

*Электроискровая обработка (наплавка)* позволяет восстанавливать детали из любых металлических сплавов, управляя фазовым составом покрытия, используя в качестве электродных материалов разнообразные металлы, их сплавы, карбиды и т.д., получать заданную твердость, в том числе меняющуюся по глубине покрытия, обрабатывать только локальные места без прогрева всей массы детали. К недостаткам данного метода относится невозможность получения толщины покрытия выше 0,3 мм.

На основе анализа существующих методов ремонта турбокомпрессоров установлено, что одним из универсальных методов восстановления является электроискровая обработка. На ее основе в нашем институте разработан технологический процесс ремонта турбокомпрессоров типа ТКР-11 с номинальной частотой вращения ротора 60000 мин<sup>-1</sup>. Технологический процесс предусматривает восстановление всей номенклатуры изношенных деталей турбокомпрессора до номинальных размеров.

В настоящее время существует множество турбокомпрессоров с большими частотами вращения ротора и других конструктивных исполнений. В связи с этим необходимо провести дополнительные исследования с целью выявления возможности применения электроискровой обработки для восстановления деталей этих турбокомпрессоров различных марок.



УДК 621.923.04

## **МОДЕЛЬ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ, СОЗДАВАЕМОГО ПРИ ПРАВКЕ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ОПЕРАЦИЯХ КРУГЛОГО НАРУЖНОГО ШЛИФОВАНИЯ**

*С. Е. Швецов, магистрант 5 курс, машиностроительный факультет  
Научный руководитель – к.т.н., профессор Гурьянихин В.Ф.  
Ульяновский государственный технический университет*

В настоящее время, как в отечественном, так и в зарубежном машиностроении прослеживается тенденция удорожания абразивного инструмента, в частности, шлифовальных кругов (ШК). Поэтому актуальной становится проблема поиска способов контроля и управления процессами правки ШК для снижения их расхода.

Известные системы контроля состояния режущей способности ШК и процессов правки, например, вибрационные, пневматические и др., сложны в реализации и не находят применения в промышленных условиях. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является использование в качестве источника информации для текущего

контроля процесса правки акустического (звукового) сигнала, генерируемого в зоне правки [1]. Однако, вопросы контроля и управления процессом правки по звуковому сигналу практически не исследованы, а имеющиеся результаты исследований по управлению процессом шлифования с использованием звукового сигнала не могут быть распространены без экспериментальной проверки на процесс правки.

Как показано в работе [2], процесс возникновения звуковых колебаний (сигналов) при правке кругов с соотношением  $d/D = 0,3$  ( $D$  – наружный диаметр ШК,  $d$  – внутренний диаметр ШК) в результате дискретного ударного воздействия абразивных зерен и связки круга на правящий инструмент адекватен процессу шлифования, то есть источником звуковых сигналов являются собственные изгибные колебания торцев круга.

Целью данной работы являлась разработка математической модели звукового поля, возникающего при правке ШК с соотношением  $d/D = 0,5$ . Модель должна учитывать как влияние свойств, размеров и характеристик ШК, так и режимов и условий правки. Такой интегральной характеристикой является величина звукового давления, создаваемого в зоне правки. Величину звукового давления в первом приближении можно определить по уточненной нами формуле [1]:

$$p = \frac{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot c \cdot F(\mu) \cdot f \cdot P}{G} \cdot \left( \frac{k}{2\pi \cdot H} \right)^{1/2} \cdot \lg \left( \frac{D}{H} \right)^4 \cdot \lg \left( \frac{D}{d} \right)^{0,55} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – скорость распространения звука в среде (воздухе), м/с;  $F(\mu)$  – функция коэффициента Пуассона;  $f$  – информативная частота звуковых колебаний, определяемая как для диска с двумя узловыми окружностями [3], Гц;  $G$  – модуль сдвига ШК, МПа;  $H$  – высота круга, м;  $k = 2\pi/\lambda_n$  – волновое число, м<sup>-1</sup> ( $\lambda_n$  – длина изгибной волны круга, м);  $d, D$  – соответственно внутренний и наружный диаметры круга;  $P$  – силы правки, Н;  $k_1, k_2, k_3$  – соответственно коэффициенты, учитывающие зернистость, твердость и структуру ШК.

Длина изгибной волны для шлифовального круга может быть определена из выражения [3]:

$$\lambda_n = \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^2 \right) \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot H}{f}} \cdot \sqrt[4]{\frac{E}{3 \cdot \rho_1 \cdot (1 - \mu^2)}}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $\rho_1$  – плотность материала круга, кг/м<sup>3</sup>.

Силу правки определяли по зависимости [4]:

$$P = 73653 \cdot \frac{S_{np}}{N} \cdot 1,027^{-C_V} \cdot 1,035^{-C_d} \cdot 1,0155^{C_E} \cdot S_t \cdot (0,0106 \cdot N - S_t), \quad (3)$$

где  $S_{np}$  – продольная подача, м/мин.,  $S_t$  – врезная подача, мм/дв. ход,  $C_V$ ,  $C_d$ ,  $C_E$  – показатели степени, численно равные скорости резания в м/с, диаметру смоченного жидкостью пятна на абразиве в мм и величине модуля упругости ШК в МПа соответственно. Информативную частоту  $f$  находили по результатам экспериментов.

