

3. Салуквадзе, В.С. Изменение свойств в поверхностном слое сплавов при иглофрезерной обработке / В.С. Салуквадзе, И.А. Друтова // Расчет, сооружение и эксплуатация магистральных газопроводов. – М.: ВНИИСТ, 1980. – С. 93 – 102.

4. Ящерицын, П.И. Планирование эксперимента в машиностроении / П.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский. – Минск: Высш. шк., 1985. – 286 с.

5. Поллард, Д. Справочник по вычислительным методам статистики / Д. Поллард; пер. с англ. В.С.Западворова. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 344 с.

6. Баршай, И.Л. Обеспечение качества поверхности и эксплуатационных характеристик деталей при обработке в условиях дискретного контакта с инструментом / И.Л. Баршай. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 244 с.

**УДК 621.9.048.4**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРАТОРА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ АЛМАЗНЫХ ОТРЕЗНЫХ КРУГОВ ЗА СЧЕТ НЕПРЕРЫВНОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРАВКИ**

**М.Г. Киселев, А.В. Дроздов**

*Белорусский национальный технический университет. Минск*

**Введение.** В промышленности широкое применение находят алмазные инструменты, и в частности, отрезные круги различных типоразмеров. Наибольшее распространение получили алмазные инструменты на металлических связках, что вызвано их высокой прочностью, износоустойчивостью, а также способностью прочно удерживать зерна алмаза [1]. При этом такие инструменты работают либо с постепенным снижением режущих свойств до полного затупления, либо в режиме самозатачивания при пониженных режущих свойствах. Кроме того, они подвержены засаливанию межзернового пространства [1]. Известен способ алмазно-эрозионного шлифования, который позволяет поддерживать режущие свойства алмазных инструментов на металлических связках на высоком уровне [2], но область применения данного способа ограничена обработкой токопроводящих материалов, что снижает возможности его использования для поддержания режущей способности алмазных отрезных кругов, применяемых в основном для резки горных пород, огнеупоров, бетона и других неметаллических строительных материалов. Тем не менее, действие данного способа основано на гипотезе стружечного замыкания [3], которая также лежит в основе электроконтактной правки алмазного инструмента с помощью источников постоянного напряжения [1].

Однако производительность такого способа правки определяется характером расположения микровыступов на рабочей поверхности алмазного инструмента и на правящем электроде, что затрудняет управление процессом. Для устранения указанного недостатка авторами предложено осуществлять принудительный разрыв контакта между правящим инструментом и обрабатываемым диском в процессе непрерывной электроконтактной правки за счет электромагнитного вибратора. Это позволяет регулировать длительность и частоту разрядов электрического тока, изменяя объем удаляемого из межзернового пространства связки и шлама. Использование вибратора электромагнитного типа вызвано следующими его преимуществами: простотой регулирования амплитуды и частоты вынужденных колебаний, надежностью в работе, малыми габаритами и массой, что позволяет встраивать его в установки для резки, получением направленных вынужденных колебаний. Исходя из этого, целью данной работы явилась разработка конструкции электроконтактного вибрационного устройства, позволяющего поддерживать режущие свойства алмазных отрезных кругов непосредственно в процессе их работы.

**Методика исследований.** Авторами предложено экспериментальное устройство для поддержания режущей способности алмазных отрезных дисков в процессе их работы, фотография общего вида которого приведена на рис. 1. Оно закрепляется на отдельном основании 1, имитирующем настольную пилу, и представляет собой малогабаритный электромагнитный вибратор 2, питание которого осуществляется с помощью генератора 3, как показано на рис. 1, а.

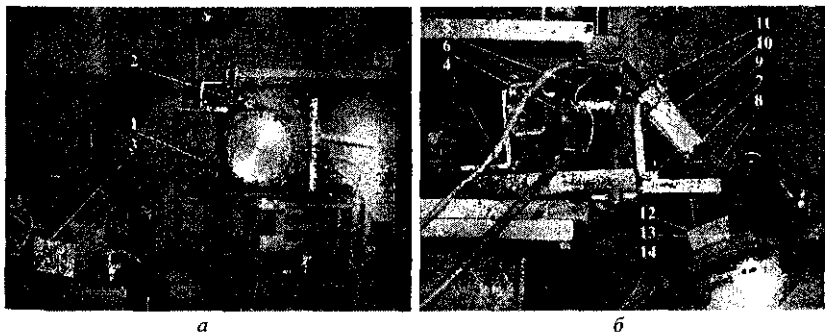


Рис. 1. Фотографии экспериментального устройства для поддержания режущей способности алмазных отрезных дисков: а – общий вид устройства; б – зона взаимодействия вибратора с торцевой поверхностью инструмента

Конструкция электромагнитного вибратора включает кронштейн 4, на котором закреплен двухобмоточный электромагнит 5 переменного тока с сердечником 6, питание которого осуществляется с помощью генератора 3 двухполярных импульсов, с отдельной регулировкой частоты и скважности выходного сигнала. Правящий инструмент 7 электроконтактной цепи устанавливается на подвижном основании 8, связанном с кронштейном 4 с помощью плоской пружины 9. На подвижном основании с помощью уголка 10 также монтируется якорь 11. При работе от генератора 3 электрические сигналы поступают на двухобмоточный электромагнит 5 и в результате сердечник 6 притягивает или отталкивает якорь 11, приподнимая или прижимая тем самым правящий инструмент 7 к торцевой поверхности алмазного отрезного круга. Изменяя толщину и длину плоской пружины 9, а также частоту и скважность импульсов генератора 3, регулируется амплитуда и частота вынужденных колебаний правящего инструмента 7. Электроконтактная цепь включает источник постоянного тока, напряжение от которого подается на правящий инструмент 7 устройства (рис. 1, б), а также на основание 1, а через него и шпиндель, на котором закрепляется вращающийся алмазный отрезной круг.

