

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Курганский государственный университет

Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ
РЕШЕНИЯ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ШЛИФОВАНИЯ
ДЛЯ СХЕМЫ ПЛОСКОЙ
МНОГОПРОХОДНОЙ ОБРАБОТКИ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплинам: «Основы абразивной обработки»; «Технологические процессы
финишной обработки деталей машин»
образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
Направленность: Технология машиностроения

Курган 2017

Кафедра: «Технология машиностроения металлорежущих станков и инструментов»

Дисциплины: «Основы абразивной обработки»; «Технологические процессы финишной обработки деталей машин» образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Направленность: Технология машиностроения

Составили: д-р техн. наук, проф. В.И. Курдюков,
канд. техн. наук, доц. А.А. Андреев

Утверждены на заседании кафедры « 28 » сентября 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета
 « » 201 г.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить закономерности процесса шлифования, как способа обработки, материалов резанием. Научиться определять основные параметры кинематического и динамического взаимодействия абразивного инструмента и заготовки. Выявить степень их влияния на производительность шлифования. Ознакомиться с программно-аппаратным комплексом регистрации показателей процесса шлифования, получить навыки планирования и проведения экспериментального исследования с использованием этого комплекса.

2. ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА

1. Программно-аппаратный комплекс, включающий универсальный динамометр УДМ-100 с комплектом аппаратуры для регистрации, преобразования и обработки экспериментальных данных.
2. Станок плоско-шлифовальный.
3. Инструмент абразивный и заготовка с известными характеристиками.
4. Универсальный мерительный инструмент.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении работ.
2. Изучить методику выполнения лабораторной работы.
3. Овладеть техникой и приемами работы с лабораторным оборудованием и измерительной аппаратурой.
4. Реализовать эксперименты по исследованию зависимости числа взаимодействия единичных зерен шлифовального круга с заготовкой от параметров режима резания, с помощью универсального динамометра УДМ-100 с комплектом регистрирующей аппаратуры.
5. Провести математическую обработку полученного массива экспериментальных данных, получить математические и графические модели экспериментальных зависимостей и проанализировать их.
6. Составить отчет по работе, где изложить суть работы, ее результаты, проиллюстрированные соответствующими таблицами и графиками. Сформулировать основные выводы.

4 ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Схема шлифования и сила резания единичным зерном

Шлифование – процесс высокоскоростной (наиболее часто до 50 м/с, в отдельных случаях до 150 м/с) обработки заготовок абразивными инструментами.

Абразивные инструменты – тела определенной формы, состоящие из абразивных зерен, скрепленных между собой мостиками связи (связкой) в

пористый (до 60% объема) пространственный каркас. Назначение зерен - осуществлять удаление припуска заготовок путем среза мельчайших стружек с ее обрабатываемой поверхности. Интенсивность съема припуска зависит от толщины этих стружек и скорости их среза (скорости шлифования). Толщина единичной стружки ограничивается нагрузкой (силой резания), которую можно приложить к режущему зерну, не вызывая его удаления с рабочей поверхности инструмента или разрушения. Зная силу резания на зерне можно, с учетом прочности зерен и силы их закрепления на рабочей поверхности шлифовального инструмента, управлять режимом его работы и эффективностью процесса шлифования в целом.

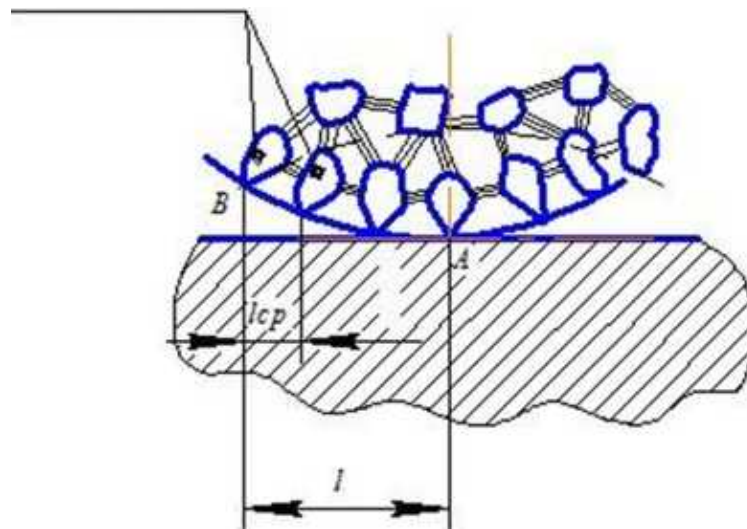


Рисунок 2 – Схема для определения числа шлифующих зерен.

