

**Н. В. Азарова**, доц., канд. техн. наук, **А. Г. Мамолат**, магистр,  
**С. А. Поезд**, доц., канд. техн. наук, **В. П. Цокур**, канд. техн. наук, доц.,  
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Россия  
Тел./Факс: +38(062) 3010807; E-mail: mc@meth.dgtu.donetsk.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПРАВКИ АЛМАЗНЫХ КРУГОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

*Определен способ восстановления режущих свойств рабочей поверхности алмазного круга путем электроэрозионной правки медным электродом на рабочей скорости круга с применением в качестве охлаждающей жидкости 0,3% водного раствора кальцинированной соды. При использовании источника технологического тока ИТТ-35 за 10 мин снимается алмазоносный слой высотой 0,04мм, обеспечивая выступание зерен и удаление продуктов шлифования.*

**Ключевые слова:** медный электрод, алмазный круг, связка М2-01, электроэрозия.

**N. V. Azarova, A. G. Mamolat, S. A. Poezd, V. P. Tsokur**

### INVESTIGATION OF WAYS TO EDIT DIAMOND CIRCLES ON A METAL BUNDLE

*A method for restoring the cutting properties of the working surface of a diamond circle by electroerosive edging with a copper electrode at the working speed of the circle with the use of 0.3% aqueous soda ash solution as a coolant is determined. When using the ITT-35 process current source, a 0.04mm diamond-bearing layer is removed in 10 minutes, ensuring the protrusion of grains and the removal of grinding products.*

**Keywords:** grinding wheel, diamond grains, bind.

#### 1. Введение

Процесс шлифования предусматривает, что абразивный инструмент будет сам обновлять свою рабочую поверхность, но процесс обновления не является непрерывным и наступает такое состояние рабочей поверхности круга (РПК), когда обработанная поверхность не соответствует требованиям чертежу детали, и тогда необходимо принудительно восстанавливать РПК. Шлифовать детали из конструкционной и режущей керамики, твердого сплава, титановых сплавов и других труднообрабатываемых материалов можно только алмазными зернами высокой прочности, закрепления которых в круге осуществляется металлическими связками, что позволяет увеличить время работы каждого зерна и обеспечит повышение производительности и снижение стоимости обработки [1, 2, 3].

Многочисленными исследованиями установлено, что на алмазных зернах видны площадки износа, сколы части зерна, застрявшие и приваренные стружки (рис. 1), а на поверхности металлической связки канавки от контакта с обрабатываемым материалом, напыление мелкодисперсных частиц продуктов обработки на зерна и связку [3, 4, 5]. Для обеспечения процесса срезания стружек необходимо, чтобы в зоне контакта находилось нужное количество зерен, а их вершины выступали над связкой на заданную величину в зависимости от зернистости алмазных зерен. Хотя время перемещения РПК по дуге контакта с обрабатываемым материалом для круга диаметром 250 мм составляет  $5 \times 10^{-5}$  с в зоне резания возникают высокие температуры, протекают различные физико-химические процессы, которые приводят к изменениям состояния РПК и обработанной поверхности. Для удаления застрявших стружек на зернах, очистки межзеренного пространства, обеспечение выступания зерен над связкой применяются абразивный, электрохимический электроэрозионный, комбинированный способы восстановления необходимых параметров РПК [3, 4, 5].

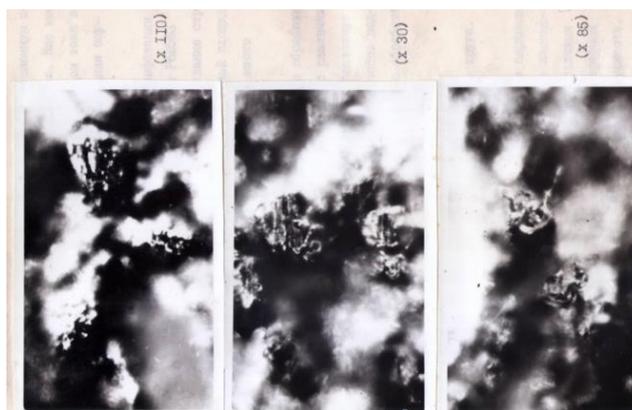


Рисунок 1. Стружки на алмазных зернах [3]

Наиболее перспективными являются способы непрерывной или периодической правки алмазных кругов при подачи технологического тока в зону резания или в зону, расположенную под углом  $90^\circ$  [3] или  $180^\circ$  [4], обеспечивающий обновление РПК непосредственно на станке на рабочей скорости круга с использованием применяемой смазочно-охлаждающей жидкости. при минимальном удалении алмазоносного слоя.

