

УДК 621.923

Новиков Ф.В., д-р. техн. наук, проф. (Харьковский национальный экономический университет)

Малыхин В.В., канд. техн. наук, доц., Харитонов П.А., аспирант (Курский государственный технический университет)

Новиков С.Г., канд. техн. наук, доц., (Курский институт социального образования)

## ФОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АЛМАЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

*В статье представлен анализ влияния характеристики алмазного круга и режимов шлифования на шероховатость обработанной поверхности и производительность.*

Шлифование является наиболее распространенным методом финишной обработки материалов, обеспечивающим высокие показатели точности и качества обработанных поверхностей. Одним из показателей эффективности процесса шлифования является шероховатость обработанной поверхности. Рассмотрим зависимость шероховатости от характеристик алмазного круга.

При небольших глубинах шлифования параметр шероховатости  $R_{max}$  как правило, формируется в результате нескольких касаний круга с деталью.

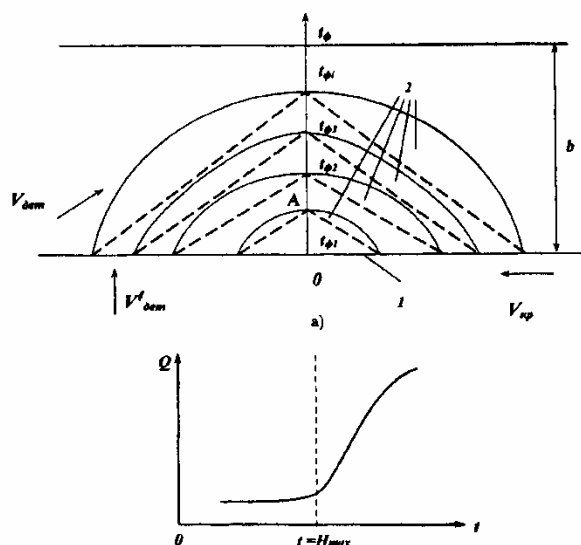


Рис.1. Расчетная схема многопроходного шлифования (а) и зависимость  $Q$  от  $t$  при фиксированной площади поперечного сечения среза отдельным зерном (б): 1 - наружная поверхность; 2 - положения оболочки (слоя) снимаемого припуска.

Для того чтобы учесть эту особенность, снимаемый припуск представим пакетом бесконечно тонких оболочек (слоев), входящих в рабочую поверхность круга под разными углами (рис. 1,а). За время контакта фиксированного сечения (точки А) наружного слоя с рабочей поверхностью круга, с ним проконтактирует  $n_1$  зёрен. При втором проходе фактическая глубина шлифования  $t$  увеличится в 2 раза. Следовательно, с элементарным слоем снимаемого припуска проконтактирует другое количество  $n_2$  зёрен.

При третьем проходе фактическая глубина шлифования станет равной  $3t$  и с элементарным слоем проконтактирует  $n_3$  зёрен и т. д.

Суммарное число зёрен  $n = n_1 + n_2 + n_3 \dots$  определим следующим образом.

При первом проходе:

$$n_1 = k \cdot B \cdot V_{kp} \cdot \tau \cdot \frac{t}{b} = k \cdot B \cdot V_{kp} \cdot \frac{t_{\phi 1}}{b} \cdot \frac{2t_{\phi 1}}{V'_{дет}}, \quad (1)$$

где  $\tau = \frac{2t_{\phi 1}}{V'_{дет}}$  - время контакта фиксированной точки А

элементарного слоя с рабочей поверхностью круга, равное времени перемещения слоя по нормали к кругу со скоростью  $V'_{дет}$  на величину  $2t$  (время входа и выхода слоя с рабочей поверхности круга);

$$V'_{дет} = \sqrt{\frac{2 \cdot t_{\phi 1}}{R_{kp}}},$$

$t_{\phi 1}$  - фактическая глубина шлифования.

Отношение  $\frac{t_{\phi 1}}{b}$  определяет количество рабочих зёрен по высоте режущего рельефа круга ( $b$  - максимальная высота выступания зёрен над уровнем связки).