4.2 Вывод основного уравнения шлифования

Сила резания на зерне зависит для конкретных условий шлифования (характеристики обрабатываемой заготовки и абразивного инструмента, наличие смазочно-охлаждающих средств и т.п.) определяется толщиной единичного среза (стружки).

На основании расчетных закономерностей и геометрической схемы плоского многопроходного шлифования Е.Н Маслов в монографии «Теория шлифования материалов» /2/ вывел следующую формулу для средней толщины a_{cp} слоя, снимаемого абразивным кругом (формула получена путем деления объема материала снимаемого за единицу времени на фактическую площадь шлифуемой поверхности):

$$a_{cp} = \frac{V_d \cdot t_{\phi}}{60 \cdot V_p \pm V_d} \cdot \frac{S}{T}, \quad \text{мм} \quad (4)$$

где: t_{ϕ} – фактическая глубина резания, мм;

S - продольная подача, мм;
 V_d – скорость детали в м/мин;
 T – высота шлифовального круга в мм.

А максимальную толщину слоя снимаемого всеми зернами a_{max} определил как удвоенную величину a_{cp} .

$$a_{max} = 2 \cdot a_{cp} = \frac{2 \cdot V_d \cdot t_{\phi}}{60 \cdot V_p \pm V_d} \cdot \frac{S}{T} \quad (5)$$

Это уравнение выражает толщину недеформированного снимаемого слоя, и учитывает влияние продольной подачи, скорости круга и детали. Теперь если величину a_{max} разделить на число шлифующих зерен Z , действующих в пределах дуги контакта, то получим выражение для расчета максимальной толщины a_{zmax} среза, снимаемого одним зерном:

$$a_{zmax} = \frac{2 \cdot V_d \cdot t_{\phi}}{60 \cdot V_p \pm V_d} \cdot \frac{S}{T} \cdot \frac{1}{Z} \quad (6)$$

Здесь t_{ϕ} – фактическая глубина резания при шлифовании, определяемая, с удовлетворительной точностью, произведением числа проходов n , необходимого для установления стабильно повторяющегося микропрофиля протшлифованной поверхности, на номинальную глубину t , т.е.

$$t_{\phi} = n \cdot t. \quad (7)$$

Установлены следующие величины n для абразивного шлифования:

Зернистость круга	80	40	25
Величина n	12	10	8

После по данным в работе /1/, после математической обработки приведенных в таблице экспериментальных данных, получено следующее выражение для n :

$$n = 222 \cdot d_3^{0,4}, \quad (8)$$

где d_3 – диаметр зерна в мм, из которого изготовлен инструмент.

Тогда формулу (7) можно переписать в виде:

$$t_{\phi} = 222 \cdot t \cdot d_3^{0,4}. \quad (9)$$

И окончательно для a_{zmax} имеем:

$$a_{z \max} = \frac{7,4 \cdot V_{\partial} \cdot t \cdot d_3^{0,4}}{V_p \pm V_{\partial}} \cdot \frac{S}{T} \cdot \frac{1}{Z} \quad (10)$$

Это уравнение связывает режимы резания, высоту круга и его зернистость с толщиной снимаемой стружки, приходящейся на единичное зерно при обработке по схеме плоского многопроходного шлифования и носит название основного уравнения шлифования.

4.3 Определения числа одновременно режущих зерен в дуге контакта

Если проанализировать уравнение (10), то можно сделать следующий вывод.

В этом уравнении нам неизвестен только один параметр, который бы не задавался до непосредственной обработки поверхности. Это число шлифующих зерен Z , действующих в пределах дуги контакта. Причем, число это может быть и не целым. Действительно, если внимательно посмотреть на схему рис. 2, то можно предположить, что в каждый момент времени контакта шлифовального круга с поверхностью в дуге контакта могут быть как несколько зерен одновременно, так и ни одного. Поэтому эта величина, в общем случае, случайна. Так как процесс снятия стружки единичным зерном имеет, к тому же, массовый характер, то для него применим закон больших чисел. Согласно этому закону среднестатистическое значение случайной величины в пределе, при достаточном объеме выборки, стремится к своему математическому ожиданию. В таком случае, за число шлифующих зерен Z можно принять его среднее значение, подсчитанное за один или несколько оборотов абразивного круга. При этом Z будет натуральным (не целым) числом в интервале от нуля до какого – либо неотрицательного значения с определенной степенью погрешности, зависящей от точности способа измерения этого параметра. Данная погрешность будет оценена ниже.

И так, для решения основного уравнения шлифования нужно: во – первых предложить способ регистрации числа Z , во – вторых, определиться с погрешностью его измерения и в – третьих, изучить закономерность влияния на него входных показателей процесса шлифования.

