

УДК 621.923

Ф.В. Новиков, докт. техн. наук, В.П. Ткаченко, Харьков, Украина

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Conditions of increasing of roughness and productivity at abrasive machining are theoretically grounded.

Применение алмазно-абразивных инструментов позволяет добиться высоких показателей качества и точности обработки. Для раскрытия технологических возможностей алмазно-абразивных инструментов в настоящей работе предложен кинематический подход к расчету параметра шероховатости R_{\max} и производительности обработки.

Рассмотрим схему резания прямолинейного образца, движущегося по нормаль к рабочей поверхности абразивного инструмента, вращающегося со скоростью $V'_{\text{дет}}$ к рабочей поверхности абразивного инструмента, вращающегося со скоростью $V_{\text{инст}}$. Спроецируем все зерна, расположенные на участке инструмента длиной L , на плоскость, имитирующую движение образца:

$$L = V_{\text{инст}} \cdot \tau = V_{\text{инст}} \cdot \frac{R_{\max}}{V'_{\text{дет}}} \quad (1)$$

где τ - время, за которое плоскость переместится на величину R_{\max} .

Предположим, что вершины спроецированных на плоскость зерен в горизонтальном направлении равноудалены друг от друга, тогда справедливо геометрическое условие:

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

где γ - половина угла при вершине конусообразного зерна; B - ширина рабочей части инструмента; $n = k \cdot B \cdot L$ - количество зерен, расположенных на участке инструмента длиной L ; k - поверхностная концентрация зерен, шт/м².

Подставим зависимость (1) в (2):

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot k} \cdot \frac{V'_{\text{дет}}}{V_{\text{инст}}}} \quad (3)$$

Уменьшить R_{\max} можно увеличением $\gamma, k, V_{\text{инст}}$ и уменьшением $V'_{\text{дет}}$. Для реализации небольших значений $V'_{\text{дет}}$ эффективна упругая схема обработки с фиксированным радиальным усилием P , которое может быть выражено:

$$P = HV \cdot n_0 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot R_{\max}^2 \cdot 0,5 \quad (4)$$

где HV - твердость обрабатываемого материала; n_0 - количество одновременно работающих зерен; $n_0 = k \cdot F$; F - площадь контакта.

Разрешим (4) относительно R_{\max} :

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\pi \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot k \cdot F \cdot HV}} \quad (5)$$

Сравнивая зависимости (3) и (5), установим связь между $V'_{\text{дет}}$ и P :

$$V'_{\text{дет}} = \frac{4 \cdot \bar{P}}{\pi \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot HV} \cdot V_{\text{инст}}, \quad (6)$$

где $\bar{P} = \frac{P}{F}$ - нормальное давление.

Увеличить $V'_{\text{дет}}$ и соответственно производительность обработки $V'_{\text{дет}} \cdot F$ можно увеличением \bar{P} и $V_{\text{инст}}$.

Концентрация зерен k входит в зависимость (5) и не входит в (6). Следовательно, увеличивая k и соответственно P можно увеличить производительность без увеличения параметра шероховатости R_{\max} .

По физической сути соотношение $\left(\frac{P}{k \cdot F}\right)$ в зависимости (5) определяет нагрузку, приходящуюся на отдельное зерно. Уменьшая ее, можно уменьшить R_{\max} . Очевидно, наименьшую нагрузку можно достичь, если обработку вести незакрепленными на рабочей поверхности зернами (например, с применением алмазных паст; алмазного порошка, находящегося в свободном состоянии на притире и т.д.). Шаржирование зерен (предварительное вдавливание их в материал притира) или закрепление зерен с помощью связывающего материала (например, гальваническим методом) повышает прочность их удержания в инструменте и соответственно нагрузку $\left(\frac{P}{k \cdot F}\right)$, что ведет к увеличению параметра шероховатости обработки R_{\max} .

Еще больше прочность удержания зерен в шлифовальном круге и особенно в алмазном круге на металлической связке. В результате нагрузка, действующая на зерно, и параметр R_{\max} существенно возрастают, что согласуется с экспериментальными данными.

При шлифовании по упругой схеме торцем алмазного круга параметр шероховатости R_{\max} определяется:

$$R_{\max} = \bar{x} \cdot \sqrt[3]{\frac{400 \cdot P}{3 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot m \cdot Z \cdot F \cdot HV}}, \quad (7)$$

где \bar{x} - зернистость круга; m - объемная концентрация круга (100; 50; 25 и т.д.); Z - безразмерный коэффициент, учитывающий степень «утопания» зерен в связку круга при шлифовании под действием возникающих нагрузок (для алмазных кругов на металлических связках $Z \cong 1$, для кругов на менее прочных органических связках $Z > 1$).

