

Новиков Ф.В. Харьковский национальный
экономический университет, Харьков
Иванов И.Е. Приазовский государственный
технический университет, Мариуполь, Украина

УСЛОВИЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Метод шлифования является основным методом обработки материалов повышенной твердости (твердых сплавов, наплавленных материалов и т.д.). Поэтому вопросы его совершенствования чрезвычайно актуальны и им постоянно в научно-технической литературе уделяется большое внимание [1]. В настоящее время сложилось достаточно полное представление о технологических возможностях процесса шлифования и областях его эффективного практического использования, однако вопросы разработки формализованной теории шлифования, позволяющей математически обосновать выбор наилучшего варианта обработки, решены не достаточно. Это требует проведения дальнейших исследований в этом направлении, особенно в плане обеспечения условий высокопроизводительной обработки. В связи с этим, целью работы является теоретическое обоснование условий повышения производительности обработки при шлифовании.

В обобщенном виде производительность обработки Q может быть определена на основе подхода, предложенного в работе [2]:

$$Q = \frac{\mathcal{G}_{\text{объем}}}{\tau} = k \cdot B \cdot V_{\text{кр}} \cdot \mathcal{G}_{\text{зерно}} \cdot \frac{a_z}{b}, \quad (1)$$

где $\mathcal{G}_{\text{объем}} = n \cdot \mathcal{G}_{\text{зерно}}$ – объем снятого материала, м^3 ; τ – время обработки, с; $\mathcal{G}_{\text{зерно}}$ – объем материала, снятого одним режущим зерном, м^3 ; $n = k \cdot F \cdot a_z / b$ – количество зерен, участвующих в съеме материала; k – поверхностная концентрация зерен круга, шт/ м^2 ; $F = B \cdot L$ – площадь рабочей поверхности круга, которая за время τ проконтактировала с обрабатываемым материалом, м^2 ; a_z – максимальная толщина среза отдельным зерном круга, м; b – высота выступания режущего зерна над уровнем связки круга, м; B – ширина шлифования, м; $L = V_{\text{кр}} \cdot \tau$ – длина рабочей поверхности круга, которая за время τ проконтактировала с обрабатываемым материалом, м; $V_{\text{кр}}$ – скорость круга, м/с.

Из зависимости (1) следует, что увеличить производительность обработки Q можно увеличением параметров k , B , $V_{\text{кр}}$, $\mathcal{G}_{\text{зерно}}$ и отношения $a_z / b \rightarrow 1$. Увеличение k предполагает применение кругов с большим содержанием зерен, увеличение $a_z / b \rightarrow 1$ – повышение прочности удержания зерен в связке и собственно прочности зерен, а увеличение $\mathcal{G}_{\text{зерно}}$ – увеличение толщины и длины среза отдельным зерном круга. При шлифовании торцом круга параметр $\mathcal{G}_{\text{зерно}}$, очевидно, больше, чем при шлифовании периферией круга. Поэтому и производительность обработки Q потенциально выше.

Как известно, круглое наружное шлифование осуществляется по схемам многопроходного и глубинного шлифования. При многопроходном шлифовании (рис. 1,б) параметр $Q_{зерно}$ может быть представлен $Q_{зерно} = 2/3 \cdot a_z^2 \cdot l$, а при глубинном шлифовании (рис. 1,а) – $Q_{зерно} = 1/3 \cdot a_z^2 \cdot l$, где $l = \sqrt{2 \cdot t / \rho}$ – длина дуги контакта круга с обрабатываемым материалом (длина среза отдельным зерном круга), м; t – номинальная глубина шлифования, м; $\rho = 1/R_{кр} + 1/R_{дет}$; $R_{кр}, R_{дет}$ – соответственно радиусы круга и детали, м; $V_{дет}$ – скорость детали, м/с.