Целью исследований – найти метод правки алмазных кругов, обеспечивающий обновление РПК непосредственно на станке с использованием применяемой смазочно-охлаждающей жидкости при минимальном удалении алмазоносного слоя.

## 2. Основное содержание и результаты работы

Исследования различных способов восстановления РПК проводили на модернизированных плоскошлифовальных станках моделей 3Г71 и 3Д711Ф1 (смотри рис. 2).

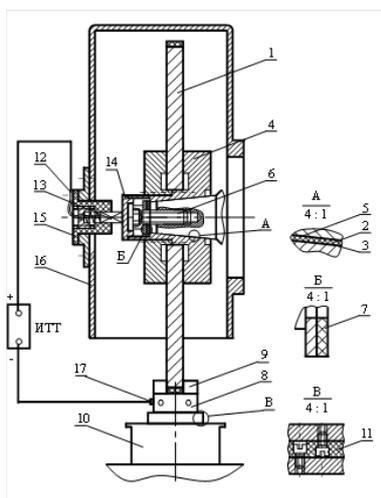


Рисунок 2. Схема модернизация оборудования:

1 – алмазный круг; 2 – электроизоляционная прокладка; 3 – пленка; 4 – фланцы; 5 – пленка; 6 – винт крепления фланцев к шпинделю; 7 – шайба - изолятор; 8 – корпус для закрепления электрода; 9 – электрод; 10 – стол; 11 – текстолит; 12 – втулка-изолятор; 13 – щетка; 14 – токосъемник; 15 – корпус для размещения щетки; 16 – кожух; 17 – клемма провода.

Модернизация оборудования для электроэрозионной правки алмазного круга с помощью устройств в зоне резания и расположенной под углом  $90^\circ$  от зоны резания заключалась в изолировании устройств от станины. Для определения объема алмазного слоя, удаленного при правке, или износе круга при шлифовании спроектировано устройство измерения координат РПК в 6 радиальных и 5 осевых сечениях с помощью индикатора с ценой деления  $0,001\text{ мм}$ . Радиальное расположение круга определял по рискам на поверхности круга и лупы Бринелля, а осевое с помощью микрометра (рис. 3).

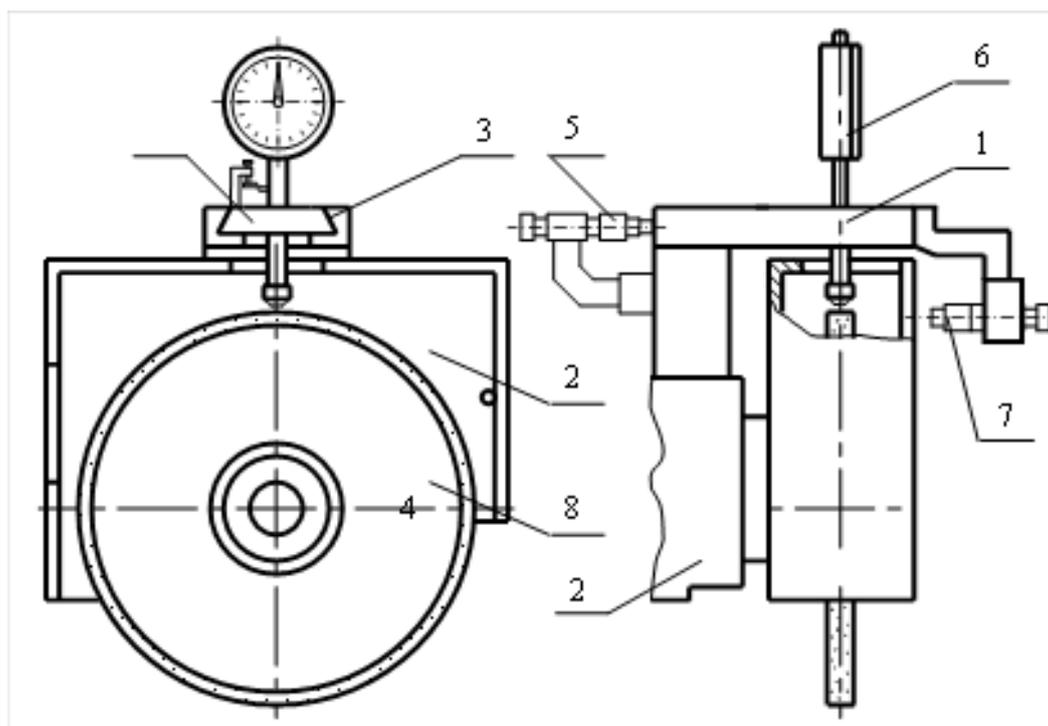


Рисунок 3. Устройство для измерения координат круга:

- 1 – Корпус; 2 – шпиндельная бабка; 3 – ласточкин хвост; 4 – плита подвижная; 5 – микрометр; 6 – индикатор; 7 – лупа Бринелля; 8 – алмазный круг.