Чем больше Z , т.е. чем «мягче» связка круга, тем меньше параметр шероховатости обработки R_{\max} .

Экспериментальные исследования торцевого шлифования по упругой схеме твердого сплава «Рэлит» показали, что применение алмазных кругов на органической связке В2-01 позволяет уменьшить параметр шероховатости R_{\max} по сравнению с шлифованием алмазными кругами на металлической связке М1-01. Причем, с уменьшением зернистости эффект от применения кругов на органической связке увеличивается.

Исходя из зависимости (7), зернистость \bar{x} оказывает на R_{\max} наибольшее влияние, что согласуется с экспериментальными данными.

На рисунке 1 показана блок-схема условий уменьшения параметра шероховатости обработки R_{\max} с учетом ограничения по производительности $Q = V'_{\text{дем}} \cdot F$.

Уменьшить R_{\max} можно двумя путями: уменьшением радиальной составляющей силы резания, действующей на отдельное зерно, P_1 и увеличением угла при вершине зерна γ . Первый путь реализуется за счет уменьшения нормального давления $\bar{P} = \frac{P}{F}$ и увеличения поверхностной концентрации зерен k . Так как уменьшение \bar{P} ведет к уменьшению $V'_{\text{дем}}$ и Q , основным условием P_1 следует рассматривать увеличение поверхностной концентрации k при обработке свободным абразивом. Второй путь уменьшения R_{\max} за счет увеличения угла γ предполагает уменьшение $V'_{\text{дем}}$ и производительности. Для поддержания Q на заданном уровне необходимо