Математическое моделирование звуковых сигналов, возникающих при правке ШК, проводили с помощью зависимостей (1) – (3). Методика реализована в программе для персонального компьютера Microsoft® Office Excel 2007.

Решение задачи выполнено для правки круга 1-600x40x305 характеристики 24A25CM17K5, для которого коэффициенты  $k_1 = k_2 = k_3 = 1$ ;  $D = 600$  мм;  $H = 40$  мм;  $d = 305$  мм.

Для проверки адекватности математической модели (1) были проведены экспериментальные исследования при правке вышеупомянутого ШК на станке 3М151МФ2. Круги правили алмазным карандашом С-2 следующим образом: три прохода с врезной подачей  $S_t = 0,02$  мм/дв. ход; два прохода с врезной подачей  $S_t = 0,005$  мм/дв. ход; два прохода без врезной подачи; продольная подача  $S_{np} = 0,2$  м/мин. В качестве СОЖ использовали 3% раствор эмульсии Аквол-6. В качестве основных характеристик звукового сигнала использовали частоту  $f$  (в Гц), звуковое давление  $p$  (в Па), амплитуду звукового давления  $A_z$  (в В), определяемую амплитудным значением эффективного напряжения исследуемого звукового давления.

Прием и регистрацию акустических сигналов осуществляли по схеме, приведенной на рис. 1. Информационная частота звуковых сигналов  $f$  выявлялась предварительными экспериментами и составляла 870 Гц.

Результаты экспериментов проверки адекватности математической модели (1) – (3) для вышеупомянутых условий правки показали, что погрешность определения звукового давления не превышает 20%, что позволяет сделать вывод о возможности применения данной математической модели при оптимизации режимов правки и разработки систем контроля и управления процессом правки по звуковому сигналу.

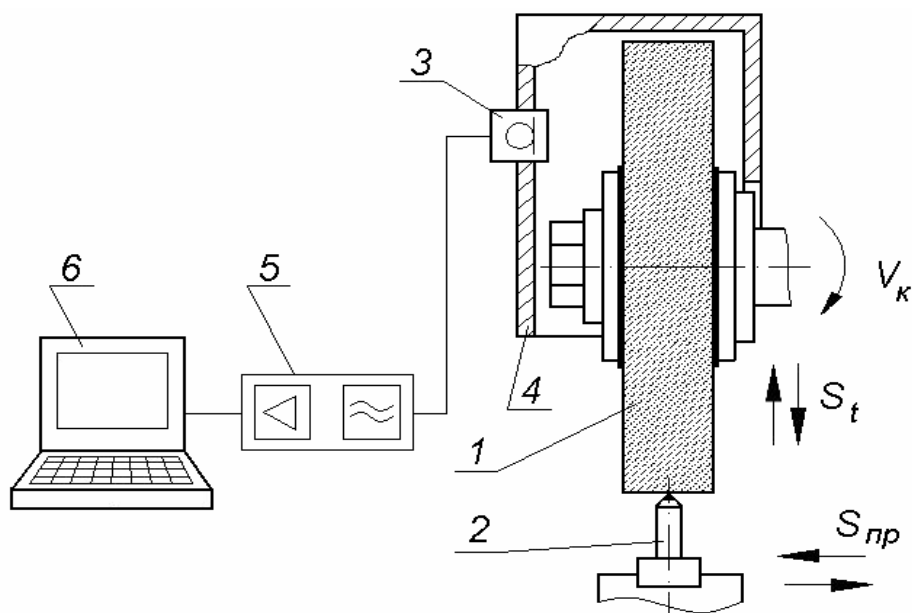


Рис 1. Схема измерения параметров звукового излучения при правке шлифовального круга:

1 – шлифовальный круг; 2 – правящий инструмент; 3 – микрофон; 4 – защитный кожух круга; 5 – аналого-цифровой преобразователь; 6 – персональный компьютер

#### Литература:

1. Гурьянихин, В. Ф. Разработка средств текущего контроля и управления процессами шлифования и правки по интенсивности звукового излучения. // Вопросы технологии машиностроения: материалы выездного заседания Головного совета «Машиностроение» МО РФ. - Ульяновск: УлГТУ, 2003. - С. 67-72.

2. Гурьянихин, В. Ф. Исследование звукового поля при правке шлифовальных кругов / В. Ф. Гурьянихин, Е. И. Стаканов // Вестник УлГТУ. – 2007. - № 8. – С. 33 – 35.

3. Глаговский, Б. А. Низкочастотные акустические методы контроля в машиностроении. / Б. А. Глаговский, И. Б. Московенко. – Л.: «Машиностроение», 1977. – 208 с.

4. Семенов, С. В. Исследование влияния технологических жидкостей, применяемых при правке шлифовальных кругов, на эффективность операций шлифования: дис. канд. тех. наук: 05.02.08; защищена 23.02.82 / Семенов Сергей Владимирович. Ульяновск, 1981 – 221 с.