

АЛМАЗНАЯ ОБРАБОТКА ТВЕРДОГО СПЛАВА «РЭЛИТ»

Ткаченко В.П., Свидерский В.И., Новиков Ф.В., докт. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

Для герметизации вращающихся валов диаметром 25 и 35 мм гидрозакрит погружных электродвигателей в ОАО завод «Потенциал» изготавливаются уплотнения торцовые. Рабочая поверхность пары трения уплотнения в виде двух колец выполнена из твердого сплава «Рэлит» и медной связки методом спекания их в вакуумной печи. Твердый сплав «Рэлит» представляет собой измельченный литой карбид вольфрама (плотностью $16,4 - 16,7 \text{ г/см}^3$ и микротвердостью $2100 - 2800 \text{ кг/мм}^2$), предназначенной для изготовления деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного износа.

Шероховатость рабочей поверхности рэлитовых колец – $Ra \leq 0,2 \text{ мкм}$, плотность – не более $0,9 \text{ мкм}$. Технология обработки рабочей поверхности рэлитовых колец следующая: предварительное плоское абразивное шлифование периферией круга со съемом припуска до 1 мм , окончательное врезное шлифование по упругой схеме торцом алмазного круга на органической связке 12A2 $45^0 150 \times 10 \times 3$ AC4 100/80 B2-01 4 со съемом припуска $0,1 \text{ мм}$ и притирка алмазным порошком зернистостью 28/20. В процессе алмазного шлифования обеспечивается требуемая плоскостность, а в процессе притирки – требуемая чистота обработки.

Основной недостаток технологии – чрезвычайно высокий расход абразивного и алмазного инструментов, относительно низкая производительность обработки особенно на операции притирки, обеспечивающей уменьшение параметра шероховатости Ra от $0,3 - 0,4 \text{ мкм}$ (достигнутой при алмазном шлифовании) до $0,07 - 0,2 \text{ мкм}$. На операции окончательного шлифования алмазный круг на относительно «мягкой» органической связке работает в режиме самозатачивания, не требует правки, однако интенсивно изнашивается. В смену на одном станке расходуется до двух кругов, что составляет значительный удельный вес в себестоимости изготовления продукции.

С целью совершенствования действующей технологии предложено окончательное шлифование выполнять алмазными кругами на металлической связке M1-01 с применением периодической электроэрозионной правки круга от источника постоянного тока мощностью до 2 кВт . Опыты показали, что алмазные круги 12A2 $45^0 150 \times 10 \times 3$ AC6 80/60 ... 200/160 M1-01 4 продолжительное время работают стабильно без засаливания и не требуют постоянной правки.

Продолжительность электроэрозионной правки $0,5 - 1,0$ минута, периодичность правки – через каждые $30 - 40$ минут работы круга.

Количество обработанных рэлитовых колец до полного износа алмазного круга зернистостью 125/100 на металлической связке составляет $2,3 \dots 5,8$ тыс.

шт., тогда как алмазным кругом на органической связке можно обработать в среднем лишь 600 колец. Значения производительности шлифования алмазными кругами на органической и металлической связках примерно равны. Опыты показали, что с увеличением зернистости круга на металлической связке его режущая способность повышается, а износ круга уменьшается. Так, применение круга зернистостью 160/125 позволяет обеспечить требования по точности и шероховатости обработки, увеличить на 20% производительность шлифования по сравнению с кругом на органической связке.

Доказана эффективность применения более габаритных алмазных кругов – 12А2 200х20х5. Увеличение диаметра и ширины рабочей части круга ведет к уменьшению нагрузок на алмазные зерна и интенсивности их износа, в результате длительное время обеспечивается повышенная режущая способность круга, а производительность в течение обработки сохраняет значение, близкое к начальному (после правки круга). Например, при шлифовании кругом 12А2 45° 150х10х3 АС6 125/100 М1-01 4 в первые 30 секунд производительность уменьшается до двух раз вследствие удаления с рабочей поверхности острых алмазных зерен. При работе кругом 12А2 200х20х5 уменьшение производительности во времени почти не наблюдается. Круг стабильно работает без применения электроэрозионной правки более 60 минут.

Удельный расход алмаза q при шлифовании рэлита составляет до 100 мг/см³, что значительно превышает q при шлифовании твердых сплавов групп ВК и ТК.

Выбор оптимального электрического режима работы источника технологического тока необходимо производить из следующих соображений. Мощность по току N , затрачиваемая при правке круга, равна

$$N = I \cdot U = I \cdot (U_0 - U_{кз}), \quad (1)$$

где I – сила тока, А; U – напряжение, В; U_0 – напряжение источника тока, В; $U_{кз}$ – напряжение режима «короткого замыкания», В; $U_{кз} = I \cdot R_0$; R_0 – нагрузочное сопротивление, Ом.

После преобразования имеем

$$N = I \cdot (U_0 - I \cdot R_0) \quad (2)$$

Зависимость $N-I$ носит экстремальный характер. С увеличением I мощность N принимает максимальное значение, определяемое из условия $N'_I = 0$. Тогда

$$I_{max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_0}{R_0} = \frac{1}{2} \cdot I_{кз}; \quad (3)$$

$$N_{max} = \frac{I_{кз} \cdot U}{4} = \frac{N_{кз}}{4}, \quad (4)$$

где $I_{кз}$ – сила тока режима «короткого замыкания», А.

Пример расчета. Для $R_0 = 2 \text{ Ом}$; $U_0 = 40 \text{ В} \rightarrow I_{кз} = 20 \text{ А}$; $I_{max} = 10 \text{ А}$; $N_{кз} = 800 \text{ Вт}$; $N_{max} = 200 \text{ Вт}$.

Оптимальное значение силы электрического тока I_{max} следует выбирать из условия максимального использования мощности источника технологического тока, т.е. N_{max} . Исходя из (4) и (3), имеем

$$I_{max} = \frac{2N_{max}}{U_0}.$$

Для $N_{max} = 1000 \text{ Вт}$; $U_0 = 40 \text{ В} \rightarrow I_{max} = 50 \text{ А}$; $I_{кз} = 100 \text{ А}$.

Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными. При $I = I_{кз}$ процесс электроэрозионной правки алмазного круга полностью прекращается, а при $I = I_{max}$ - протекал с максимальной интенсивностью.

Дальнейшим совершенствованием технологии изготовления рэлитовых колец следует рассматривать применение мелкозернистых алмазных кругов (размер зерен 40/28 – 28/20) на металлической связке, работающих в режиме периодической электроэрозионной правки, с целью достижения шероховатости обработки $Ra < 0,2 \text{ мкм}$. Это позволит исключить операцию притирки и существенно снизить трудоемкость обработки. Важным фактором следует рассматривать также применение алмазных кругов формы 1А1 400х40х5 на операции предварительного плоского шлифования рэлитовых колец взамен используемых обычных абразивных кругов, которые интенсивно изнашиваются, теряют «размер» и не обеспечивают точность обработки.

Предварительные исследования показали перспективность данного подхода: алмазный круг на металлической связке М2-01 обладает чрезвычайно высокой размерной стойкостью, в процессе обеспечивается требуемая точность обработки, однако наблюдается засаливание круга, так как шлифование твердого сплава «Рэлит» производится совместно со сталью. Применение непрерывной электроэрозионной правки круга (электрический ток пропускался через зону резания) не позволило в полной мере решить проблему, что требует проведения дальнейших исследований.