

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛМАЗНОГО ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Фадеев В.А., канд. техн. наук; Новиков Ф.В., докт. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

Results of theoretical and experimental study of internal diamond polishing of hard alloys with continuous electro-erosion treatment of diamond wheel on metal bind have been presented.

Операции внутреннего алмазного шлифования твердых сплавов в силу недостаточной жесткости шпинделя круга и небольшого диаметра круга являются наиболее трудоемкими операциями шлифования. Применение алмазных кругов на прочных металлических связках М2-01 позволяет повысить производительность обработки и уменьшить их износ, однако, эти круги быстро засаливаются и теряют режущую способность. Кроме того, известные методы механической правки не обеспечивают качественное вскрытие алмазоносного слоя круга, в результате чего шлифование производится сглаженным режущим рельефом, не позволяющим в полной мере реализовать его высокие потенциальные возможности. Для обоснования условий эффективного использования данного круга разработана математическая модель внутреннего шлифования и получены аналитические зависимости для определения максимальной производительности Q и соответствующих ей поперечной подачи и удельного расхода алмаза q :

$$Q = \frac{S_0 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot m^2 \cdot (1-\varepsilon)^6 \cdot V_{кр}^2 \cdot (1-\eta^2)^2}{4 \cdot 10^5 \cdot \pi^2 \cdot \rho \cdot V_{заг}} ; \quad (1)$$

$$S_{поп} = \frac{\operatorname{tg}^2 \gamma \cdot m \cdot (1-\varepsilon)^6 \cdot V_{кр}^2 \cdot (1-\eta^2)^2}{4 \cdot 10^5 \cdot \pi^3 \cdot \rho \cdot D_{заг} \cdot V_{заг}} ; \quad (2)$$

$$q = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot \pi^2 \cdot \rho_a \cdot \alpha \cdot \Delta_i \cdot \rho \cdot V_{заг}}{\rho_m \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot m^2 \cdot (1-\varepsilon)^6 \cdot V_{кр} \cdot \eta \cdot (1-\eta^2)^2} , \quad (3)$$

где S_0 - продольная подача, м/об; $V_{кр}$, $V_{заг}$ - скорости круга и заготовки, м/с; $(1-\varepsilon) = b/x$ - коэффициент, учитывающий степень выступания зерен над уровнем связки; b - максимальная высота выступания зерен, м; \bar{x} - зернистость круга, м; m - объемная концентрация круга; 2γ угол при

вершине зерна; $\rho = \frac{2}{D_{кр}} - \frac{2}{D_{заг}}$; $D_{кр}, D_{заг}$ - диаметры круга и заготовки, м; η - безразмерный параметр, учитывающий степень затупления зерен, изменяется в пределах $0 \dots 1$ ($\eta \rightarrow 0$ - для «острого» зерна, $\eta \rightarrow 1$ - для затупившегося зерна); ρ_a, ρ_m - плотности алмаза и обрабатываемого материала, кг/м^3 ; α - коэффициент, учитывающий плотность связки в зависимости от концентрации алмазных зерен в круге; Δ_i - линейный износ зерна за одно касание с обрабатываемым материалом, м.

Следуя зависимости (1), наибольшее влияние на производительность оказывают безразмерные параметры ϵ и η , т.е. добиться существенного увеличения Q можно прежде всего за счет изменения параметров режущего рельефа круга: обеспечения увеличенного выступания зерен над уровнем связки и их высокой «остроты» ($\eta \rightarrow 0$), применяя для этого метод алмазного электроэрозионного шлифования (алмазно-искрового шлифования), основанного на введении в зону резания дополнительной энергии в виде электрических разрядов. Увеличение Q осуществляется путем увеличения поперечной подачи $S_{поп}$ в соответствии с зависимостью (2), поскольку с увеличением параметров ϵ и η поперечная подача возрастает.

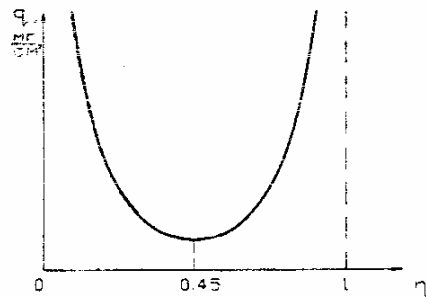


Рис. 1. Зависимость изменения удельного расхода алмаза q от параметра η

При этом установлено, что в соответствии с зависимостью (3) удельный расход алмаза изменяется по экстремальной зависимости. Точка минимума q достигается при $\eta_{экстр.} = 0,45$. Следовательно в процессе шлифования за счет электроэрозионного разрушения металлической связки круга и образующихся стружек необходимо поддерживать оптимальный режущий рельеф круга, определяемый условием $\eta = 0,45$, используя оптимальный электрический режим работы источника технологического тока (постоянного или импульсного).



Рис. 2. Условия повышения производительности обработки

Выявленные теоретические закономерности шлифования подтверждены экспериментально. С увеличением силы электрического тока производительность возрастает, а удельный расход алмаза уменьшается, что связано с увеличением высоты выступания зерен над уровнем связки (при обычном алмазном шлифовании она не превышает 10 мкм, а при электроэрозионном – составляет свыше 40 мкм), а соответственно с увеличением безразмерного параметра $(1 - \epsilon)$.

С увеличением поперечной подачи производительность и сила тока, при которой происходит стабилизация процесса шлифования во времени, возрастает. Так, для реализации $S_{\text{опт}} = 0,1$ мм/мин необходимо принимать $I = 15$ А, для $S_{\text{опт}} = 0,2$ мм/мин - $I = 20$ А, для $S_{\text{опт}} = 0,3$ мм/мин - $I = 30$ А и т.д. Рост производительности обработки происходит за счет увеличения параметра $(1 - \epsilon)$, входящего в зависимость (1).

В результате исследований установлено, что процесс алмазного электроэрозионного шлифования твердого сплава ВК15 обеспечивает увеличение производительности в 2 ... 5 раз и примерно во столько раз уменьшение удельного расхода алмаза по сравнению с обычным алмазным шлифованием кругами на металлических, органических и керамических связках. При этом практически отсутствует трение обрабатываемого твердого сплава с металлической связкой круга, что предопределяет

уменьшение сил и температуры резания, улучшения качества обработанных поверхностей (в поверхностном слое образуются благоприятные сжимающие напряжения, которые выше, чем при обычном алмазном шлифовании, исключается образование трещин, прижогов и других дефектов).

Установлено, что наличие интенсивного трения обрабатываемого твердого сплава с металлической связкой круга при обычном алмазном шлифовании приводит к существенному увеличению параметра шероховатости обработки R_a во времени. При алмазном электроэрозионном шлифовании, исключая трение твердого сплава со связкой круга, параметр шероховатости R_a ниже и с течением времени обработки остается почти неизменным, т.е. стабилизируется во времени.

В результате оптимизации параметров внутреннего алмазного электроэрозионного шлифования твердых сплавов с учетом ограничений по удельному расходу алмаза и качеству обработки достигнута экономически обоснованная производительность 1000 мм³/мин и выше. Для реализации процесса силу тока необходимо увеличивать до значений 50 ... 70 А, скорость круга устанавливать в пределах до 35 м/с, скорость заготовки – 60 ... 120 м/мин, продольную подачу – 3 ... 4 м/мин, поперечную подачу – до 0,4 мм/мин. Рекомендуется использовать специальные или модернизированные под алмазное электроэрозионное шлифование станки, алмазные круги на прочных металлических связках типа М2-01 (медно-оловянных) зернистостью 160/125 мм и выше, те же смазочно-охлаждающие жидкости, что и при обычном алмазном шлифовании. Установлена высокая эффективность шлифования с применением источников постоянного тока взамен применяемых на практике дорогих генераторов импульсного тока типа ШГИ и т.д.

Внедрение разработанной технологии внутреннего алмазного электроэрозионного шлифования твердых сплавов с введением в зону резания дополнительной электрической энергии постоянного тока позволяет кардинально решить проблему повышения производительности и качества обработки, стойкости алмазного круга в производственных условиях.

Список литературы: 1. Фадеев В.А. Алмазное шлифование твердых сплавов с введением в зону резания дополнительной энергии постоянного тока. – Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков, 1995. – 23 с. 2. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования. – Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Одесса, 1995. – 36 с.