

## К ВОПРОСУ О ФИЗИЧЕСКОЙ СУЩНОСТИ ПРОЦЕССОВ КОМБИНИРОВАННОГО АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, Кушниренко О.Т.  
(г. Харьков, Украина)

*Offered theoretical approach, revealling physical essence of processes of multifunction diamond polishing.*

Практикой доказано, что дополнительное электроэрозионное или электрохимическое воздействие на рабочую поверхность алмазного круга на металлической связке приводит к увеличенному выступанию зерен над уровнем связки и повышению режущей способности круга. Для раскрытия физической сущности процесса шлифования таким кругом рассмотрим схему, в которой режущее зерно находится под действием лишь радиальной составляющей силы резания  $P_{y1}$  (рис. 1), поскольку  $P_{y1} \gg P_{z1}$  (где  $P_{z1}$  – тангенциальная составляющая силы резания, действующая на отдельное зерно круга). Значение глубины заделки зерна в связке  $y$ , при которой произойдет потеря устойчивости зерна, приближенно определяется из условия

$$P_{y1} = a \cdot y, \quad (1)$$

где  $a$  – параметр, зависящий от прочностных свойств связки.

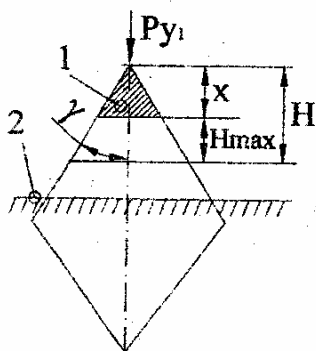


Рис. 1. Расчетная схема:  
1 – изношенная часть режущего  
зерна;  
2 – уровень связки круга

С учетом зависимости  $y = \bar{x} - b$  условие (1) выразится

$$P_{y1} + a \cdot b = a \cdot \bar{x} \quad (2)$$

где  $b$  – максимальная высота выступания зерна над уровнем связки;  $\bar{x}$  – зернистость круга. Значение силы  $P_{y1}$  тем меньше, чем больше высота  $b$

при условии  $a \cdot x = const$ . Следовательно, увеличение высоты  $b$  в процессах комбинированного шлифования ведет к уменьшению силовой напряженности резания. Это обусловлено устойчивостью зерен в связке.

Представим  $P_{yl}$  в виде [ 1 ]

$$P_{yl} = \frac{P_{z1}}{k_{рез}}, \quad (3)$$

где  $k_{рез} = \frac{2 \cdot \sigma_{сж}}{\sigma}$  - коэффициент резания;  $\sigma_{сж}$  - предел прочности обрабатываемого материала на сжатие;  $P_{z1} = S \cdot \sigma$ ;  $S$  - площадь поперечного сечения среза зерном;  $\sigma$  - условное напряжение резания.

Исходя из расчетной схемы (рис. 1), параметр  $S$  определится

$$S = tg \gamma \cdot H^2 \cdot (1 - \eta^2), \quad (4)$$

где  $\gamma$  - половина угла при вершине конусообразного зерна;

$$H = x \cdot 3 \sqrt{\frac{630 \cdot \pi \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{t \cdot \rho}}{tg \gamma \cdot m \cdot V_{кр} \cdot (1 - \eta^2)}}; \quad (5)$$

$V_{дет}$ ,  $V_{кр}$  - скорости детали и круга;  $t$  - глубина шлифования;  $m$  - объемная концентрация круга;  $\rho = \frac{1}{R_{кр}} + \frac{1}{R_{дет}}$ ;  $R_{кр}$ ,  $R_{дет}$  - соответственно радиусы круга и детали;  $\eta = \frac{x}{H}$  - безразмерный коэффициент, определяющий степень затупления зерен,  $\eta = 0 \dots 1$  ( $\eta \rightarrow 0$  - для острого зерна;  $\eta \rightarrow 1$  - для затупленного зерна);  $x$  - величина линейного износа зерна.

С учетом известной зависимости [ 1 ]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\pi \cdot tg \gamma \cdot \sigma_{сж} \cdot HV}{(1 - \eta)}}, \quad (6)$$

(где  $HV$  - твердость по Виккерсу обрабатываемого материала), радиальная составляющая силы резания  $P_{yl}$  выразится

$$P_{yl} = 0,5 \cdot \pi \cdot tg^2 \gamma \cdot (1 + \eta) \cdot HV \cdot H^2. \quad (7)$$

Величина  $P_{yl}$  зависит главным образом от параметров  $HV$  и  $H$ . Как показано выше, в процессах комбинированного алмазного шлифования высота выступания зерен  $b$  увеличивается, а сила  $P_{yl}$  уменьшается. Согласно зависимости (7), уменьшение  $P_{yl}$  возможно за счет уменьшения параметра  $H$ , определяющего условно максимальную глубину внедрения обрабатываемого материала в рабочую поверхность круга, отсчитывая ее от вершины исходного неизношенного зерна. В свою очередь, параметр  $H$ , исходя из зависимости (5), может уменьшиться в результате уменьшения

безразмерного коэффициента  $\eta$  при шлифовании по жесткой схеме ( $V_{дет}$  и  $t$  – постоянные величины). Следовательно, в комбинированных процессах значение  $\eta$  меньше, чем при обычном алмазном шлифовании. Для анализа коэффициента  $\eta$  зависимость (5) представим

$$H = H_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1-\eta^2}}, \quad (8)$$

где  $H_0$  – значения параметра  $H$  для  $\eta = 0$ .

Подставим (8) в зависимость  $x = \eta \cdot H$ :

$$x = \eta \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1-\eta^2}} \cdot H_0. \quad (9)$$

Исходя из (9), для заданного значения  $H_0$  с уменьшением безразмерного коэффициента  $\eta$  от 1 до 0 величина  $x$  уменьшается (рис. 2), т.е. в процессах комбинированного алмазного шлифования величина линейного износа зерна  $x$  до момента его выпадения из связки круга меньше, чем при обычном алмазном шлифовании.

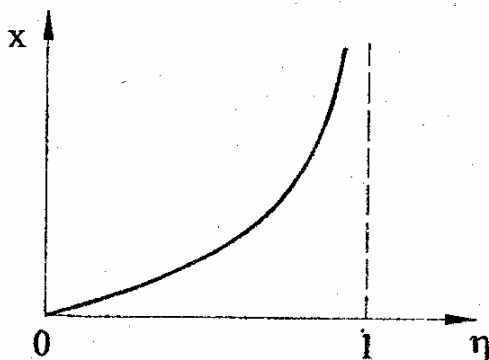


Рис. 2. Зависимость величины линейного износа зерна  $x$  от безразмерного коэффициента  $\eta$

Это ведет к снижению ресурса работы зерна в круге и, естественно, к повышенному износу круга. Удельный расход алмаза увеличивается, что согласуется с многочисленными экспериментальными данными, полученными, например, при исследовании электроэрозионного алмазного шлифования.

Подставим (7) в (2):

$$0,5 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot (1+\eta) \cdot HV \cdot H^2 + a \cdot b = a \cdot \bar{x}. \quad (10)$$

С увеличением твердости обрабатываемого материала  $HV$ , для выполнения условия  $a \cdot \bar{x} = \text{const}$ , необходимо уменьшить параметры  $H$  или  $b$ . Уменьшение  $H$ , исходя из зависимости (5), возможно за счет уменьшения безразмерного коэффициента  $\eta$  и соответственно величины  $x$ .

Однако это снижает ресурс работы зерна, увеличивает износ круга, что не всегда эффективно. Предпочтительнее уменьшать высоту выступания зерна  $b$ , т.е. для каждого обрабатываемого материала существует вполне конкретное значение  $b$ , которое необходимо поддерживать в процессе шлифования за счет введения в зону резания или автономно к кругу дополнительной электрической энергии.

С учетом (8) зависимость (10) выражает связь между  $\eta$  и  $b$  для заданного значения  $H_0$ , определяемого параметрами режима шлифования, характеристиками круга и детали. В работе [ 2 ] показано, что основные параметры шлифования: силы и температура резания, удельный расход алмаза, шероховатость и точность обработки и т.д. определяются главным образом безразмерным коэффициентом  $\eta$ . Величина  $b$  в полученные аналитические зависимости не входит. Установленная зависимость (10) приводит к замкнутому решению, исходя из которого первоначально определяется оптимальное значение  $\eta$ , затем из (10) – оптимальное значение  $b$ . Следовательно, основным параметром при шлифовании необходимо рассматривать  $\eta$ , а  $b$  – вспомогательным, реализующим оптимальное значение  $\eta$  за счет электроэрозионного или электрохимического воздействия на рабочую поверхность круга.

Исходя из зависимости (10), изменяя высоту  $b$ , изменяется коэффициент  $\eta$ , а следовательно, и все физические и технологические параметры шлифования, т.е. влияние  $b$  на процесс резания происходит не непосредственно, а через изменение коэффициента  $\eta$ . В этом и состоит физическая сущность процессов комбинированного алмазного шлифования, позволяющих регулировать высоту выступания зерен над уровнем связки круга  $b$ , а через нее – все основные параметры обработки.

#### Список литературы:

1. Якімов О.В., Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Якімов О.О. Високопродуктивне шліфування: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1995. – 180 с.
2. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования. – Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Одесса, 1995. – 36 с.