

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»

ПРОЧНОСТЬ АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА

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.А. Андреев

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

Освоить методы и методики определения прочности абразивных зерен, установить характер зависимости прочности от геометрических параметров зерен и их материалов.

2 ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ОСНАСТКА И МАТЕРИАЛЫ

- 2.1 Установка для определения прочности абразивных зерен.
- 2.2 Насыпки абразивных зерен
- 2.3 Компьютер
- 2.4 Виртуальный лабораторный стенд для определения прочности абразивных зерен

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

- 3.1 Ознакомиться с общими положениями, касающимися вопроса прочности абразивных зерен.
- 3.2 Изучить методику и работу установки по раздавливанию единичных зерен.
- 3.3 Изучить методику проведения лабораторной работы на виртуальном стенде.
- 3.4 Провести эксперимент по определению прочности зерен каждой насыпки.
- 3.5 Обработать полученные экспериментальные данные и проиллюстрировать результаты в виде графиков зависимостей прочности зерен от зернистости шлифматериала для различных его марок.
- 3.6 Сформулировать выводы по работе.
- 3.7 Оформить отчет, где кратко изложить: проблемы прочности абразивных зерен; методику определения прочности зерен; результаты испытаний в виде таблиц и графиков, иллюстрирующих характер зависимости прочности от геометрических параметров зерен и их материала.

4 СУТЬ ПРОБЛЕМЫ ПРОЧНОСТИ АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА

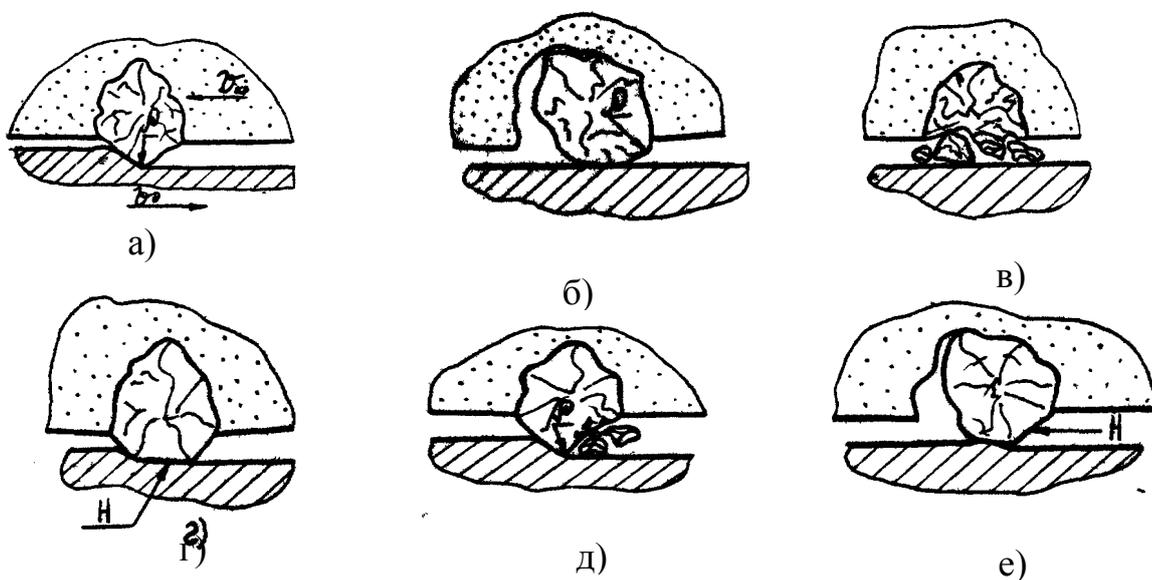
Шлифование представляет собой процесс массового снятия элементарных стружек большим числом мельчайших абразивных зерен. Чем больше объем каждой элементарной стружки и большее число таких стружек снимается абразивным инструментом в единицу времени, тем выше производительность шлифования.

