрольные вопросы	15

Курдюков Владимир Ильич
Переладов Александр Борисович
Агапова Наталия Викторовна

ШЕРОХОВАТОСТЬ ШЛИФОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Основы абразивной обработки»
для студентов направления 151900.62
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(профиль «Технология машиностроения»)

Редактор Е.А. Могутова

Подписано к печати 24.01.14	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. №1
Печать цифровая	Усл.печ.л. 1,25	Уч.-изд.л. 1,25
Заказ 33	Тираж 22	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета
640646, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет