

ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО РЕЛЬЕФА КРУГА В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, Набока Е.В., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

Theoretically motivated way of raising process production of diamond polishing.

Создание новых машин и систем, все возрастающие требования к качеству обработки материалов предопределяют решение проблемы существенного повышения производительности алмазного шлифования, получившего широкое применение в машиностроении. Для оценки технологических возможностей алмазного шлифования рассмотрим расчетную схему, в которой обрабатываемый образец движется с постоянной скоростью $V'_{дет}$ по нормали к торцу круга, рис. 1. Полный сьем подводимого в зону резания материала происходит на уровне H , определяемом зависимостью [1]:

$$H = \sqrt[3]{\frac{9 \cdot b \cdot V'_{дет}}{tg \gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot (1 - \eta^2)}}, \quad (1)$$

где b - исходная максимальная высота выступания зерен над уровнем связки круга; k - поверхностная концентрация зерен круга, шт/м²; γ - половина угла при вершине конусообразного зерна; $V_{кр}$ - скорость круга, м/с; $\eta = 0 \dots 1$ - безразмерный параметр, определяющий степень затупления зерен (для острого зерна $\eta \rightarrow 0$, для затупленного $\eta \rightarrow 1$).

Следуя зависимости (1), с увеличением параметра η , т.е. по мере затупления зерен, глубина внедрения обрабатываемого материала H в рабочую поверхность круга увеличивается и при определенном значении η обрабатываемый материал начнет контактировать со связкой круга. Это приведет или к интенсивному разрушению связки и обновлению рабочей поверхности круга за счет выпадения зерен из связки, или к вдавливанию образующихся стружек в связку, засаливанию круга и потере его режущей способности.

Первый случай возможен при шлифовании кругами на

относительно малопрочных органических и керамических связках, которые, как правило, работают в режиме самозатачивания, характеризующегося равномерным во времени износом.

Второй случай возможен при шлифовании кругами на прочных металлических связках, которые не склонны к самозатачиванию, быстро затупляются и засаливаются и их необходимо править.

Таким образом, для нормальной работы круга необходимо в процессе шлифования управлять параметром H , обеспечивая полный сьем подводимого в зону резания материала на уровне $H \leq b$.

Рассмотрим предельный случай $H = b$ с точки зрения анализа закономерностей изменения параметра η . Для этого разрешим зависимость (1) относительно η :

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{9 \cdot V'_{дет}}{tg\gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot b^2}} \quad (2)$$

Чем больше $V'_{дет}$ и меньше k , $V_{кр}$, b , тем меньше параметр η , т.е. тем меньше величина линейного износа зерна X и больше фактическая высота выступания зерна над уровнем связки ($b - X$). В этом случае для полного съема подводимого в зону резания материала необходимо иметь более полный (острый) режущий рельеф круга. Этим показано, что для каждого режима резания, каждой характеристики круга существует вполне конкретное значение η , которое определяет состояние режущего рельефа круга. Для эффективного ведения процесса шлифования данное значение η должно быть неизменным с течением времени обработки. Это достигается или режимом самозатачивания или режимом непрерывной правки круга.

Установим производительность обработки $Q = S \cdot V'_{дет}$ с учетом параметров режущего рельефа круга η и b , (где S - площадь контакта круга с деталью). Для этого разрешим зависимость (2) относительно V' :

$$Q = \frac{S \cdot b^2 \cdot tg\gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot (1 - \eta^2)}{9} \quad (3)$$

Из зависимости (3) следует, что основными условиями увеличения Q являются увеличения максимальной высоты выступания зерен над уровнем связки b и уменьшение параметра $\eta \rightarrow 0$, поскольку эти

параметры входят в зависимость с наибольшей степенью. Зависимость (3) справедлива для шлифования по жесткой и упругой схемам.

Преобразуем зависимость (3) с учетом известных соотношений [2]:

$$b = (1 - \varepsilon) \cdot \bar{x}, \quad (4)$$

$$k = \frac{3 \cdot m \cdot (1 - \varepsilon)}{200 \cdot \pi \cdot \bar{x}^2}, \quad (5)$$

где \bar{x} - зернистость круга, м; m - объемная концентрация круга; $(1 - \varepsilon)$ - безразмерный коэффициент, учитывающий степень выступания зерен над уровнем связки ($\varepsilon < 1$):

$$Q = \frac{S \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot m \cdot V_{кр} \cdot (1 - \varepsilon)^3 \cdot (1 - \eta^2)}{600 \cdot \pi}. \quad (6)$$

В общем случае производительность обработки Q не зависит от зернистости круга, а определяется безразмерным коэффициентом ε . Чем меньше ε , тем больше Q . Уменьшить ε можно, применяя прочные металлические связки, металлизирова алмазные зерна и т.д.

Применительно к круглому наружному, внутреннему и плоскому шлифованию с фиксированной глубиной шлифования t зависимости (1), (2) и (3) примут вид [1]:

$$H = \sqrt[3]{\frac{9 \cdot b \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{2t \cdot \rho}}{\operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot (1 - \eta^2)}}, \quad (7)$$

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{9 \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{2t \cdot \rho}}{\operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot b^2}}, \quad (8)$$

$$Q = S_0 \cdot V_{дет} \cdot t = \frac{S_0 \cdot b^4 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot k^2 \cdot V_{кр}^2 \cdot (1 - \eta^2)^2}{162 \cdot V_{дет} \cdot \rho}, \quad (9)$$

где $V_{дет}$ - скорость детали, м/с; $\rho = \frac{1}{R_{кр}} + \frac{1}{R_{дет}}$; $R_{кр}$, $R_{дет}$ - соответственно радиусы круга и детали, м; S_0 - продольная подача, м/об.

По сравнению с торцовым шлифованием, производительность шлифования периферией круга в большей степени зависит от параметров η и b , что указывает на эффективность управления параметрами режущего рельефа круга. Наряду с увеличением параметров k и $V_{кр}$, добиться увеличения Q можно путем уменьшения $V_{дет}$, а в соответствии с зависимостью (8) – увеличением глубины шлифования t . Чем меньше $V_{дет}$, тем значительно может быть увеличена глубина шлифования t при $\eta = const$ и тем больше производительность обработки, т.е. вторым по значимости условием увеличения Q необходимо рассматривать применение глубинного шлифования с весьма небольшой скоростью детали $V_{дет}$. Зависимость (8) может быть представлена:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{9 \cdot \sqrt{2 \cdot V_{дет} \cdot Q \cdot \rho}}{tg\gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot b^2 \cdot \sqrt{S_0}}} \quad (10)$$

Учитывая то, что уменьшение $V_{дет}$ ограничено, рост Q также ограничен условием $0 < \eta < 1$. Поэтому добиться увеличения производительности глубинного шлифования (т.е. увеличения числителя подкоренного выражения) можно за счет увеличения знаменателя и в первую очередь параметра b , входящего в зависимость с наибольшей степенью. Следовательно, для реализации высокопроизводительного глубинного шлифования необходимо использовать круги со значительным выступанием зерен над уровнем связки.

Список литературы:

1. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования. – Автореф. дис. ... докт. техн. наук, Одесса, 1995. – 36 с.
2. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник /Под ред. проф. А.Н.Резникова. – М.: Машиностроение. 1977. – 390 с.