Однако с увеличением объема элементарной стружки, т.е. стружки, снимаемой одним абразивным зерном, возрастает и усилие, действующее на это зерно со стороны обрабатываемого материала. Поэтому увеличить таким путем производительность шлифования можно только при условии, если режущее зерно обладает достаточным запасом прочности.

Отсюда можно заключить, что чем выше прочность абразивных зерен, тем большей режущей способностью она обладают и тем большую производительность шлифования они могут обеспечить. В действительности же дело обстоит сложнее. Во-первых, высокая прочность может и не реализоваться, если они недостаточно прочно закреплены в инструменте (рисунок 1 б), т.е. в этом случае уровень производительности шлифования

будет ограничиваться не прочностью зерен, а прочностью их удержания в инструменте. Во-вторых, если даже предположить, что бесконечно прочное зерно удерживается в абразивном инструменте бесконечно прочно, то и в этом случае обеспечить беспредельно увеличение производительности оказывается невозможно по следующей причине.

В процессе работы режущие вершины рабочих зерен, первоначально имеющие какой-то радиус округления, будут затупляться за счет истирания их об обрабатываемый материал с образованием площадок износа (рисунок 1 г). С ростом размеров этих площадок возрастают силы сопротивления внедрению зерен в обрабатываемый материал, и, как следствие, растут силы трения и температура в контакте зерно – обрабатываемый материал. В результате на обработанной поверхности могут появиться «прижоги» – структурные превращения в поверхностном слое, нарушающие его исходные физико-механические свойства. Кроме того, под действием высоких температур в зоне контакта обрабатываемый материал размягчается и начинает налипать на зерна вместе с отходами шлифования, быстро заполняя межзерновое пространство. Наступает так называемое «засаливание» инструмента и он полностью теряет свою режущую способность. После этого восстановить работоспособность инструмента можно только принудительно путем его правки, т.е. удаления верхнего «засаленного» слоя правящим инструментом, например, алмазным карандашом. При этом резко возрастает расход инструмента и падает производительность шлифования.



- а) возможные варианты нарушения работоспособности режущих абразивных зерен; б) вырывание еще неизношенного зерна (слабое закрепление его в связке); в) разрушение еще неизношенного зерна (низкая его прочность); г) затупление вершины зерна с образованием площадки износа H ; д) раскалывание зерна с образованием новой или новых режущих вершин при достижении критических размеров площадки износа; е) вырывание зерна при достижении критических размеров площадки износа

Рисунок 1 – Схема работы абразивного зерна

Избежать описанного явления можно, если создать такие условия работы инструмента и так подобрать его физико-механические характеристики, что при достижении критической степени затупления режущих зерен на его рабочей поверхности автоматически бы происходило восстановление работоспособности инструмента. Например, под действием возросшей силы сопротивления внедрению изношенных зерен в обрабатываемый материал происходило бы их частичное скалывание с образованием новых острых вершин (рисунок 1 д), либо их вырывание с рабочей поверхности инструмента (рисунок 1 е), что позволит вступить в работу зернам, вершины которых находились глубже вершин изношенных зерен.

В первом случае, если учесть, что допустимая величина площадки износа *H* определяется физико-механическими характеристиками обрабатываемого материала, равно как и уровень силы, действующей на эту площадку, то становится ясно, что для обработки конкретного материала требуются зерна определенной прочности.

Во втором случае можно использовать и более прочные зерна, но необходимо обеспечить определенную прочность их удержания на рабочей поверхности инструмента. Однако в этих условиях износ инструмента происходил бы более интенсивно, а потенциальная режущая способность зерен использовалась бы менее эффективно, чем в первом случае.

Таким образом, прочность абразивных зерен является одной из важнейших физико-механических характеристик, определяющих работоспособность абразивного инструмента и производительность процесса шлифования.

5 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН

На практике определение прочности зерен связано с определенными техническими трудностями, обусловленными их малыми размерами, нестабильностью формы и хрупким характером разрушения. Однако в настоящее время разработано большое число методов и устройств, позволяющих с той или иной степенью точности и трудоемкости определить прочность абразивного зерна.

