

УДК 621.923

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ  
ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Новиков Ф.В., докт. техн. наук, Андилахай В.А.**

(г. Харьков, г. Мариуполь, Украина)

*Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований параметров электроэрозионного шлифования труднообрабатываемых материалов*

При шлифовании труднообрабатываемых материалов эффективно использовать алмазные круги на металлических связках, которые обеспечивают высокую износостойкость и производительность обработки [1]. Вместе с тем, они быстро тупятся, засаливаются и теряют режущую способность, что требует их частых правок, а это снижает эффективность их применения. Важным резервом повышения режущей способности данных кругов является применение электроэрозионного шлифования, основанного на введении в зону резания дополнительной электрической энергии в форме электрических разрядов, обусловленных как кратковременным контактом образующихся стружек со связкой круга, так и работой электроимпульсного генератора – источника технологического тока [2].

Практикой установлено, что возбуждаемые в зоне резания электрические разряды приводят к локальному термическому разрушению металлической связки и стружек, а это снижает трение круга с обрабатываемым материалом и способствует уменьшению силы и температуры резания, существенному повышению стойкости круга, качества и производительности обработки. При этом эффект шлифования зависит от правильного выбора параметров режима работы источника технологического тока. При недостаточной энергии электроэрозионного воздействия на рабочую поверхность круга процесс шлифования будет протекать неустойчиво, круг будет периодически терять режущую способность и его необходимо дополнительно править в режиме шлифования с небольшой глубиной резания, что ведет к снижению производительности обработки. Данная закономерность имеет место, например, при шлифовании крупногабаритных деталей металлургического назначения (прокатных валов, контактных поверхностей больших и малых конусов, чаш и воронок засыпных аппаратов доменных печей), восстановленных износостойкими покрытиями и наплавками, характеризующимися высокой прочностью и пластичностью [3]. При электроэрозионном шлифовании данных материалов происходит интенсивное засаливание алмазного круга на металлической связке, в результате чего он быстро теряет свою режущую способность. Для восстановления режущей способности круга необходимо произвести его достаточно продолжительную электроэрозионную правку. Следовательно, в процессе электроэрозионного шлифования покрытий и наплавки вводимой в зону резания дополнительной электрической энергии оказывается недостаточно для своевременного термического разруше-

ния металлической связки и образующихся стружек, что приводит к засаливанию круга и потере его режущей способности.

В связи с этим целью работы является определение оптимальных параметров электроэрозионного шлифования труднообрабатываемых материалов алмазными кругами на металлических (токопроводящих) связках.

Экспериментально установлено, что процесс электроэрозионного разрушения металлической связки круга и образующихся стружек при шлифовании происходит при плотности тока  $i = (10^5 \dots 10^6)$  А/мм<sup>2</sup>. Исходя из этого, требуемая сила тока  $I$  определится зависимостью [4]:

$$I = (10^5 \dots 10^6) \cdot S_{\text{сум}}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{сум}}$  – суммарная мгновенная площадь поперечного сечения среза всеми одновременно работающими зернами круга, мм<sup>2</sup>.

Параметр  $S_{\text{сум}}$  определяется зависимостью  $S_{\text{сум}} = Q / V_{\text{кр}}$  (где  $Q$  – производительность обработки, мм<sup>3</sup>/с;  $V_{\text{кр}}$  – скорость круга, мм/с). Тогда сила тока  $I$  выразится:

$$I = \frac{(10^5 \dots 10^6) \cdot Q}{V_{\text{кр}}}. \quad (2)$$

Из зависимости (2) следует, что сила тока  $I$  должна быть тем больше, чем больше производительность обработки  $Q$  и меньше скорость круга  $V_{\text{кр}}$ .

Определим напряжение  $U$ , исходя из закона Ома:  $U = I \cdot R$ , где  $R$  – сопротивление в электрической цепи, равное

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S_{\text{сум}}} = \frac{\rho \cdot l \cdot V_{\text{кр}}}{Q}. \quad (3)$$

Здесь  $\rho$  – удельное сопротивление, Ом·мм<sup>2</sup>/м;  $l$  – средняя длина образующейся при шлифовании стружки, м.