В процессе экспериментов была принята прямая полярность электроконтактной обработки, а напряжение холостого хода и сила тока короткого замыкания составляли соответственно 12 В и 8 А. В качестве рабочей среды для электроэрозионной обработки использовалось трансформаторное масло, которое подавалось в зону взаимодействия электродов с помощью системы подвода в виде капельницы, снабженной регулятором расхода. Для удобства изучения топографии торцевой поверхности после электроэрозионной правки алмазного инструмента, а также выяснения количественных характеристик его электроконтактного износа, обработке подвергались как сами алмазные отрезные диски, так и образцы, представляющие собой отдельные алмазные сегменты (рис. 2). Крепление таких образцов 12 осуществлялось с помощью пружинной канцелярской скрепки 13 на торцевой поверхности отрезного диска 14 (рис. 1, б).



Рис. 2. Фотография общего вида алмазобносных сегментов, использованных в экспериментальных исследованиях в качестве образцов

**Результаты и обсуждение.** Для оценки эффективности применения разработанного устройства была проведена серия экспериментов, в ходе которых был вычислен минутный массовый съём материала образцов и минутный электроэрозионный износ поверхности. Для условий проведения опытов (по результатам 30 экспериментов) средний съём материала составил 0,004 г/мин или 0,05 % от массы образца, а линейный электроэрозионный износ поверхности равнялся 0,2 мм/мин.

В ходе проведения опытов для вычисления минутного съёма материала образца после каждых пяти минут обработки поверхности алмазосодержащий сегмент снимался и исследовалась топография его поверхности.

Обработанная таким образом поверхность представлена на рис. 3.

Из представленной фотографии видно, что в процессе электроконтактной обработки с помощью разработанного устройства не происходит разрушения или графитизации поверхности алмазных зёрен, при этом обработанные алмазные сегменты представляют собой поверхности с большим количеством перекрывающихся друг друга сферических лунок. Одновременно использование электромагнитного вибратора позволяет значительно ускорить электроэрозионное разрушение материала связки и обеспечить, как показало исследование поверхности образцов, достаточное для резки непрерывное обнажение алмазных частиц.



Рис. 3. Фотография участка поверхности образца после вскрытия алмазных зёрен с помощью электроэрозионной обработки на экспериментальной установке с электромагнитным вибратором

### Литература

1. Ящерицын, П.И. Электроэрозионная правка алмазно-абразивных инструментов / П.И. Ящерицын, В.Д. Дорофеев, Ю.А. Пахалин. – Минск: Наука и техника, 1981. – 232 с.
2. Беззубенко, Н.К. Место нового процесса алмазно-абразивно-искрового шлифования в ряду комбинированных электрохимических и электрофизических методов обработки. – В сб.: Резание и инструмент, вып. 9 / Н.К. Беззубенко. – Харьков, 1974. – С. 133 – 139.
3. Чачин, В.П. Профилирование алмазных шлифовальных кругов / В.П. Чачин, В.Д. Дорофеев. – Минск: Наука и техника, 1974. – 160 с.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ШЛИЦЕФРЕЗЕРОВАНИИ

К.А. Шалыжин, А.А. Жолобов

*Белорусско-Российский университет, Могилев*

При прогнозировании точности формообразования в технологических системах является актуальной задача определения прогибов заготовок под действием сил резания. Особую важность эта задача приобретает при обработке сложных заготовок с фасонными поверхностями, например, при фрезеровании прямобочных шлицев червячной фрезой. В данной технологической системе наряду с относительной сложностью формообразования методом обката существует значительное ослабление заготовки, обусловленное глубиной обработкой шлицевой поверхности. Возрастающая при этом податливость заготовки приводит к возникновению погрешностей поверхности. Одним из путей их компенсации является назначение рациональных режимов обработки, позволяющих ограничивать погрешности в пределах допусков выдерживаемых размеров. С этой целью необходимо определить зависимости, связывающие прогибы заготовки с режимами обработки. Расчет величин сил резания производился по методике, представленной в работе [1].

Установка заготовки в шлицефрезерном станке осуществляется в центрах передней и задней бабок. При этом прогиб заготовки под действием сил резания в точках их приложения определяется, как для балки переменного сечения, установленной на двух опорах, по формулам [2]

$$\Delta_{3X} = \frac{P_x \cdot L_0^2 \cdot (L - L_0)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot I_0 \cdot L^2} (II_0 + I_0(L - L_0)), \quad (1)$$

$$\Delta_{3Y} = \frac{P_y \cdot L_0^2 \cdot (L - L_0)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot I_0 \cdot L^2} (II_0 + I_0(L - L_0)), \quad (2)$$

где  $L$  – длина вала;  $L_0$  – длина шлицевого участка вала;  $I$  – осевой момент инерции круглого профиля вала;  $I_0$  – длина шлицевого участка вала;  $E$  – модуль упругости.

Схема деформации заготовки, закрепленной в центрах под действием сил резания  $P_x$  и  $P_y$ , представлена на рис. 1. Осевой момент инерции круглого профиля вала рассчитывается по известным формулам исходя из диаметра профиля. В случае фрезерования шлицев на ступенчатом валу