В общем случае, каждый из них может быть отнесен к одной из следующих групп.

1 Испытание на прочность насыпки зерен с последующим ситовым анализом осколков.

2 Испытание на прочность единичных абразивных зерен с приложением статической нагрузки.

3 Испытание на прочность насыпки зерен с приложением динамической нагрузки.

4 Испытание на прочность единичных зерен с приложением динамической составляющей нагрузки.

5 Ударные испытания единичных зерен.

6 Исследование прочности абразивных зерен в процессе резания единичным закрепленным зерном.

Суть методик первой группы заключается в воздействии статической нагрузкой на насыпку зерен фиксированного веса в заданных условиях. Например, раздавливая насыпку зерен в прессформе определенным давлением или подвергая ее обработке на шаровой мельнице (США). За характеристику прочности зерен в этих случаях принимают соотношение веса неразрушенных зерен к весу насыпки. Данные методики, хотя и имеют низкую трудоемкость, страдают существенным недостатком. При разрушении насыпки в прессформе за счет трения зерен об ее стенки нижние зерна будут испытывать меньшие нагрузки, чем верхние. При использовании же шаровой мельницы некоторые зерна могут не испытывать нагрузки вообще, другие же будут нагружаться многократно. В этих условиях количество разрушенных зерен определится случайными факторами, а не фактической прочностью зерен.

Этот же недостаток присущ и методикам, использующим испытание насыпки зерен с приложением динамической нагрузки, например, методике фирмы «*Де Бирс*». Согласно этому методу, насыпка зерен помещается в закрытый цилиндр вместе со стальным шаром и цилиндру сообщается колебательное движение вдоль оси с частотой 40 Гц. По истечении регламентированного отрезка времени определяют количество целых зерен и по нему судят о прочности.

Более объективные данные по прочности зерен позволяют получить методики, предусматривающие разрушение единичных зерен с регистрацией не только предельных величин разрушающей нагрузки, но и ее характера.

По большинству из них, разрушение зерен осуществляется путем сжатия их между двумя достаточно твердыми пластинами (корундовыми, метало – или минералокерамическими). Различие же между ними состоит либо в способах фиксации момента разрушения зерна (визуальный; с помощью датчиков перемещений при разрушении зерна на $1/3$ или $1/2$ его части; по осциллограмме нагрузки), либо в способах подачи зерен в зону нагружения (ручной или автоматический, например, с помощью вибропитателя), либо по способу нагружения (ручное, механическое, механическое со стабилизацией скорости нагружения).

Для определения прочности зерна используют также ударные методы нагружения единичных зерен. В США применяется установка, представляющая собой футерованную ручную камеру с двумя расположенными в ней вращающимися лопастями, куда бросают по одному большое количество зерен (до 10000 шт.) Скорость падения зерна выбрана такой, что оно ударяется лопастью всего один раз. По результатам ситового анализа получают показатель хрупкости зерен.

Анализ недостатков существующих методов и устройств для испытания зерен на прочность, а также условий их нагружения при работе в процессе шлифования позволил сформулировать ряд основных требований и условий, соблюдение которых могло бы дать максимально объективные результаты по прочности испытываемых зерен.

1 Испытание зерен необходимо проводить путем разрушения при сжатии большого числа единичных зерен.

2 Скорость нагружения должна быть постоянной и одинаковой для всех испытываемых зерен.

3 С целью сокращения трудоемкости установка должна работать в автоматическом цикле.

4 Использовать критерий разрушения зерна, позволяющий автоматически и однозначно фиксировать разрушающую нагрузку.

Наиболее полно перечисленным требованиям отвечает методика и установка, используемые в данной лабораторной работе. (Третьяков И.П., Коротков А.Н., Кудряшов Б.П. Исследование прочности абразивных зерен. Обработка металлов резанием. Л., МДНТП, 1980, с. 43 – 46.)

