

УДК 621.923

Ф.В.Новиков, Ю.Г.Гуцаленко, Г.В.Новиков

УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕРЕН В СВЯЗКЕ И ИЗНОС ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

(Харьковский политехнический институт)

Повышение производительности шлифования при съеме больших припусков в ряде случаев сдерживается относительно высоким уровнем износа круга. Существует предельная производительность шлифования, превышение которой приводит к быстрой потере режущей способности круга или осыпанию зерен. В первом случае процесс шлифования прекращается, во втором – он не всегда экономически целесообразен, особенно при шлифовании кругами из сверхтвердых материалов. Для оптимизации процесса шлифования важно установить причины повышенного износа круга и взаимосвязь скорости износа с основными параметрами шлифования.

Ниже приведены результаты аналитических исследований износа круга, показано влияние параметров режущего рельефа круга на интенсивность его износа.

В качестве расчетной рассмотрена схема врезного шлифования прямолинейного образца, движущегося по нормали к рабочей поверхности круга с постоянной скоростью $V_{из}$ (рис. I). Распределение вершин зерен над уровнем связки подчинено равномерному закону с плотностью

$$f(y_s) = 1/b \quad (b - \text{максимальная высота выступания зерен над связкой}).$$

Режущий рельеф круга представлен множеством элементарных слоев, содержащих $d n_s$ вершин с различной высотой выступания над уровнем

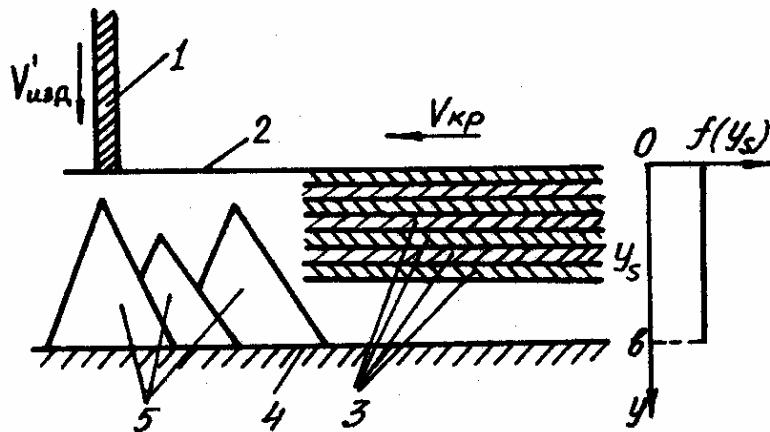


Рис. 1. Представление рабочей поверхности круга множеством элементарных слоев зерен: 1 - обрабатываемый образец; 2 - уровень максимально выступающих зерен; 3 - элементарные слои зерен; 4 - уровень связки; 5 - режущие зерна

связки $\delta - y_c$. Принято, что в износе круга преобладает выпадение зерен от действия предельных нагрузок, определяемых прочностью удержания зерен в связке. Поверхностное и объемное разрушение зерен не учитывается. Для определения скорости износа круга $V'_{кр}$ воспользуемся вероятностной функцией - относительной площадью профиля круга $\mathcal{E}(y)[I]$ - и рассмотрим случай, когда полный профиль круга, характеризующийся $\mathcal{E}(y) = I$, не успеет образоваться на уровне предельной толщины среза $H_{max}^{пр}$. В этом случае полный срез материала элементарного слоя обрабатываемого изделия на уровне y_1 осуществляется за время $\Delta T = (H_{max}^{пр} + \chi) / V'_{изд}$ в результате работы зерен, во-первых, вершины которых расположены в промежутке (y_0, y_1) и, во-вторых, в промежутке $(0, y_0)$, равном износу круга χ , имевшему место из-за перегрузки и осыпания зерен за время ΔT ; причем (рис. 2),

