

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»

## **ИЗНОС И СТОЙКОСТЬ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА**

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**

Изучить характер протекания износа абразивных инструментов различных характеристик, ознакомиться с критериями и методами оценки интенсивности изнашивания инструмента и его стойкости. Исследовать зависимость износа и стойкости абразивного инструмента от режимов шлифования.

## **2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА**

- 1 Шлифовальный станок.
- 2 Приспособление для измерения величины износа шлифовального круга.
- 3 Аналитические весы или спецприспособление для автоматического измерения массы снятого металла.
- 4 Штангенциркуль, микрометр.
- 5 Круги абразивные.
- 6 Заготовка.

## **3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 1 Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении лабораторной работы.
- 2 Изучить настоящие методические указания.
- 3 Приобрести необходимые навыки работы на лабораторном оборудовании и его оснастке.
- 4 Провести исследование износа шлифовального круга.
- 5 Установить зависимость стойкость шлифовального круга – скорость съема металла, коэффициент шлифования – скорость съема металла.
- 6 Определить расход шлифовальных кругов для заданных условий шлифования.
- 7 Оформить отчет, где изложить суть работы, представить результаты в виде необходимых таблиц и графиков, проанализировать полученные данные и сделать выводы.

## **4 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ИЗНОСУ И СТОЙКОСТИ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

Абразивные зерна на рабочей поверхности инструмента при контакте с обрабатываемым материалом испытывают периодическое силовое и тепловое воздействие. В результате этого воздействия истираются режущие вершины зерен с образованием на них площадок износа и налипанием частичек металла, происходит выкрашивание (скальвание) микрочастиц абразивных зерен вследствие ударной нагрузки и усталости, вырываются и целые зерна из связки.

Все эти процессы приводят к изнашиванию абразивного инструмента, т.е. уменьшению его массы и размеров.

В зависимости от того, какой из процессов преобладает, абразивный

инструмент работает в режиме затупления или затупления, сопровождаемого «засаливанием» или самозатачиванием. Режимы затупления и «засаливания» сопровождаются незначительными изменениями размеров инструмента (незначительным размерным износом), но приводят к быстрому ухудшению его режущих свойств и, как следствие, – частой правке. Режим же самозатачивания характеризуется интенсивным размерным износом, быстрой потерей геометрической формы инструмента, т.к. является результатом скалывания и вырывания изношенных зерен, а вместе с ними и неизношенных, с его рабочей поверхности. Но вместе с тем, за счет этих же явлений, автоматически возобновляется режущая способность инструмента, и он не требует правки, если нет необходимости поддерживать его геометрическую форму.

Для оценки износа – количества частиц рабочего слоя, отделившихся вследствие изнашивания абразивного инструмента, используют два основных показателя:

а) *скорость изнашивания  $Qa$*  ( $\text{см}^3/\text{мин}$ ;  $\text{г}/\text{мин}$ ;  $\text{см}^3/\text{мин}$ ), т.е. отношение износа (объемного,  $\text{см}^3$ ; массового,  $\text{Г}$  или поверхностного,  $\text{см}^3$ ) ко времени резания, в течение которого этот износ произошел, на единице ширины рабочего слоя инструмента;

б) *коэффициент шлифования  $K$*  ( $\text{см}^3/\text{см}^3$ ;  $\text{Г}/\text{мГ}$ ) - отношение наработки (съема металла за время изнашивания) к износу абразивного инструмента.

При этом, как правило, меньшие значения коэффициента шлифования при обработке одного материала соответствуют более интенсивным режимам шлифования и более мягкому инструменту, и говорят о более низкой стойкости инструмента.

*Стойкость абразивного инструмента* – свойство этого инструмента сопротивляться затуплению, «засаливанию» или потере геометрической формы в процессе шлифования. Время работы инструмента между двумя последовательными правками, в течение которого он соответствует заданным требованиям, называется *периодом стойкости*. Критериями, определяющими необходимость правки инструмента, могут быть:

а) выход размеров изделия за пределы заданной точности, связанный с размерным износом инструмента;

б) выход шероховатости обработанной поверхности за заданные пределы из-за неравномерного износа инструмента, прогрессирующей его волнистости, усиления вибрации;

в) недопустимое повышение температуры шлифования и связанная с этим опасность появления прижогов на обработанной поверхности или структурных изменений в поверхностном слое;

г) снижение скорости съема обрабатываемого материала, вызванное затуплением инструмента (в основном, это относится к инструменту, работающему с постоянной силой прижима к детали, на-пример, при хонинговании).

Возможны следующие способы определения периода стойкости инструмента:

1) наблюдение оператора за ходом процесса шлифования;

- 2) обработка пробной партии деталей;
- 3) измерение интенсивности вибрации;
- 4) определение эффективной мощности шлифования или измерения тангенциальной составляющей силы резания;
- 5) измерение температуры шлифования;
- 6) измерение скорости съема металла (для инструментов, работающих с постоянной силой прижима к детали).