После преобразований напряжение  $U$  принимает вид:

$$U = (10^5 \dots 10^6) \cdot \rho \cdot l. \quad (4)$$

Как видно, напряжение  $U$  не зависит от производительности обработки  $Q$  и скорости круга  $V_{\text{кр}}$ , а определяется лишь средней длиной образующейся при шлифовании стружки  $l$ . С увеличением  $l$  напряжение  $U$  пропорционально возрастает. Следовательно, напряжение  $U$  формирует толщину межэлектродного зазора (между кругом и обрабатываемым материалом), т.е. по сути, высоту межзеренного пространства круга, в котором размещаются образующиеся стружки и другие продукты обработки.

Зная силу тока  $I$  и напряжение  $U$ , можно определить мощность тока  $N$  при шлифовании:

$$N = (10^5 \dots 10^6) \cdot \frac{\rho \cdot l \cdot Q}{V_{\text{кр}}}. \quad (5)$$

Из зависимости (5) вытекает, что для обеспечения нормального протекания процесса электроэрозионного шлифования мощность  $N$  источника техно-

логического тока необходимо увеличивать с увеличением производительности обработки  $Q$ , средней длины образующейся при шлифовании стружки  $l$  и уменьшением скорости круга  $V_{кр}$ .

На основе полученных аналитических зависимостей были рассчитаны значения  $I$ ,  $U$  и  $N$  для  $Q=1000$  мм<sup>3</sup>/мин и  $V_{кр}=35$  м/с (табл. 1), которые для  $i=2 \cdot 10^5$  А/мм<sup>2</sup> хорошо согласуются с экспериментальными данными. Например, электрический режим работы электроимпульсного генератора типа ШГИ:  $I=100$  А,  $U=20$  В и  $N=2$  кВт является оптимальным для многопроходного электроэрозионного шлифования твердых сплавов и других труднообрабатываемых материалов.

Таблица 1

Расчетные значения $I$ , $U$ и $N$			
$Q$ , мм <sup>3</sup> /мин	$I$ , А	$U$ , В	$N$ , кВт
1000	50...500	10...100	0,5...50

Производительность обработки  $Q$ , исходя из зависимости (5), определится:

$$Q = \frac{N \cdot V_{кр}}{(10^5 \dots 10^6)^2 \cdot \rho \cdot l} \quad (6)$$

Увеличить  $Q$  при заданном значении  $N$  можно путем уменьшения  $l$  и увеличения  $V_{кр}$ . Из этого вытекает, что наиболее эффективно процесс электроэрозионного алмазного шлифования реализуется в условиях обычного многопроходного шлифования, характеризующегося небольшими длинами срезов. Для реализации глубинного шлифования, а также при обработке относительно больших площадей, когда образуются длинные срезы, необходимо увеличить  $N$  и  $V_{кр}$ . Наиболее эффективным направлением увеличения  $N$  является применение импульсного тока, обеспечивающего концентрацию энергии импульсов в небольшом промежутке времени при одинаковых средних значениях силы тока.

Для оценки эффективности электроэрозионного шлифования алмазным кругом на металлической связке 1А1 300x20x6 АС6 125/100 4 М1-01 были проведены экспериментальные исследования на круглошлифовальном станке. Для устранения биения алмазного круга и вскрытия его алмазоносного слоя (после установки на станок) производилась электроэрозионная правка круга с помощью правящего электрода, которым служила цилиндрическая заготовка из стали 45 диаметром 30 мм. Заготовка крепилась в центрах круглошлифовального станка и совершала вращательное и продольное движение. Регулирование силы тока осуществлялось за счет изменения поперечной подачи. Сила тока изменялась в пределах 50...100 А. Электроэрозионная правка производилась в течение 20 минут, что обеспечивало биение круга в пределах 0,01 мм. Подготовленный таким образом алмазный круг обеспечивал нормальное (устойчивое) протекание процесса шлифования.