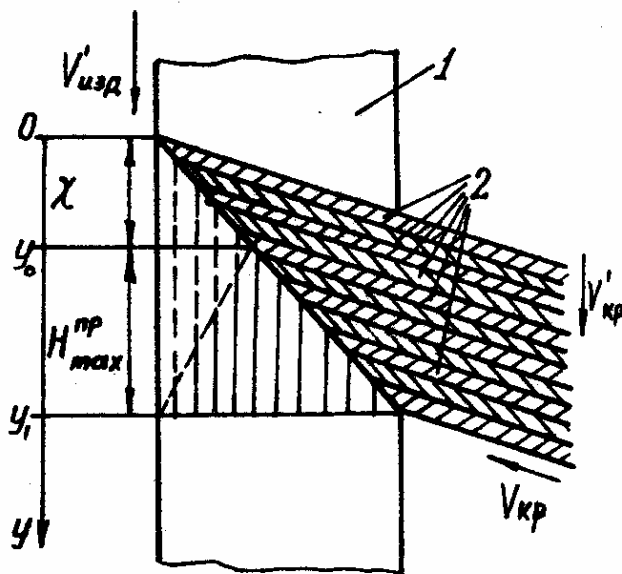


Рис. 2. Схема наложения элементарных слоев зерен на поверхность образца; 1 - поверхность образца, 2 - элементарные слои зерен

осуществляется за время $\Delta T = (H_{max}^{пр} + \chi) / V'_{изд}$ в результате работы зерен, во-первых, вершины которых расположены в промежутке (y_0, y_1) и, во-вторых, в промежутке $(0, y_0)$, равном износу круга χ , имевшему место из-за перегрузки и осыпания зерен за время ΔT ; причем (рис. 2),

осуществляется за время $\Delta T = (H_{max}^{пр} + \chi) / V'_{изд}$ в результате работы зерен, во-первых, вершины которых расположены в промежутке (y_0, y_1) и, во-вторых, в промежутке $(0, y_0)$, равном износу круга χ , имевшему место из-за перегрузки и осыпания зерен за время ΔT ; причем (рис. 2),

$$\frac{(H_{max}^{пр} + \chi)}{V'_{изд}} = \frac{\chi}{V'_{кр}}$$

или

$$\frac{\chi}{H_{max}^{пр}} = \frac{V'_{кр}}{(V'_{изд} - V'_{кр})} \quad (1)$$

Общее число зерен, участвующих в образовании полного профиля на уровне Y_1 ,

$$n = n_0 \left(\frac{1 + \chi}{H_{max}^{пр}} \right) = n_0 \left[\frac{1 + V'_{кр}}{(V'_{изд} - V'_{кр})} \right], \quad (2)$$

где $n_0 = k \cdot B \cdot V_{кр} \frac{H_{max}^{пр}}{V'_{изд}}$ - число зерен, проконтактировавших с образцом за время его перемещения в слое зерен на величину $H_{max}^{пр}$; k - поверхностная концентрация зерен, шт./мм²; B - ширина круга, мм; $V_{кр}$ - скорость круга, мм/с.

Так как выпадение зерен из связки в результате потери устойчивости не изменяет закономерности формирования относительной полноты круга, установленные в работах [1, 2], используем аналитическую зависимость для $H_{max}^{пр}$ [2]. С учетом (2)

$$H_{max}^{пр} = \sqrt[3]{\frac{9b \cdot V'_{изд}}{k \cdot V_{кр} [1 + V'_{кр} / (V'_{изд} - V'_{кр})]}} \quad (3)$$

Разрешая (3) относительно $V'_{кр}$, получим

$$V'_{кр} = V'_{изд} \left(1 - \frac{k \cdot V_{кр} \cdot H_{max}^{пр 3}}{9b \cdot V'_{изд}} \right) \quad (4)$$

Представим скорость изделия в виде

$$V'_{изд} = r \cdot V'_{изд0}$$

где $V'_{изд0}$ - скорость изделия, при которой полный съем, соответствующий $\varepsilon(Y) = 1$, происходит от n_0 проработавших зерен при равенстве параметра χ нулю; r - коэффициент, учитывающий степень неустойчивости зерен в связке, $r \geq 1$ (чем больше r , тем выше степень неустойчивости зерен, значение $r = 1$ определяет абсолютную устойчивость).

