

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КРУГА НА СТАНКЕ

Лазарев Д.С., Гусев В.В. (кафедра МСМО, ДонНТУ, г. Донецк,)   
Тел./Факс: +38 (066) 3086754; E-mail: [msmo@fimm.dgtu.donetsk.ua](mailto:msmo@fimm.dgtu.donetsk.ua)

*Аннотация.* В статье рассмотрены методы контроля линейного износа, состояния рабочей поверхности круга. В настоящее время существуют методы, которые позволяют определить степень износа как во время работы, так и вне нее.

*Ключевые слова:* шлифование, износ, алмазный круг, датчик, лазер, диод, триангуляция.

## 1. Введение

Технологический процесс шлифования является одним из широко распространенных в машиностроении. Так, в отечественном машиностроении доля шлифовальных станков составляет 12 %, а в автомобилестроении – до 25 %. Алмазное шлифование является наиболее эффективным способом съема материала припуска в керамических заготовках вследствие их высокой твердости. К шлифовальному кругу, как к режущему инструменту, предъявляются большие требования в отношении поддержания остроты режущих кромок и сохранения требуемой формы профиля круга. Если прочность закрепления абразивных зерен в инструменте ниже прочности самих зерен, то изнашивание происходит за счет выкрашивания зерен, а круг работает в режиме самозатачивания. Самозатачиванием называют свойство круга сохранять работоспособность вследствие образования новых режущих кромок в процессе обработки. Если прочность абразивных зерен окажется ниже прочности их закрепления в шлифовальном круге, то изнашивание происходит частично за счет хрупкого разрушения и скалывания зерен, а частично — в результате их истирания обрабатываемым материалом. Такое изнашивание носит название затупления круга и заключается в образовании площадок износа на поверхности абразивных зерен и уменьшении режущей способности инструмента, что проявляется в увеличении силы резания до двух раз. Кроме того, неравномерный износ круга приводит к изменению его профиля.

Нестабильность рабочих характеристик шлифовального круга, изменение их во время обработки заготовок приводит к изменению качества поверхности слоя детали. Поэтому возникает необходимость в правке шлифовального круга.

**Цель работы и задачи исследования.** Анализ методов измерения степени износа алмазного шлифовального круга при обработке деталей.

## 2. Основное содержание работы.

Для восстановления режущей способности шлифовальных кругов, их геометрической формы и микропрофиля рабочей поверхности периодически производят правку, т. е. приводят круг в работоспособное состояние. Существует большое количество методов измерения степени износа шлифовального круга, которые рассмотрены ниже.

**Косвенный способ измерения степени износа алмазных шлифовальных кругов путем измерения силы резания.**

Силы резания при шлифовании влияют на качество обработанной поверхности, а также по уровню сил можно оценить степень износа алмазного круга и своевременно прибегнуть к восстановлению его режущих свойств.

Экспериментальное определение величины и характера изменения сил резания при шлифовании производилось многими исследователями с применением различных изме-

рительных средств. На первых этапах исследовательских работ определяли силу резания через измерения мощности, развиваемую электродвигателем при шлифовании с помощью ваттметра.

Величину тангенциальной составляющей силы резания определяют расчетным путем[1]:

$$P_z = \frac{9,8 \cdot 75 N_э}{0,736 v_{кр}} \approx 988 \frac{N_э}{v_{кр}} \text{ Н,}$$

где  $N_э$ -эффективная мощность в кВт, развиваемая на шпинделе;  $v_{кр}$ -окружная скорость круга в м/с.

Рассматриваемый метод прост, но не позволяет измерить составляющие силы резания и не точен, так как определяет полную мощность, включая и потери на трение в механизмах станка.

Для непосредственного измерения составляющих сил можно использовать динамометрические устройства. Динамометр может быть изготовлен в виде упругой муфты с плоскими радиально-расположенными пружинами [1]. Можно так же использовались проволочные датчики сопротивления, установленные на двух центрах (переднем и заднем) станка. Два динамометрических центра позволяют фиксировать силу резания в процессе шлифования при любом положении шлифовального круга относительно обрабатываемой детали. Однако, данный метод применим только при установке детали в центрах.

#### **Способ бесконтактного измерения степени износа алмазных шлифовальных кругов путем измерения вибрации шлифовального круга [2].**

При изменении состояния рабочей поверхности круга возникают вибрации, вызванные как вибрациями непосредственно самого шлифовального круга, так и механизмами станка.