Исследования проводились кругами 1A1 250×76×15×5 AC6 4-M2-01 разной зернистости, контроль идентичности РПК перед экспериментом после электроэрозионной правки путем записи сил резания. В качестве источника технологического тока использовались широкодиапазонный генератор ШГИ125-100М и ИТТ-35. Исследования показали, что целесообразно использовать более дешевый и простой в эксплуатации ИТТ-35. Эксперименты проводили при подачи технологического тока в зону резания или в зону, расположенную под углом  $90^\circ$  [3]. Подача технологического тока в зону резания в процессе шлифования приводит к большому расходу алмазного слоя и сложности управлением процессом обновления РПК [3]. Для гарантии, что поверхность круга после правки имеет идентичные параметры РПК, кроме визуального контроля определяли значение сил резания и при необходимости дополнительно правили. Для определения материала правящего электрода исследовали 4 материалах (табл. 1): медь М1 (высокие электрическое сопротивление, теплопроводность, удельная проводимость и сливная стружка с большим коэффициентом усадки), титановый сплав ВТ14 (очень высокое удельное электрическое сопротивление, низкая удельная проводимость и сливная

стружку с отрицательным коэффициентом усадки), сталь 45 (для сравнения), твердый сплав Т15К10, обладающий большой твердостью и способный инициировать механическое удаление выступающих из связки алмазных зерен.

Таблица 1. Теплофизические и электрические характеристики материалов

№, п/п	Характеристики материалов	Сталь 45	Медь М1	Титан	Твердый сплав Т15К6
1	Теплопроводность, Вт/м×К	47	382...390	21...15	50,2
2	Удельное электрическое сопротивление, мКОм м	0,1 ...0,13	38...34	1100	0,053...0,055
3	Удельная проводимость, мСм/м	9,7...7,3	58...55,5	1,72	19...18
4	Температурный коэффициент сопротивления, $1 \times 10^{-40} \text{C}^{-1}$	57...62	41...43	35	41...50
5	Температурный коэффициент линейного расширения, $1 \times 10^{-6}, \text{°C}^{-1}$	11	1,7	8,9	4,3

Эксперимент показал, что производительность правки зависит от длины электрода, подводимого напряжения от источника технологического тока и подачи на врезание. В зоне правки происходит очистка зерен от налипшей и вдавленной стружки, удаление связки и слабо закрепленных алмазных зерен. Между поверхностями круга и электрода могут проходить различные импульсы: рабочие, холостые, короткого замыкания, частичного короткого замыкания (рис. 4). Производительность правки увеличивается при уменьшении количества холостых импульсов и импульсов короткого замыкания, которые находятся в зависимости от подачи на врезание (рис. 5).

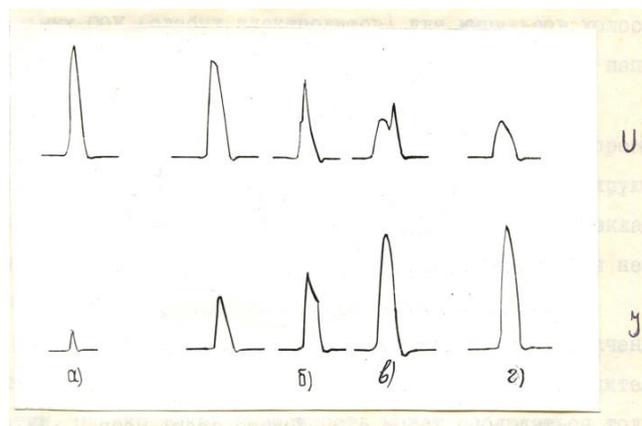


Рисунок 4. Формы импульсов  
а) холостые; б) рабочие; в) короткого замыкания; г) частично короткого замыкания

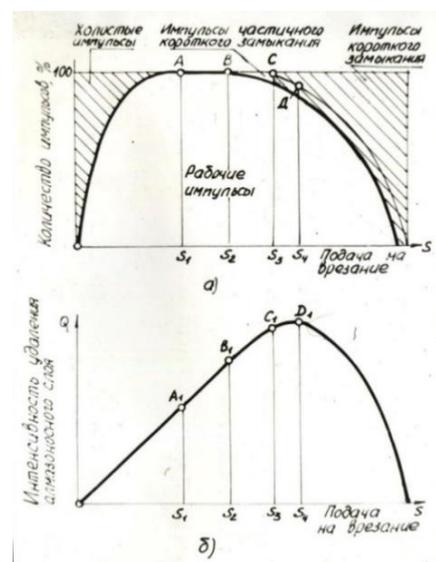


Рисунок 5. Зависимость интенсивность удаления алмазного слоя от формы импульсов и подачи: а – количество импульсов, б – интенсивность удаления алмазного слоя

Для определения длины электрода, которая обеспечивала бы максимальную производительность правки, проводили эксперименты при длине электрода 10,20,30,40,50мм. Эксперименты показали, что количество срезанных стружек на дуге контакта существенно влияет на производительность правки, увеличивая количество рабочих импульсов. Увеличить число рабочих импульсов и тем самым повысить производительность правки можно путем повышения напряжения технологического тока (рис. 6).