Как следует из работы [2], $k \cdot V_{кр} \cdot H_{max}^{пр 3} = 9b \cdot V'_{изд0}$, тогда зависимость (4) приобретает вид

$$V'_{кр} = V'_{изд} \left(1 - \frac{1}{r} \right) \quad (5)$$

Зависимость (5) показывает, что $V'_{кр}$ непрерывно растет с увеличением коэффициента r , что обусловлено изменением соотношения $\frac{\chi}{H_{max}^{пр}}$, которое подстановкой (5) в (I) может быть представлено в виде

$$\frac{\chi}{H_{max}^{пр}} = r - 1. \quad (6)$$

При $r = 1$ параметр χ равен нулю и для полного удаления материала элементарного слоя образца достаточно n_0 зерен, вершины которых расположены в промежутке величиной $H_{max}^{пр}$. С возрастанием

r соотношение $\frac{\chi}{H_{max}^{пр}}$ увеличивается и полный перевод материала обрабатываемого изделия в стружку все в более возрастающей степени происходит от ранее проработавших зерен, количество которых $n - n_0$ составляет все большую долю от общего числа n зерен, проработавших на полный сьем.

Чрезмерная неустойчивость зерен в связке приводит к тому, что $V'_{кр} \rightarrow V'_{изд}$ и подводимый в зону резания материал практически не снимается, так как производительность шлифования определяется зависимостью

$$Q = S \cdot (V'_{изд} - V'_{кр}) = S \cdot \frac{V'_{изд}}{r}, \quad (7)$$

где S - площадь поперечного сечения шлифуемого образца, мм^2 .

При абсолютной устойчивости зерен, когда $r = 1$, производительность шлифования определяется скоростью внедрения обрабатываемого изделия $V'_{изд}$ в рабочую поверхность круга.

Таким образом, устойчивость зерен в связке значительно влияет на износ круга и производительность шлифования. Конкретной характеристике круга соответствует определенная предельная производительность шлифования, превышение которой вызывает интенсивный износ круга.

В проведенном анализе предполагалось, что предельная толщина среза $H_{max}^{пр}$ постоянна и не зависит от изменений рельефа круга в процессе шлифования. В реальном процессе шлифования прочность удержания зерен в связке различна и $H_{max}^{пр}$ изменяется в зависимости от

глубины заделки зерна в связке. Так, по мере износа круга выступание зерен уменьшается, а $H_{max}^{пр}$ увеличивается, что приводит, исходя из зависимости (4), к уменьшению $V_{кр}'$. При достижении определенного значения $H_{max}^{пр}$, соответствующего абсолютной устойчивости максимально выступающего над уровнем связки зерна, $r = 1$, скорость износа $V_{кр}'$ от выпадания неизношенных зерен из связки равна нулю и процесс шлифования стабилизируется. В механизме износа круга начинают преобладать поверхностное и объемное разрушение зерен и затем их выпадение из связки.

Установим характер изменения $V_{кр}'$ по мере износа круга, т.е. в зависимости от $H_{max}^{пр}$, определяемой устойчивостью зерен. Если $H_{max_0}^{пр}$ - предельная толщина среза, при которой параметр χ равен нулю для данной $V_{изд}'$, то по аналогии с выводом зависимости (5) справедливо равенство

$$k \cdot V_{кр}' \cdot H_{max_0}^{пр 3} = g \cdot V_{изд}'$$

и зависимость (4) может быть представлена в виде

$$V_{кр}' = V_{изд}' \cdot \left[1 - \left(\frac{H_{max}^{пр}}{H_{max_0}^{пр}} \right)^3 \right] \quad (9)$$