Перемещение в технологической системе при возникновении вибрации основаны на измерении расстояния между шлифовальным кругом и датчиком емкостным методом. Схема измерения показана на рисунке 1. Емкостной датчик образован металлической пластиной 1 с устройством 2 для измерения начального зазора  $\Delta$  и поверхностью шлифовального круга 3, которую предварительно смачивают электропроводной жидкостью. В качестве электропроводной жидкости используют эмульсию или водопроводную воду. При измерении шлифовальный круг приводят во вращение. В качестве привода используют либо специальный стенд (при установке шлифовального круга на оправку), либо привод станка (при измерении непосредственно на шпинделе станка). При наличии относительных колебаний между поверхностью круга и пластиной 1 изменяется величина зазора  $\Delta$ , что приводит к изменению емкости зазора между пластиной 1 и влажной поверхностью шлифовального круга 3. Изменение емкости с помощью специального усилителя 4 преобразуется в электрический сигнал, который записывается регистрирующим прибором 5 (см. рис.1).

Это способ является бесконтактным способом измерения степени износа шлифовальных кругов и почти не находит практического применения, так как имеет низкую точность измерения. Данный метод является косвенным принципом измерения степени износа круга, отличающийся сложностью обработки результатов измерения и значительными погрешностями, не позволяет оценить неравномерность износа. Неточность в измерении вызваны зависимостью зазора от состояния жидкости, которая не контролировано меняется.

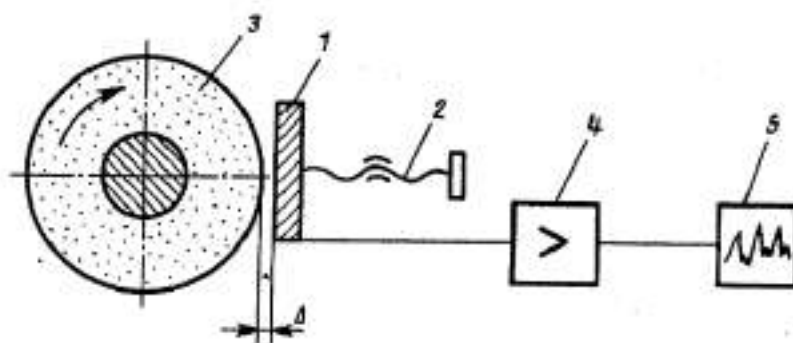


Рис. 1. Схема измерений вибраций шлифовального круга.

**Фотоэлектрический метод бесконтактного измерения степени износа шлифовального круга [3].**

На рис.2 изображена принципиальная схема измерительного устройства при измерении степени износа алмазно-абразивного круга.

Фотоэлектрическое устройство для бесконтактного измерения степени износа рабочего инструмента содержит оптико-электронный блок, включающий в себя два осветителя 1, объектив 2, полевую диафрагму 3, конденсатор 4, два фотоприемника 5 и блок 6 сравнения; регистратор, выполненный в виде стрелочного индикатора 7; и два светоотражающих элемента 8 и 9, выполненные в виде пластин.

Светоотражающие элементы 8 и 9 закреплены на боковой поверхности круга 10, причем элемент 8 размещен в зоне износа, а элемент 9 - вне ее.

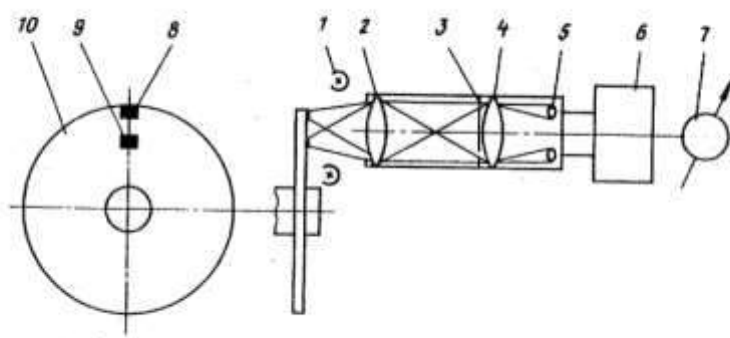


Рис. 2. Фотоэлектрическое устройство для бесконтактного измерения степени износа шлифовального круга

Устройство работает следующим образом: перед началом измерений схема настраивается таким образом, чтобы на выходе блока 6 сравнения сигнала не было, то есть показание индикатора 7 было нулевым. По мере износа круга 10 с уменьшением его размеров уменьшается и площадь отражающего элемента 8, поскольку он размещен по краю круга. При этом сигнал, который считывается фотоприемником, регистрирующим величину потока элемента 8, уменьшается, а сигнал, полученный другим фотоприемником от базового отражающего элемента 9, остается неизменным. Баланс схемы нарушается, на выходе блока

б сравнения появляется выходное напряжение, по величине которого и судят о снижении износа алмазно-абразивного круга 10.

Фотоэлектрический метод является бесконтактным методом, прост в реализации, но главный недостаток-относительно небольшая точность. В качестве излучателя светового потока используется поверхность рабочего инструмента. Для повышения точности измерения степени износа инструментов с низкой отражательной способностью устройство снабжено двумя отражающими световой поток элементами, один из которых размещен в зоне износа, а второй - вне ее и является базовым.