В качестве обрабатываемого изделия использовалась специальная цилиндрическая оправка из стали 45, в которой механическим путем крепились 4 пластины из твердого сплава ВК8. Оправка устанавливалась в центрах круглошлифовального станка и при шлифовании совершала вращательное и продольное перемещения. В результате обеспечивалось шлифование по наружной поверхности твердосплавных пластин, что соответствовало технологическому процессу круглого наружного продольного шлифования. Скорость круга устанавливалась равной 30 м/с, а скорость вращения обрабатываемой детали – 15 м/мин.

В табл. 2 приведены экспериментально установленные значения силы тока  $I$  для различных значений глубины шлифования  $t$  при электроэрозионном шлифовании. Как видно, с увеличением глубины шлифования  $t$  с 0,04 до 0,08 мм сила тока  $I$  увеличилась с 20 до 80 А, что соответствует теоретически установленному диапазону изменения силы тока  $I$ , табл. 1.

Таблица 2

Экспериментальные значения силы тока  $I$

$t$ , мм	0,04	0,06	0,08
$I$ , А	20	40	80

Были проведены экспериментальные исследования по оценке режущей способности алмазного круга до и после его электроэрозионной правки. Определялось количество продольных ходов стола станка  $n$  при выхаживании с начальным натягом в технологической системе, равным глубине шлифования  $t$ . Выхаживание производилось до момента исчезновения искрения в зоне шлифования. Установлено, что этому моменту соответствует погрешность обработки, вызванная “недорезом” обрабатываемого материала, равная 0,01 мм.

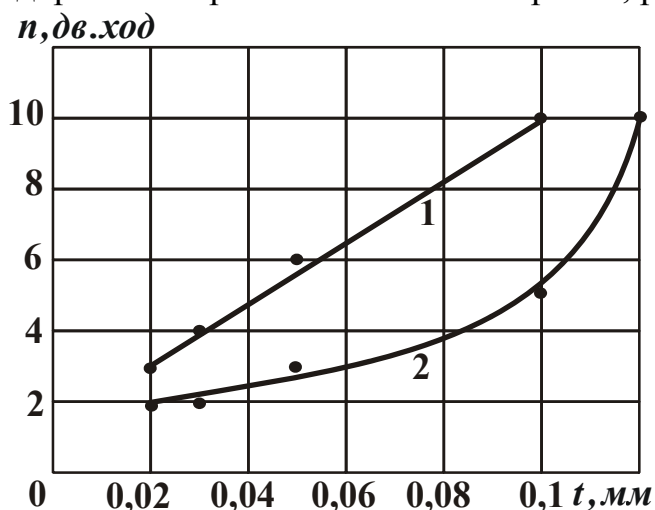


Рис. 1. Зависимость количества продольных ходов стола станка  $n$  от глубины шлифования  $t$ : 1 – шлифование незаправленным алмазным кругом; 2 – шлифование алмазным кругом после электроэрозионной правки.

Как вытекает из рис. 1, количество продольных ходов стола станка  $n$  при шлифовании заправленным кругом (после электроэрозионной правки) меньше, чем при шлифовании незаправленным кругом. Следовательно, электроэрозионная правка алмазного круга на металлической связке позволяет повысить его

режущую способность и обеспечить съём заданного припуска за меньшее время.

**Литература:** 1. Захаренко И.П. Основы алмазной обработки твердосплавного инструмента. – К.: Наук. думка, 1981. – 300 с. 2. Беззубенко Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.03.01 / Харьк. гос. техн. ун-т. – Харьков, 1995. – 56 с. 3. Новиков Ф.В., Генералов О.А., Машко А.А. Повышение эффективности глубинного алмазного шлифования деталей с износостойкими наплавками металлургического назначения // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – “Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні”. – 2007. – Вип. 61. – С. 272-278. 4. Качество и производительность абразивно-алмазной обработки: Учеб. пособие / Якимов А.В., Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Якимов А.А. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 212 с.