Рассмотрим решение этих задач последовательно.

Регистрацию режущих зерен предлагается производить по импульсам сил P_y (рисунок 1) от воздействия зернами на поверхность резания, так как радиальная сила в 3-5 раз больше, чем тангенциальная и, потому регистрировать ее легче.

Следует отметить, что в данном эксперименте нам не столько важна величина силы, сколько её наличие. Эксперимент такого рода предполагается провести на плоско-шлифовальном стане модели 3E711 при работе абразивным кругом диаметром 250 мм со скоростью резания 30 м/с и заданными структурными характеристиками (зернистостью - d_3 , объемными долями зерна K_3 и связки $K_{св}$). При этом варьироваться (изменяться) будут следующие параметры режима

резания: продольная подача $S_{\text{прод}}$ – скорость стола и глубина шлифования t .

Фиксировать импульсы силы P_y будем с помощью динамометра УДМ-100 с комплектом регистрирующей аппаратуры. Блок-схема измерительного тракта установки показана на рисунке 3.

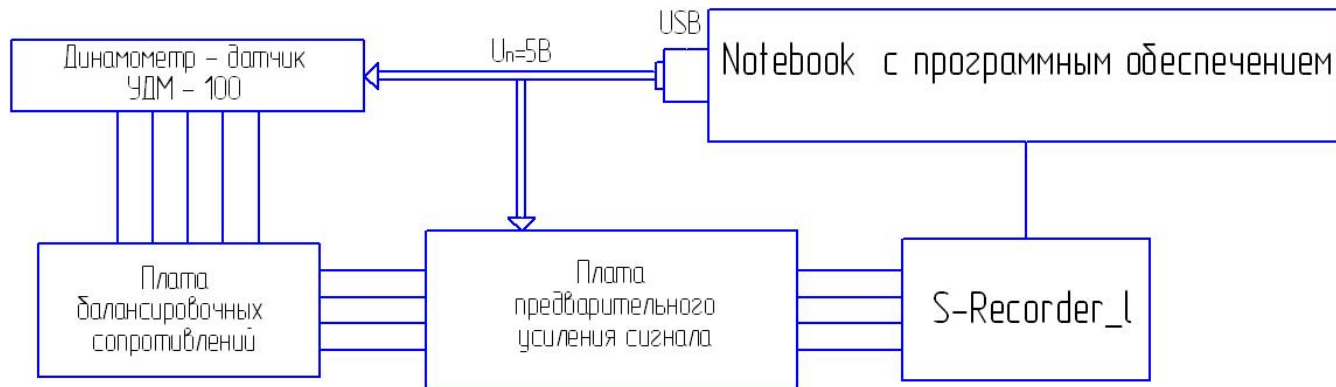


Рисунок 3 – Блок – схема измерительного тракта усиления шлифования.

Помимо динамометра в комплект вошли: плата балансировочных сопротивлений, плата предварительного усиления сигнала ΔU на основе каскада последовательно соединенных операционных усилителей, аналого-цифровой преобразователя (АЦП), компьютер типа Notebook. В качестве АЦП выбран 12 разрядный со 100кГц частотой опроса в одноканальном режиме многоканальный самописец типа «S-Recorder-L» с соответствующим программным обеспечением. Выбор такого АЦП обусловлен необходимостью сканировать процесс абразивной обработки с частотой до 100кГц.

С алгоритмом программной обработки на компьютере можно ознакомиться либо в отдельном руководстве пользователя, либо в справке о самой программе (см. паспорта регистрационно – измерительной аппаратуры комплекса).

Необходимо лишь отметить, что протокол работы с устройством позволяет сканировать и записывать весь процесс в двоичном коде в файл типа *alf*, где он может храниться сколько угодно долго. Расчет и обработка данных производится в среде Excel формат файлов типа *csv*, в который преобразуются ранее оцифрованные параметры в среде *alf*. Преобразование происходит по программе согласно выделенного временного интервала. При этом можно выделять интересующий фрагмент записи и обрабатывать с помощью разнообразных математических, статистических и других функций программной среды Excel. В случае необходимости, данные можно добавить и убирать, а также конвертировать из другого сегмента записи.

Для решения задачи оценки точности регистрации числа одновременно режущих зерен Z , необходимо сделать следующие несложные вычисления. Зададимся начальными условиями:

1. Частоту опроса в одноканальном режиме 12 разрядного АЦП, равную 100кГц, обозначим как f^s .