6 МЕТОДИКА И УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН

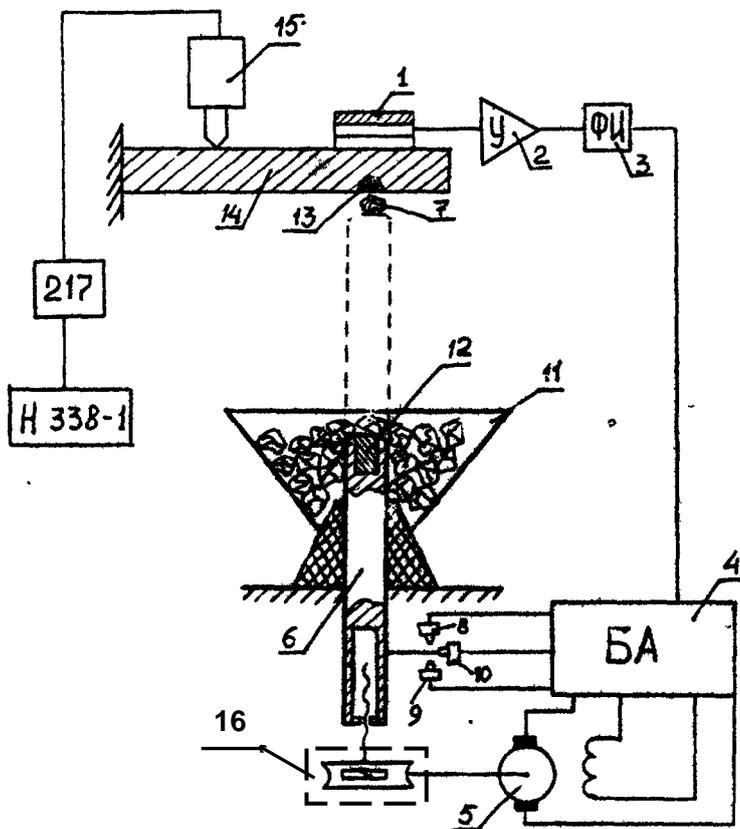
Методика основана на раздавливании единичных абразивных зерен между плоскими пластинками из твердого сплава при постоянной скорости нагружения, автоматической подаче зерна в зону нагружения и автоматической фиксации усилия в момент разрушения зерна с последующим расчетом средней прочности зерен в соответствии со статистической теорией хрупкой прочности.

Принцип работы установки (рисунок 2) заключается в следующем. Зерна из конического бункера 11 извлекаются по одному штоком 6, снабженным сменным твердосплавным наконечником 12, выполненным в виде усеченного конуса с площадкой, диаметр которой составляет 1,5х1,8 средневероятного размера испытываемых зерен. Испытуемое зерно поднимается штоком и поджимается к твердосплавной пластине 13, установленной на упругой консольной балочке 14.

Дальнейшее перемещение штока вызывает постепенное увеличение нагрузки на зерно 7 и смещение балочки 14 от исходного положения. Это смещение пропорционально нагрузке на зерно и измеряется датчиком перемещений 15 индуктивного типа.

При разрушении зерна балочка возвращается в исходное положение с ускорением, пропорциональным ее отжиму. Величина ускорения измеряется пьезоэлектрическим датчиком 1, сигнал от которого служит для реверсирования привода штока. Настройкой чувствительности усилителя 2 можно добиться срабатывания блока автоматики (БА) при «мелком» или «крупном» разрушении зерна. Перемещение штока в установке осуществляется с помощью винтовой пары с шагом 12 мм. Вращение винту сообщает электродвигатель 5 через редуктор 16.

Выходной сигнал от датчика перемещений упругой балочки регистрируется самописцем НЗ38 – 1.



- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1 Пьезодатчик ускорения; | 8,9,10 – микропереключатели; |
| 2 Усилитель; | 11 Бункер; |
| 3 Формирователь импульсов; | 12 Твердосплавный наконечник; |
| 4 Блок автоматики; | 13 Твердосплавная пластинка; |
| 5 Электродвигатель; | 14 Упругая балочка; |
| 6 Шток; | 15 Датчик перемещений; |
| 7 Зерно; | 16 Редуктор |

Рисунок 2 – Блок-схема установки

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Для проведения лабораторной работы предназначена компьютерная программа, основанная на методике раздавливания единичных абразивных зерен, и реализующая виртуальное проведение эксперимента. В диалоговом режиме пользователю предлагается выбрать в качестве исходных данных материал зерен и их зернистость. Далее программа выдает сто случайных значений разрушающей нагрузки, выбранных из тысячи зерен различных диаметров. Автоматически строится гистограмма для десяти интервалов, на которой выдаются средние значения прочности и количество попавших зерен в каждый интервал.

Запустите программу кликом левой клавиши мыши по ярлыку Durability.exe, появится окно, представленное на рис. 3. В выпадающем меню 1 выберете марку абразивного материала, а в выпадающем меню 2 выберете диаметр зерен и зернистость абразивной насыпки. Кнопкой «пуск» (3) запустите имитацию работы экспериментальной установки. Для получения теоретических значений разрушающей нагрузки нажмите клавишу «расчет» (4),

в окошке слева (5) появятся значения разрушающей нагрузки для ста зерен и гистограмма их прочности по десяти интервалам.

По полученным данным следует произвести статистическую обработку в Microsoft Excel и определить среднюю разрушающую нагрузку и средний показатель однородности материала.

8 ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

При обработке результатов испытания прочности зерен необходимо учитывать все без исключения полученные значения разрушающей нагрузки.

Расчет вероятности разрушения зерен от действующей нагрузки произвести по формуле:

$$F(P_i) = \frac{n_i - 0,3}{N + 0,4};$$

где n_i – количество зерен, разрушившихся при нагрузке, меньшей или равной P_i ; N – общее количество испытанных зерен;

P_i – сила, приводящая к разрушению i – го зерна.

Полученные значения перевести в линейную систему координат по выражениям:

$$y_i = \ln \ln \left[\frac{1}{1 - F(P_i)} \right];$$

$$x_i = \ln P_i;$$

Далее, согласно методу средних квадратов, определить P_p – среднюю разрушающую нагрузку и показатель однородности материала зерна – m по формулам:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2};$$

$$P_p = e^{-a/m}$$

где $a = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} - m\bar{x}$.

Результаты завести в соответствующие протоколы.

9 ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1 Для сравнения прочностных свойств зерен из различных шлифматериалов провести испытания на прочность абразивных зерен зернистостью № 50 из электрокорундов марок: 14А, 24А, 91А, карбида кремния зеленого марки 64С.

2 С целью установления зависимости разрушающей нагрузки от размера зерен испытать зерна нормального электрокорунда зернистостью №50, №125, №160.

3 Построить графики зависимости разрушающей нагрузки зерен различных марок и различных размеров.

4 Сформулировать основные выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Почему прочность абразивных зерен является одной из важнейших физико-механических характеристик, определяющих работоспособность шлифовального инструмента?

2 Какие методы испытания зерен на прочность предпочтительнее и почему?

Содержание

1 Цель работы	3
2 Лабораторное оборудование, оснастка и материалы	3
3 Порядок выполнения работы	3
4 Суть проблемы прочности абразивного зерна	3
5 Краткая характеристика методов определения прочности абразивных зерен	5
6 Методика и установка для определения прочности абразивных зерен	7
7 Порядок проведения испытаний	8
8 Обработка экспериментальных данных	9
9 Задание на выполнение лабораторной работы	10
Контрольные вопросы	10

Курдюков Владимир Ильич
Андреев Андрей Анатольевич

ПРОЧНОСТЬ АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА

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 20.01.14	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. №1
Печать цифровая	Усл.печ.л. 0,75	Уч.изд.л. 0,75
Заказ 9	Тираж 22	Не для продажи

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