Рассматриваемый метод позволяет определить только линейный износ, но не характеризует состояние рабочей поверхности шлифовального круга.

**Пневматический метод бесконтактного измерения степени износа шлифовального круга [4].**

Известен способ бесконтактного измерения степени износа алмазных шлифовальных кругов с помощью пневматического датчика. Предлагаемый метод заключается в том, что к торцу шлифовального круга подводится сопло, через которое подается воздух под давлением, расход подводимого воздуха определяют за счет разности показаний длиномера пневматического датчика. В качестве измерительной базы принимают рабочую поверхность алмазного шлифовального круга. Это позволяет повысить точность измерения износа шлифовального круга в процессе работы.

**Оптический метод измерения степени износа шлифовального круга [5,6].**

Большинство оптических методов основаны на лазерной триангуляции. Основные элементы установки: лазерный диод и позиционно-чувствительный детектор (ПЧД) с усилителем и двумя линзами (рис. 3). Датчик крепится на двух осях блока шагового привода с возможностью перемещения в направлении, перпендикулярном к поверхности шлифовального круга и в осевом направлении. Данный метод позволяет проводить измерения при скорости круга до 300 м/с. Так же возможно определить радиальное биение.

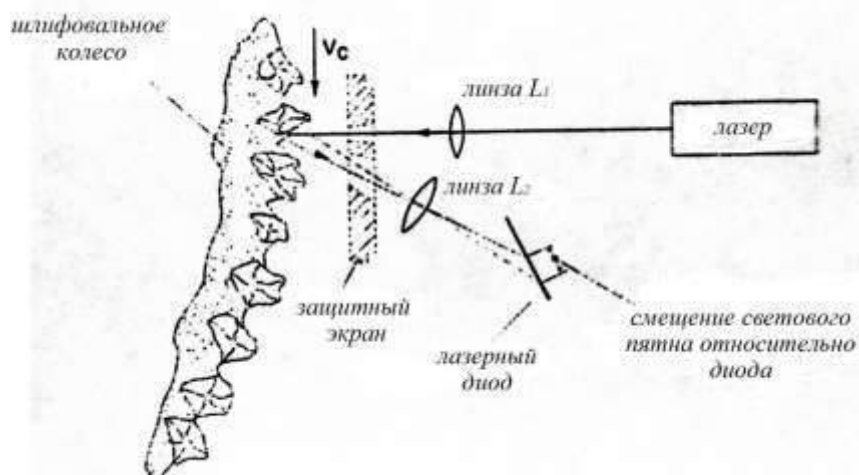


Рис. 3 .Оптическая установка для измерения степени износа шлифовального круга.

**Метод профилографирования [7].**

Данный метод относится к экспериментальному определению характеристик рабочей поверхности круга. Линейный износ круга измеряется с помощью специального стационарного приспособления в 6 фиксированных точках по периферии и в трех точках вдоль образующей круга с точностью  $\pm 0,001$  мм. Измерение диаметра шлифовальных кругов менее 50 мм в процессе его работы производили микрометрами с погрешностью  $\pm 0,004$  мм.

Характер износа алмазных зерен исследуется по фотографиям, полученным на металлографическом микроскопе ММР с увеличением  $200^{\times} - 500^{\times}$ .

На кафедре ДонНТУ было разработано специальное устройство (рис.4) для записи режущего профиля алмазного круга на металлической связке с выделением зерен из общего рельефа круга. Оно построено на базе профилограф-профилометра 4, электронного блока 3 и приспособления 2. Информация выводится на ленту самопишущего прибора профилограф-профилометра 5. На приспособлении 2 располагается датчик профилограф-профилометра, который регистрирует колебания коромысла с лопаточкой, которое, перемещающегося в соответствии с изменением профиля круга.