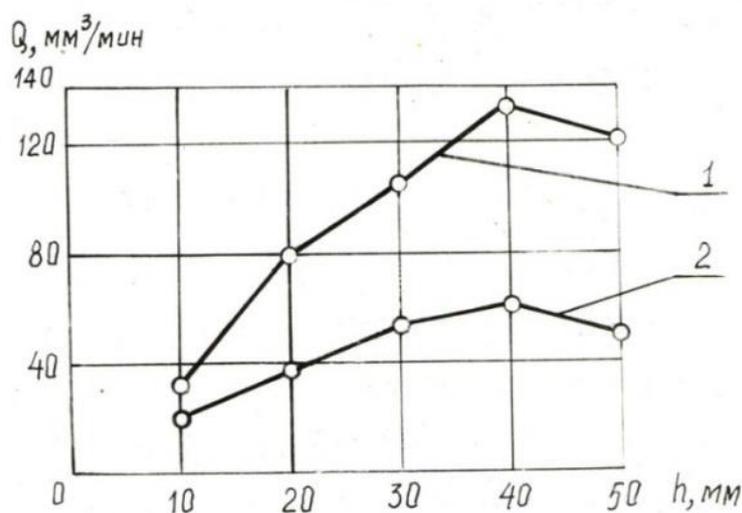


Рисунок 6. Производительность правки на медном электроде в зависимости от его длины и подаваемого напряжения: 1 – 60 вольт, 2 – 50 вольт.

Правку осуществляли в рабочей зоне на рабочей скорости круга бруском из меди М1 длиной 30 мм с ручной поперечной подачей, а и вертикальную подачу изменяли в диапазоне 0,003...0,007 мм/ход, для обеспечения средней величины сила тока 5...8 А при напряжении холостого хода 50 В.

### 3. Заключение

Экспериментально установлено, чтобы очистить РПК от следов предыдущей обработки на алмазном круге зернистостью 160/125 необходимо удалить алмазный слой высотой 0,04мм, что обеспечивается подводом технологического тока 50В и вертикальной подаче до 0,007мм/ход.

Электрод из меди обеспечивает получение максимальной производительности правки, так как обеспечивает получения сливной стружки и ввиду высокой теплопроводности и минимального удельного электрического сопротивления.

Площадь контакта РПК с электродом должна быть по всей высоте круга и 30мм по периферии, что обеспечивает многократное замыкание межэлектродного промежутка срезанными стружками.

Для удаления алмазоносного слоя на 0,04мм, что обеспечивает очистку РПК от следов предыдущей обработки и обеспечения выступания зерен над связкой необходимо 10 мин.

**ЛИТЕРАТУРА:**

- 1 Механика и производительность алмазного шлифования с учетом износа зерен круга / Ф. В. Новиков, Ю. Г. Гуцаленко, В. И. Полянский, В. В. Ивкин // Резание и инструменты в технологических системах. – Харьков, 2018. – Выпуск 88. – С. 142-157.
2. Emerging Trends in Grinding of Materials. K. Philip Varghese, Ph. D. Group Leader, Advanced Application Engineering. 12–17 сентября 2016. McCormick Place. Чикаго, Иллинойс. [http://www.mapyourshow.com/MYS\\_Shared/imts16/handouts/KPhilipVargheseIMT...](http://www.mapyourshow.com/MYS_Shared/imts16/handouts/KPhilipVargheseIMT...)<http://www.nortonabrasives.com/en-us/resources/expertise/grinding-gamma-...>
3. Цокур, В. П. Повышение производительности и качества обработки труднообрабатываемых материалов при алмазном шлифовании с электроэрозионным воздействием на рабочую поверхность круга: Дис. канд. техн. наук: 05.03.01. – Донецк, 1995. – 257 с.
4. Голубев, И. В. Круглое наружное шлифование со стабилизацией режущей способности токопроводящего инструмента электрическими разрядами: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01. – М., 1985. – 16 с.
5. Архипов, П. В. О проблемах засаливания при электро-алмазном шлифовании/ П. В. Архипов, А. С. Янюшкин//Современные проблемы в технологии машиностроения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009 – С. 42 – 45.

Поступила в редколлегию 30.01.2024 г.