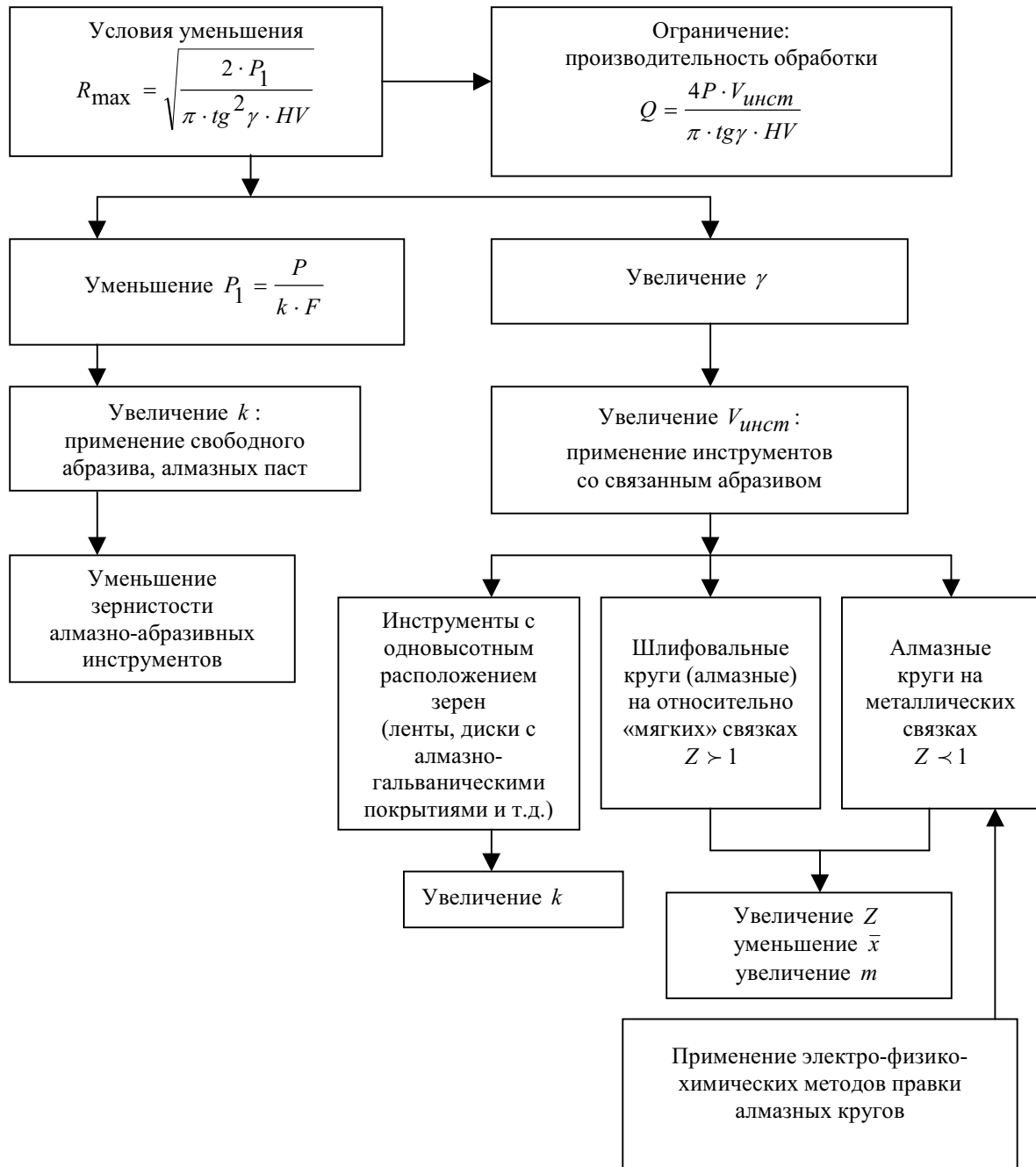


Рисунок 1. Блок-схема

существенно увеличить скорость инструмента $V_{инст}$, а зерна закрепить на его рабочей поверхности, так как резание зернами с большим углом γ вызывает увеличение силы резания. Примером жесткого закрепления зерен является шлифовальный (алмазный) круг. Чем «мягче» связка круга, тем больше глубина «утопания» зерен в связку (больше коэффициент Z), и больше зерен одновременно участвует в резании, что ведет к уменьшению параметра шероховатости R_{max} .

При шлифовании алмазными кругами на прочных металлических связках ($Z \cong 1$) уменьшить параметр R_{max} можно главным образом за счет увеличения угла $\gamma \rightarrow 90^\circ$. Для своевременного удаления затупленных зерен с рабочей поверхности круга необходимо использовать эффективные методы электрофизикохимической правки. Учитывая то, что существенное увеличение $\gamma \rightarrow 90^\circ$ ведет к уменьшению $V'_{дет}$ (согласно приведенным зависимостям), возможно увеличение \bar{P} , но при одновременном уменьшении зернистости \bar{x} и увеличении объемной концентрации зерен m .

При шлифовании по жесткой схеме уменьшить параметр шероховатости R_{max} без уменьшения производительности обработки можно уменьшением зернистости круга \bar{x} и увеличением объемной концентрации зерен m и скорости круга.

Оценим значения поверхностной концентрации зерен k при обработке свободным абразивом. Согласно ГОСТ 16877-71 «Пасты алмазные», с увеличением зернистости пасты процентное содержание алмазного порошка в ней увеличивается, таблица 1. Это связано с тем, что с увеличением зернистости уменьшается количество зерен, содержащихся в 1 карате. Поэтому, с целью увеличения количества зерен процентное содержание алмазного порошка в пасте увеличивают. Однако из таблицы 1 нетрудно видеть, что с увеличением зернистости количество зерен в единице объема пасты уменьшается, так как при увеличении зернистости от 1/0 до 60/40 (т.е. приблизительно в 60 раз) концентрация алмазного порошка в пасте увеличивается лишь в 10 раз.

Из этого можно заключить, что поверхностная концентрация зерен k (при использовании алмазной пасты) с увеличением зернистости увеличивается. Это ведет к уменьшению параметра R_{max} .

Установленная закономерность допускает увеличение зернистости при обработке материалов повышенной твердости HV (для обеспечения заданного значения R_{\max}).

Таблица 1

Процентное содержание алмазного порошка в пасте

Зернистость пасты	Концентрация алмазного порошка, мас %	
	нормальная	повышенная
60/40	10	20
40/28	7	14
28/20		
20/14	5	10
14/10		
10/7	3	6
7/5		
5/3	2	4
3/2		
2/1	1	2
1/0		

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., Ткаченко В.П., Свидерский В.И. Торцевое алмазное шлифование твердого сплава «рэлит» // Вісник Інженерної Академії України. — К., 2001. — Вип.3. — С. 395—398.

Поступила в редколлегию 16.06.01