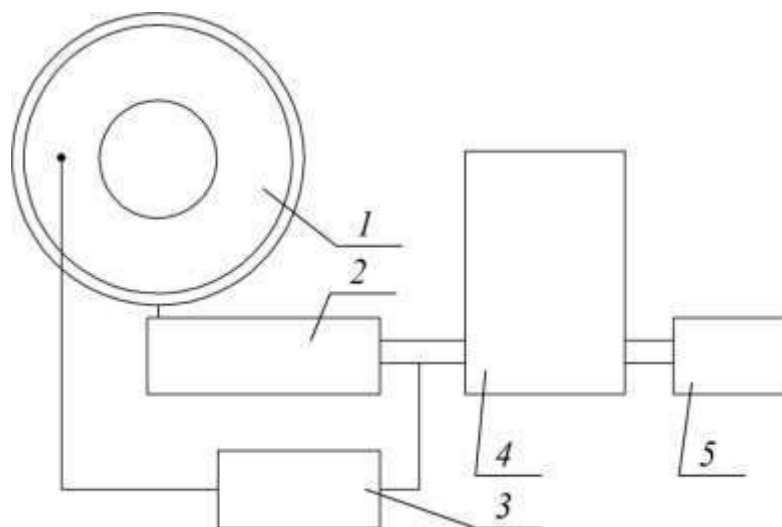


Рис. 4. Структурная схема устройства для записи режущего профиля алмазного круга

Здесь же располагается привод вращения круга, состоящий из малооборотного двигателя, блока редукции и приводного капролонового ролика. При помощи пониженной редукции достигается очень малая частота вращения алмазного круга – 1 оборот за 10 часов для круга диаметром 200 мм, соответствующая линейной скорости перемещения, равной 1 мм/мин. Такая скорость трассировки круга соответствует скоростям протяжки датчика, применяемым при профилографировании поверхности детали.

Перед записью профиля рабочей поверхности круга производилась тарировка всего измерительного устройства. Для этого использовалась микрометрическая скоба с ценой деления 2 мкм. Длина профилограммы составляла не менее 15-20 мм рабочей поверхности круга.

Привод вращения круга имеет возможность смещения в вертикальном направлении, что позволяет его использовать для различных размеров алмазных кругов. В качестве контактирующего элемента применяется лопаточка, выполненная из закаленной стали. Толщина ее составляет 0,05 мм, а ширина варьировалась в пределах от 0,1 до 0,7 мм в зависимости от зернистости круга и задач исследований. Запись алмазных зерен воспроизводит изображение набора частиц, находящихся в пересекаемой плоскости щупа, в искаженном виде. Профилограмма поверхности круга является плоскостью ортогональных проекций всех элементов структуры, содержащихся в объеме, отсекаемом краями щупа. Анализ получаемого рельефа круга по профилограмме требует применения методов

стереологической реконструкции поверхности, которая аналогична анализу структуры фольги при электронной микроскопии.

При профилографировании лопаточкой с выделением связки за счет ее токопроводности происходит то же, что и при исследовании тонкой фольги или тонкого среза поля непрозрачных элементов в прозрачной среде.

Недостатком этого метода является возможность осуществления измерения только при отсутствии процесса резания и скорости круга 0,01 м/с.

### **3. Заключение**

Таким образом, к наиболее перспективным относится оптический метод определения характеристики рабочей поверхности круга. Однако, в связи с отсутствием материальной базы и программного обеспечения, для обработки результата сканирования практическое применение данного метода затруднено. С информативной точки зрения оптическому методу наиболее соответствует метод профилографирования. С помощью данного метода можно оценивать такие изменения на рабочей поверхности как: число зерен на единицу рабочей поверхности, плотность распределения вершин зерен, высоту рабочего слоя, состояние вершин алмазных зерен. Для автоматизации процесса правки пригоден так же и косвенный метод определения износа круга через измерения составляющих силы резания.

**Список литературы:** 1. Маслов Е.Н./Теория шлифования материалов-Москва: Машиностроение, 1974-320 с. 2. Авторское свидетельство №444632. СССР. Способ бесконтактного измерения вибраций шлифовального круга/ Болотов Б.Е., Трубников В. В. - №1897640/258; заяв. 28.03.73; опуб. 30.09.75. 3. Авторское свидетельство №448366. СССР. Фотоэлектрическое устройство для бесконтактного измерения степени износа рабочего инструмента/ Ронталь Г.Д., Ивашев Ф. Д., Френкель Ш.Т., Вогман Г.А. - №1696795/25-28 ; заяв. 17.09.71; опуб. 30.10.74, Бюль. №40. 4. Авторское свидетельство №236026. СССР. Способ бесконтактного измерения степени износа алмазных шлифовальных кругов / Мамедов Д.М., Ляtifов Ф. Д., Тренин А.П., Садыхов А.И. - №1053461/25-8 ; заяв. 14.11.66 ; опуб. 24.01.69, Бюль. №6. 5. Toenshoff, H. K., Karpuschewski, B., Werner, F., 1993, Fast Sensor System for Diagnosis of Grinding Wheel and Workpiece, 5<sup>th</sup> Intern. Grinding Conf., Cincinnati, Ohio, USA. 6. Toenshoff, H. K., Karpuschewski, B., Hinkenhuis, H.: Regent, C., 1997, Potentiale der Uberwachung und Regelung von Schleifprozessen. VDS-Fachtagung Schleif-technik im Wettbewerb., 09.-10. Oct., Aachen. 7. Гусев В.В., Молчанов А.Д. К определению микрогеометрии рабочей поверхности шлифовального круга в статике // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Випуск 10. «ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВІДНОВЛЮЄМИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. ФІЗИЧНІ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ»-Харків:ХДТУСГ.-2002.-С.379-384.