Тогда производительность шлифования $Q = S \cdot (V_{изд}' - V_{кр}')$ определяется следующим образом:

$$Q = S \cdot V_{изд}' \left(\frac{H_{max}^{пр}}{H_{max_0}^{пр}} \right)^3 \quad (10)$$

Из (9) и (10) следует существенное влияние $H_{max}^{пр}$ и $H_{max_0}^{пр}$ на параметры $V_{кр}'$ и Q (рис. 3). При шлифовании с $H_{max}^{пр} \rightarrow H_{max_0}^{пр}$ скорость износа круга стремится к нулю, а производительность шлифования - максимальна. Возможность реализации таких условий шлифования обусловлена физико-механическими свойствами связки. Для органической и керамической связок $H_{max_0}^{пр}$ незначительна и потеря устойчивости зерен наступает при относительно небольших значениях $V_{изд}'$. Круги на таких связках обычно работают в режиме интенсивного износа и самозатачивания. Превышение предельного значения $V_{изд}'$, определяемого $H_{max_0}^{пр}$, не приводит к повышению производительности

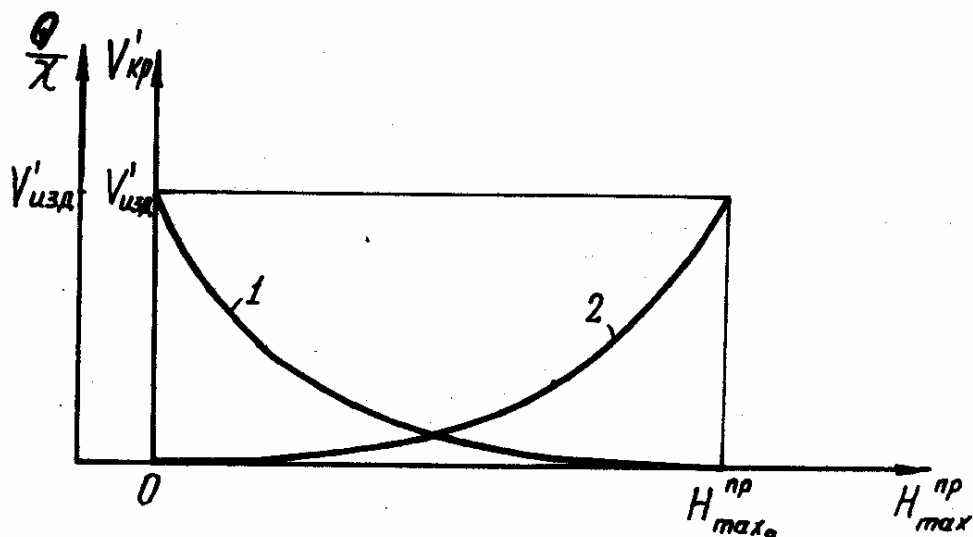


Рис. 3. Расчетные зависимости $V'_{\text{кр}}$ (кр.1) и Q/S (кр.2) от $H_{\text{max}}^{\text{пр}}$

шлифования - она остается постоянной, а $V'_{\text{кр}}$ значительно возрастает.

Добиться роста производительности, повысить надежность и устойчивость процесса шлифования позволяет применение кругов на высокопрочных металлических связках в сочетании с непрерывной электрофизикохимической правкой круга. При этом для круга конкретной характеристики интенсивность удаления связки и соответствующая ей предельная производительность шлифования могут быть установлены расчетным путем.

Список литературы

1. Раб А.Ф., Новиков Ф.В. Относительная полнота профиля рабочей поверхности круга из СТМ // Резание и инструмент. - Харьков, 1980. - Вып. 24. - С. 41-47.

2. Новиков Ф.В. Кинетика образования режущего рельефа алмазного круга в процессе шлифования // Контактные процессы при больших пластических деформациях. - Харьков, 1982. - С. 37-43.