При втором проходе:

$$n_2 = k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{t_{\phi 2}}{b} \cdot \frac{2t_{\phi 2}}{V'_{дем}}, \quad (2)$$

где  $t_{\phi 2} = 2t$  - фактическая глубина шлифования при втором проходе. При третьем проходе:

$$n_3 = k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{t_{\phi 3}}{b} \cdot \frac{2t_{\phi 3}}{V'_{дем}}, \quad (3)$$

где  $t_{\phi 3} = 2t$  - фактическая глубина шлифования при третьем проходе. Суммарное число зёрен  $n$  равно

$$\begin{aligned} n &= n_1 + n_2 + n_3 \dots = k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{2}{b \cdot V_{дем}} \sqrt{\frac{R_{кр}}{2}} \cdot (t_1^{1.5} + t_2^{1.5} + t_3^{1.5} \dots) = \\ &= k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{1}{b \cdot V_{дем}} \cdot \sqrt{2 \cdot R_{кр}} \cdot t^{1.5} \cdot (1 + 2^{1.5} + 3^{1.5} + \dots). \end{aligned} \quad (4)$$

Сумму ряда  $\Sigma' = (1^{1.5} + 2^{1.5} + 3^{1.5} + \dots) = (1 + 2.83 + 5.2 \dots)$ , приближённо можно рассматривать как сумму арифметической прогрессии:

$$\Sigma = \frac{(1 + i^{1.5})}{2} \cdot i, \quad (5)$$

где  $i = 1; 2; 3$  и т. д.

Считая, что  $i^{1.5} > 1$ , упростим (5)

$$\Sigma = 0.5 \cdot i^2, \quad (6)$$

Количество проходов круга  $i$  до момента формирования параметра шероховатости  $R_{max}$  равно

$$i = \frac{R_{max}}{t}, \quad (7)$$

Тогда  $n$  с учётом (5) и (6) определится

$$n = k \cdot B \cdot V_{кр} \cdot \frac{2}{b \cdot V_{дем}} \sqrt{2 \cdot R_{кр}} \cdot \frac{R_{max}^{2.5}}{2 \cdot t}, \quad (8)$$

Из [1] используем условие

$$2 \cdot R_{max} \cdot \text{tg} \gamma \cdot n = B, \quad (9)$$

где  $R_{max}$  - максимальная высота проекций зёрен на плоскость 1, условно равная максимальной высоте микронеровностей обработанной поверхности (параметру шероховатости обработки  $R_{max}$ ), м;  $B$  - ширина рабочей части абразивного инструмента, м;  $n = k \cdot B \cdot L$  - количество зёрен, расположенных на участке инструмента длиной  $L$ ;  $k$  - поверхностная концентрация зёрен на рабочей поверхности инструмента, шт/м<sup>2</sup>,  $2\gamma$  - угол при вершине алмазного зерна.

получим расчётную зависимость для определения параметра  $R_{max}$

$$R_{max} = \left( \frac{b \cdot V_{дем} \cdot t}{\text{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot \sqrt{D_{кр}}} \right), \quad (10)$$

где  $D_{кр} = 2 \cdot R_{кр}$  - диаметр круга.

С учётом  $Q = B \cdot V_{дем} \cdot t$  зависимость (10) примет вид

$$R_{\max} = \left( \frac{b \cdot Q}{\operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot B \cdot V_{\text{кр}} \cdot \sqrt{D_{\text{кр}}}} \right)^{0.29}, \quad (11)$$

Параметр  $R_{\max}$  тем больше, чем больше производительность обработки  $Q$ .

Выразим поверхностную концентрацию круга  $k$  и максимальную высоту выступания зёрен над уровнем связки  $b$  через зернистость круга  $\bar{x}$  и объёмную концентрацию круга  $m$ , для чего подставим в (11) зависимости:

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\pi \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot n_0 \cdot HV}}, \quad (12)$$

Где количество одновременно работающих зёрен  $n_0$  равно  $n_0 = \kappa F$ ,  $\kappa$  - поверхностная концентрация зёрен, шт/м;  $F$  - площадь контакта абразивного инструмента с обрабатываемым материалом, м<sup>2</sup>.

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{p}}{\pi \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot HV}}, \quad (13)$$

Так как  $\bar{p} = \frac{P}{F}$  (где  $\bar{p}$  - нормальное давление)

рассматривая в них  $b_0 = b$ ,  $k_1 = k$ :

$$R_{\max} = \left( \frac{200\pi \cdot x^3 \cdot Q}{3 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot m \cdot B \cdot V_{\text{кр}} \cdot \sqrt{D_{\text{кр}}}} \right)^{0.29}, \quad (14)$$

Как видим, наибольшее влияние на  $R_{\max}$  оказывает зернистость круга. Параметры  $Q$ ,  $m$ ,  $B$ ,  $V_{\text{кр}}$  влияют на  $R_{\max}$  в одинаковой степени.

Таким образом на основании анализа формирования шероховатости поверхности установлена взаимосвязь шероховатости поверхности с производительностью, скоростью круга, зернистостью и концентрацией алмазного круга, что позволяет определить рациональные режимы шлифования, обеспечивающие заданную шероховатость обработанной поверхности и производительность обработки.

#### Библиографический список

1. Силин С.С, Хрульков В.А., Лосанов А.В., Рыкунов Н.С. Глубинное шлифование деталей из труднообрабатываемых материалов. - М.: Машиностроение, 1984.- 68с.