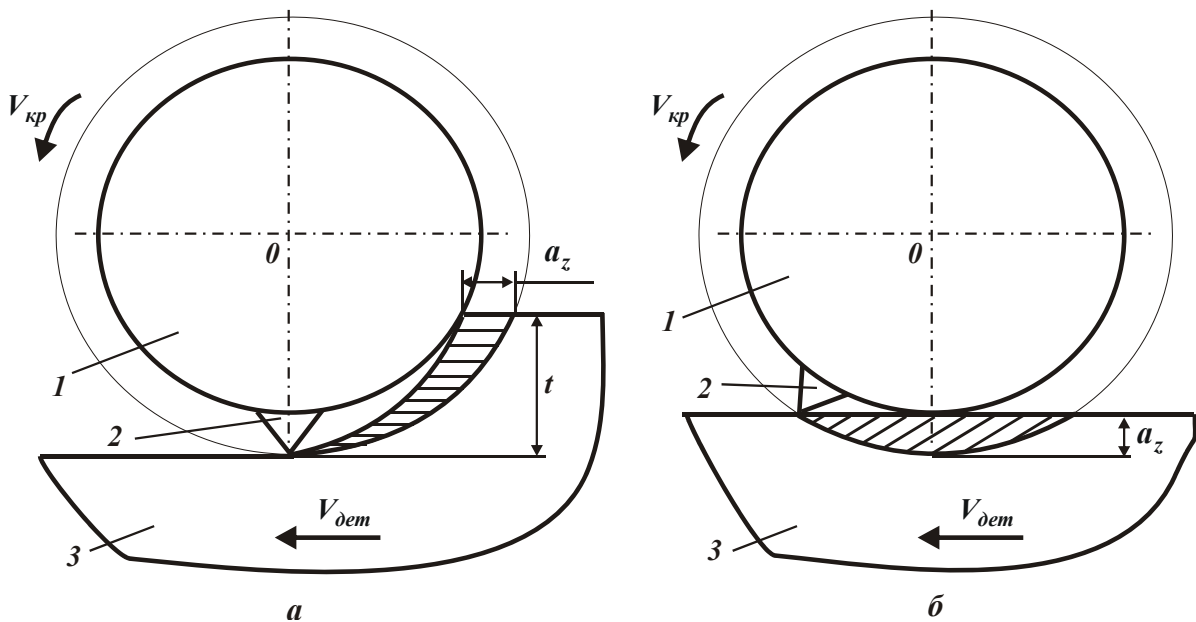


Рисунок 1 – Расчетные схемы параметров глубинного (а) и многопроходного (б) шлифования:

1 – круг; 2 – режущее зерно; 3 – обрабатываемый материал

При многопроходном шлифовании номинальная глубина шлифования t ограничена высотой выступающего зерна над уровнем связки круга b и принимает значения $0 \dots b$. В пределе $t=b$, тогда

$$Q_{мног} = k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{a_z}{b} \cdot \frac{2}{3} \cdot a_z^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot b}{\rho}} \quad (2)$$

При глубинном шлифовании производительность обработки $Q_{гл}$ определится

$$Q_{гл} = k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{a_z}{b} \cdot \frac{1}{3} \cdot a_z^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t}{\rho}} \quad (3)$$

Как видно, за счет того, что $t > b$, при глубинном шлифовании можно добиться большей производительности обработки. При условии $a_z / b = 1$ зависимости (2) и (3) принимают вид

$$Q_{мног} = k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{2}{3} \cdot b^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot b}{\rho}} \quad (4)$$

$$Q_{\text{гл}} = k \cdot B \cdot V_{\text{кр}} \cdot \frac{1}{3} \cdot b^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t}{\rho}}. \quad (5)$$

В этом случае при многопроходном шлифовании параметр b в большей степени влияет на увеличение производительности обработки, чем при глубинном шлифовании. Следовательно, при многопроходном шлифовании основным путем увеличения номинальной глубины шлифования t и соответственно производительности обработки $Q_{\text{iiiä}}$ является увеличение параметра b . Например, для алмазного круга [1]: $b = (1 - \varepsilon) \cdot \bar{X}$; $k = \frac{3 \cdot m \cdot (1 - \varepsilon)}{200 \cdot \pi \cdot \bar{X}^2}$, где m – объемная концентрация зерен в круге (безразмерная величина, равная для алмазного круга 100%-ной концентрации $m=100$); \bar{X} – зернистость круга, м; ε – безразмерный коэффициент, учитывающий степень выступания зерен над уровнем связки ($\varepsilon < 1$). Тогда зависимости (4) и (5) опишутся

$$Q_{\text{много}} = \frac{m \cdot (1 - \varepsilon)^3 \cdot B \cdot V_{\text{кр}}}{100 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \bar{X}}{\rho}}; \quad (6)$$

$$Q_{\text{гл}} = \frac{m \cdot (1 - \varepsilon)^3 \cdot B \cdot V_{\text{кр}}}{200 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t}{\rho}}. \quad (7)$$

Как видно, при многопроходном шлифовании зернистость круга \bar{X} входит в зависимость (6) для определения производительности обработки, а при глубинном шлифовании – не входит в зависимость (7). Поэтому увеличение зернистости круга \bar{X} является важным условием повышения производительности многопроходного шлифования, т.к. увеличение \bar{X} позволяет увеличить номинальную глубину шлифования t .

Из всех входящих в зависимости (6) и (7) параметров наибольшее влияние на производительность обработки оказывает безразмерный коэффициент $(1 - \varepsilon)$, учитывающий степень выступания зерен над уровнем связки ($\varepsilon < 1$). Чем больше $(1 - \varepsilon)$, тем больше производительность обработки. При многопроходном шлифовании влияние данного коэффициента на производительность обработки значительнее, чем при глубинном шлифовании. Поэтому, чтобы добиться более высоких значений производительности при многопроходном шлифовании по сравнению с глубинным шлифованием, необходимо обеспечить более прочное удержание зерен в связке круга, применяя, например, алмазные круги на металлических связках или крупнозернистые абразивные круги повышенной твердости.

Литература

1. Алмазно-абразивная обработка материалов: справочник / Под ред. проф. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
2. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования: автореф. дис. на соискание научн. степени докт. техн. наук: спец. 05.03.01 “Процессы механической обработки, станки и инструменты” / Ф.В. Новиков. – Одесса, 1995. – 36 с.