Выбор того или иного способа фиксации момента затупления инструмента зависит от конкретных условий обработки и технических требований к детали. В общем случае, коэффициент шлифования  $K$ , скорость изнашивания  $Qa$  абразивного инструмента и период его стойкости  $T$  зависят от размеров и характеристики инструмента, материала и конфигурации обрабатываемой детали, режима шлифования, жесткости и виброустойчивости шлифовального станка, среды, в которой идет обработка. Наиболее существенными из перечисленных факторов являются вид обрабатываемого материала, режим шлифования и характеристики инструмента.

Влияние режима шлифования на период стойкости  $T$  инструмента, на скорость его изнашивания  $Qa$  и коэффициент шлифования  $K$  чаще всего выражают в виде степенных зависимостей:

$$T = \frac{C_T}{Q^m}; \quad Qa = C_a \cdot Q^n; \quad K = C_K / Q^l; \quad (A)$$

где  $Q$  – интенсивность съема металла, см<sup>3</sup>/мин;

$C_T, C_a, C_K$  – коэффициенты, зависящие от характеристики обрабатываемого материала, размеров и характеристики инструмента, др. факторов;

$m, n, l$  – показатели степени, зависящие от условий шлифования.

Значения  $C_T, C_a, C_K, m, n, l$  определяются экспериментально.

## 5 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

### 5.1 Исследование характера изменения объемного износа $V_a$ абразивного круга от времени его работы $\tau$

Эксперименты проводят при плоском шлифовании образца обрабатываемого материала абразивным кругом, характеристики которого соответствуют рекомендациям практики шлифования выбранного обрабатываемого материала. Режимы шлифования также выбирают согласно рекомендациям справочной литературы.

Выбрав один из рекомендуемых критериев затупления круга, производят шлифование образца до полной потери режущей способности инструмента, периодически измеряя его объемный износ. Количественную оценку величины износа инструмента производят непосредственно измерением его размеров или взвешиванием. Первый способ наиболее практичен. Измерение можно выполнить с помощью микрометра (для кругов небольших размеров) или индикатора с плоской головкой: от специальной базы, взятой на станке, или

базой может служить наружная поверхность планшайбы, дополнительное кольцо, установленное на планшайбе вместе с кругом, или наклеенные на торец круга сегменты с обточенной наружной поверхностью, или кольцевой уступ, предварительно выбранный на круге алмазным карандашом. Измерение производят не менее, чем в 4-х точках по окружности круга и в трех точках вдоль образующей. Определив среднюю величину радиального износа  $\Delta R$ , можно рассчитать объем изношенной части круга:

$$V_a = \pi \cdot D \cdot H \cdot \Delta R,$$

где  $D$  – средний диаметр круга, равный полусумме диаметров до и после шлифования;

$H$  – высота круга. В результате измерений строят график зависимости износа круга от времени его работы за период стойкости.

## 5.2 Исследование зависимостей $T=f(Q)$ , $Q_a=f(Q)$ , $K=f(Q)$

Эксперименты проводят при плоском шлифовании образца обрабатываемого материала абразивным кругом, характеристики которого соответствуют рекомендуемым практикой шлифования выбранного образца обрабатываемого материала. За основу режимного фактора принимают скорость  $Q$  съема металла в единицах объема или веса, независимо от того, каким сочетанием подач достигается заданное значение  $Q$ . В основу такого подхода заложен тот факт, что работоспособность шлифовального круга и его стойкость зависят от нагрузки на каждое режущее зерно, которая, в свою очередь, определяется количеством металла и скоростью его перехода в стружку.

Для случая плоского шлифования теоретическая интенсивность съема металла может быть подсчитана по выражению:

$$Q_T = 10 \cdot v \cdot s \cdot t, \text{ см}^3/\text{мин}$$

где  $v$  – продольная подача стола, м/мин;

$s$  – поперечная подача стола, мм/ход;

$t$  – вертикальная подача круга или глубина шлифования, мм/ход.

Величина фактической скорости съема металла  $Q$  всегда меньше скорости съема  $Q_T$ , задаваемой режимом обработки. Это происходит из-за размерного износа круга и упругих отжатий в системе «станок-инструмент-деталь» под действием радиальной составляющей силы резания. Последнее является функцией жесткости технологической системы, режимов шлифования. По этой причине среднюю величину  $Q$  следует для каждого опыта определять отдельно, измеряя или взвешивая образец обрабатываемого материала до и после опыта. Разница объемов или весов, деленная на время чистого резания за опыт, и даст значение фактической интенсивности съема в объемных или весовых единицах.