2. Частоту с которой единичное зерно действует на обрабатываемый материал, рассчитанную по формуле (4), обозначим буквой f .

Если поделить частоту сканирования в измерительном тракте на частоту взаимодействия зерна с поверхностью резания, получим число k , кратное количеству опросов совершаемых аппаратурой за однократное взаимодействие режущего зерна и заготовки:

$$k = \frac{f^s}{f} \quad (11)$$

Подставив в формулу 11 последовательно формулы (4),(3),(2),(1), получим новое выражение для расчета k :

$$k = \frac{\sqrt{(D-t) \cdot t}}{\pi \cdot D \cdot n} \cdot 6 \cdot 10^6 \quad (12)$$

Подставив в формулу (12) начальные данные: $D=250 \times 10^{-3} \text{ м}$, $t=0,02 \times 10^{-3} \text{ м}$, $n=2250 \text{ об/мин}$, получим $k=7,6$. С учетом того, что длина контакта L немного больше, чем подсчитанная по формуле 2, то можно принять $k=8$. Это означает, что при таких режимах обработки необходимо подсчитывать режущие зерна в пределах восьми отсчетных значений, что составит 8×10^{-5} сек. Для повышения достоверности измерений этот подсчет на каждом сочетании начальных данных необходимо производить несколько (3-5) раз. В вычислительной среде Excel надо будет разбить весь спектр, полученных откликов по 8 значений отсчета и внутри этого отрезка подсчитать количество максимумов. Среднее их значение и будет искомым Z . При этом погрешность Δ в % определения Z будет равна:

$$\Delta = \frac{100\%}{k} = \frac{100\%}{8} = 12,5\% \quad (13)$$

Теперь можно перейти к решению задачи номер три, а именно установления влияния на число режущих зерен Z и толщину снимаемого слоя $a_{z \text{ max}}$ режимов обработки. Для этого необходимо реализовать следующий алгоритм.

1. Определить начальные условия для плоского многопроходного шлифования: D , t , n , S , B , V_d , d_3 .

2. Составить план исследования (матрицу планирования эксперимента), занеся в него все входные параметры, и те которые будут меняться (варьироваться) в ходе эксперимента, рассчитав их значения по формулам (1)-(13), и те, что будут поддерживаться на постоянном уровне.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА							РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ		
Номер эксперимента	$V_p, \text{м/с}$	$V_d, \text{м/мин}$	$t, \text{мм}$	$d_3, \text{мм}$	$S, \text{мм/1 ход}$	$B, \text{мм}$	$k, \text{целое число}$	$Z, \text{натуральное число}$	$a_z, \text{мм}$
1									
2									
n									

3. Настроить канал измерения силы P_z на частоту равную 100к Гц , следуя инструкции на аппаратуру комплекса.

4. Записать процесс плоского многопроходного шлифования в файлы и соответствующим образом их обработать.

5. Выполнить математическую обработку полученных данных. Для чего измерить в интервале кратном рассчитанному k количество максимумов и усреднить их. Это и будут значения Z . Далее рассчитать $a_z \text{ max}$ для разных условий шлифования (в каждой точке плана) построить графики соответствующих зависимостей и сделать выводы.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие силы действуют при плоском многопроходном шлифовании?
2. От чего зависит длина контакта абразивного круга и обрабатываемой поверхности?
3. Что связывает между собой основное уравнение шлифования?

ЛИТЕРАТУРА

1. Курдюков В.И. Научные основы проектирования абразивных инструментов: монография – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2005. – 105 с.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов.- М.: Машиностроение, 1974.-320с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	3
2. Лабораторное оборудование и оснастка	3
3. Порядок выполнения работы	3
4. Ход выполнения работы	3
4.1 Схема шлифования и сила резания единичным зерном.....	3
4.2 Вывод основного уравнения шлифования	4
4.3 Определения числа одновременно режущих зерен в дуге контакта.....	6
5. Контрольные вопросы.....	9

Курдюков Владимир Ильич
Андреев Андрей Анатольевич

**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ
ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ШЛИФОВАНИЯ ДЛЯ СХЕМЫ ПЛОСКОЙ
МНОГОПРОХОДНОЙ ОБРАБОТКИ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплинам: «Основы абразивной обработки» ;«Технологические процессы
финишной обработки деталей машин»
образовательной программы высшего образования - программы бакалавриата
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
Направленность: Технология машиностроения

Авторская редакция

Подписано к печати 27.11.17
Печать цифровая
Заказ №201

Формат
Усл. печ. л. 0,75
Тираж 20

Бумага тип
Уч. изл. л.
Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета
640020, г. Курган, ул. Советская,63/4.
Курганский государственный университет