Планируют эксперимент следующим образом. Вначале выбирают по справочной литературе рекомендуемые параметры режима шлифования ( $v$ ,  $s$ ,  $t$ ) для испытываемого обрабатываемого материала. Если же данных по режимам его обработки нет, то берут значения этих параметров, рекомендованные для материала, близкого по химсоставу и термообработке. Пробным шлифованием

оценивают данный режим с точки зрения возможности фиксации с достаточной степенью точности периода стойкости абразивного инструмента. Затем определяют величину фактической скорости съема металла, соответствующую полученному периоду стойкости. Относительно этой интенсивности выбирают еще 2-3 ее значения, либо по одну сторону от пробного, если период стойкости, полученный в пробном опыте, достаточно большой или достаточно малый, либо по разные - при среднем значении  $t$ .

Выбирают сочетания  $v, s, t$ , соответствующие планируемой интенсивности съема, и проводят шлифование на этих режимах до достижения заданного критерия момента правки. Измеряют износ круга  $V_a$ , определяют объем или вес снятого металла  $V_m$ , период стойкости и эти данные заносят в протокол. По данным протокола рассчитывают значения  $Q_a$  и  $K$  по выражениям:

$$Q_a = V_a / T;$$

$$K = V_m / V_a;$$

для каждого значения  $Q$ .

В логарифмических координатах строят графики зависимостей  $Q_a=f(Q)$ ,  $K=f(Q)$ ,  $T=f(Q)$ . Так как зависимости степенные, то их графики в таких координатах представляют собой прямые линии, тангенсы углов наклона которых дадут значения соответствующих степеней  $m, n, l$ , а значения функций при  $Q=1$  см<sup>3</sup>/мин будут равны коэффициентам  $C_a, C_k$  и  $C_T$  (смотри выражения А). Получив эти данные, записывают выражения А с учетом значений коэффициентов. Практическое значение данных характеристик заключается в следующем.

1 Если известна характеристика  $T - Q$  и задана стойкость, то по полученной формуле  $T=f(Q)$  можно определить значение  $Q$ , откорректировав его с учетом коэффициента  $K_C=Q_T/Q$ , величину которого можно рассчитать по данным проведенных экспериментов, и назначить параметры режима шлифования ( $v, s, t$ ).

2 Все эти характеристики могут служить для сравнительной оценки как работоспособности абразивных инструментов различных характеристик, так и обрабатываемости различных материалов. Так, чем меньше значения показателей степеней  $m, n, l$ , тем работоспособность инструмента выше или лучше обрабатываемость материала.

### 5.3 Определение расхода шлифовальных кругов

Расход шлифовального круга определяется износом в процессе шлифования и объемом, удаляемым в процессе его правок. Если круг работает без правок до полного износа, то расход и износ круга совпадают.

Износ круга  $h_T$  в направлении, перпендикулярном к его рабочей поверхности, обычно колеблется в пределах 10 – 50 мкм за время, равное периоду стойкости  $T$ . Большие значения износа относятся к более мягким кругам (СМ1 и мягче). Средняя толщина слоя, снимаемого за одну правку, обычно составляет  $h_{пр} = 15 \div 100$  мкм.

Объемный расход круга на обработку одной детали может быть определен по формуле:

$$q_0 = \pi \cdot D \cdot H \cdot h / N,$$

где  $D$  – средний диаметр рабочей поверхности круга, равный полусумме диаметров между двумя правками, мм;

$H$  – высота рабочей поверхности круга, мм;

$h = h_{\text{пр}} + h_{\text{Г}}$  – изменение радиуса круга вследствие износа и расхода при правке, мм;  $N$  – количество деталей, обработанных за период стойкости круга между двумя правками.

Зная величину объемного расхода круга на обработку одной детали и наименьший допустимый диаметр полностью изношенного круга, легко рассчитать требуемое количество кругов для выполнения заданной программы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 При каких условиях возможно засаливание абразивного инструмента?
- 2 При каких условиях абразивный круг будет работать в режиме самозатачивания?
- 3 Как определяется износ абразивного инструмента?
- 4 Как определяется объемный съем металла?



## Содержание

1	Цель работы	3
2	Технологическое оборудование и оснастка	3
3	Порядок выполнения работы	3
4	Краткие сведения по износу и стойкости абразивных инструментов	3
5	Методика проведения эксперимента	5
5.1	Исследование характера изменения объемного износа $V_a$ абразивного круга от времени его работы $\tau$	5
5.2	Исследование зависимостей $T=f(Q)$ , $Q_a=f(Q)$ , $K=f(Q)$	6
5.3	Определение расхода шлифовальных кругов	7
	Контрольные вопросы	8

Курдюков Владимир Ильич  
Андреев Андрей Анатольевич

## **ИЗНОС И СТОЙКОСТЬ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА**

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 10	Тираж 22	Не для продажи

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640646, г. Курган, ул. Гоголя, 25  
Курганский государственный университет.