

ФОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Новиков Г.В., канд. техн. наук, Дитиненко С.А.

(г. Харьков, Украина)

Проблеме управления шероховатостью обрабатываемых поверхностей при алмазно-абразивной обработке в научно-технической литературе уделено большое внимание. Однако, при решении конкретных практических задач, постоянно возникают сложности по определению условий обработки, обеспечивающих уменьшение параметров шероховатости R_a (R_z). В связи с этим, рассмотрим закономерности формирования шероховатости обрабатываемых поверхностей при алмазно-абразивной обработке. В нашей работе [1] получена расчетная зависимость для определения параметра шероховатости R_a

$$R_a = 2 \cdot 5 \sqrt{\frac{(1-\eta)^4}{(1+\eta)^2} \cdot \frac{\pi^2 \cdot \bar{x}^6 \cdot V_{дет}^2 \cdot \rho}{\text{tg}^2 \gamma \cdot m^2 \cdot V_{кр}^2}}, \quad (1)$$

где \bar{x} - зернистость круга, м; m - объемная концентрация зерен в круге; $V_{кр}$ - скорость круга, м/с; γ - половина угла при вершине конусообразного зерна; η - безразмерный коэффициент, учитывающий степень затупления

зерна круга (изменяется в пределах 0...1); $V_{дет}$ - скорость детали, м/с; $\rho = \left(\frac{1}{R_{кр}} + \frac{1}{R_{дет}} \right)$; $R_{кр}, R_{дет}$ - соответ-

ственно радиусы круга и детали, м.

Зависимость (1) включает неопределенный параметр η , который оказывает на R_a существенное влияние.

Для оценки безразмерного коэффициента η при шлифовании покрытия ПГ-10Н-01 (HRC 60...62) с непрерывной электроэрозионной правкой алмазного круга на металлической связке М2-01 установлена зависимость параметра шероховатости R_a от зернистости круга \bar{x} , рис.1. Используя зависимость (1), для исходных данных:

$m = 100$; $V_{кр} = 28$ м/с; $V_{дет} = 0,6$ м/мин; $\sqrt{\rho} = 0,2$ мм^{-0,5} и значений R_a и \bar{x} (взятых из рис.1) рассчитаны значения η , табл. 1.

Таблица 1

Расчётные значения η

\bar{x} , мм	0,09	0,14	0,225
η	0,02	0,13	0,2

С увеличением зернистости \bar{x} коэффициент η увеличивается. Это связано с увеличением нагрузки, действующей на отдельное зерно, и соответственно износа зерна x .

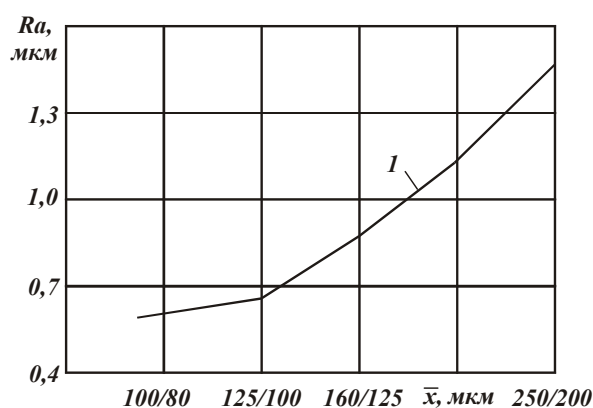


Рис.1. Зависимость параметра шероховатости обработки R_a от зернистости круга \bar{x} : $V_{дет} = 0,6$ м/мин; $V_{кр} = 28$ м/с

Из зависимости (1), следует возможность существенного уменьшения параметра шероховатости R_a за счёт изменения режимов шлифования и увеличения концентрации круга m . Последний фактор предполагает увеличение поверхностной концентрации зёрен k . В наибольшей степени это реализуется в алмазных кругах, изготовленных, например, электрогальваническим путём, имеющих примерно одинаковую высоту выступания зёрен над уровнем связки. По сравнению с обычными алмазными кругами, изготовленными методом порошковой металлургии, поверхностная концентрация зёрен увеличивается до 5-ти раз и более. Согласно зависимости (1), в связи с увеличением параметра m , это ведёт к уменьшению параметра шероховатости обработки R_a до 10 раз.

Такой – же эффект имеет место от применения притиров с шаржированными в них абразивными или алмазными зёрнами и шлифовальных лент, а также от применения свободного абразива (паст). В указанных случаях за счёт одновысотного выступания зёрен увеличивается поверхностная концентрация зёрен k , что увеличивает m и уменьшает R_a . Исходя из (1), наибольшее влияние на R_a оказывает зернистость \bar{x} . Поэтому за счёт выбора зернистости алмазного порошка обеспечивается требуемая шероховатость обработки.

Примерно к одинаковому выступанию зёрен над уровнем связки алмазного круга можно прийти, если использовать относительно мягкие (эластичные) связки, обеспечивающие “утопание” зёрен под действием нагрузки при шлифовании. Этим можно объяснить то, что шлифование алмазными кругами на органических связках позволяет существенно уменьшить параметр шероховатости R_a по сравнению с шлифованием алмазными кругами на более прочных металлических связках.

Существуют экспериментальные данные, согласно которым, наоборот, шлифование алмазными кругами на металлических связках обеспечивает уменьшение параметра шероховатости R_a . Исходя из зависимости (1), это связано с увеличением величины η и величины линейного износа зёрен x . Следовательно, эффект уменьшения параметра R_a при шлифовании алмазными кругами на металлических связках состоит в увеличении x , а при шлифовании алмазными кругами на органических связках – в возможности “утопания” зёрен в связку, уменьшении разновысотности выступания вершин зёрен и увеличении количества одновременно работающих зёрен (условно в увеличении параметра m). Этим объясняются различия в формировании шероховатости обработки при использовании различных связок алмазных кругов.

Определим значения безразмерного коэффициента η при внутреннем шлифовании твёрдого сплава ВК15 алмазными кругами на органической В2 – 01 и металлической М2 – 01 связках, исходя из упрощенной зависимости

$$\eta = \sqrt[3]{\frac{M}{q \cdot Q}} \quad (2)$$

и экспериментальных значений удельного расхода алмаза q и производительности обработки Q , рис.2. [2]. Параметр M , рассчитанный для данных условий шлифования, равен $400 \text{ мг/г} \cdot \text{мм}^3/\text{мин}$.

Таблица 2

Расчётные значения η

Связка круга	$q \cdot Q, \text{мг/г} \cdot \text{мм}^3/\text{мин}$		η	
	$\tau = 2 \text{ мин}$	$\tau = 10 \text{ мин}$	$\tau = 2 \text{ мин}$	$\tau = 10 \text{ мин}$
В2 – 01	7912	3780	0,37	0,47
М2 – 01	2175	1177	0,57	0,7

С течением времени обработки τ коэффициент η увеличивается (табл.2), что свидетельствует о затуплении режущих зёрен. Для алмазного круга на органической связке В2 – 01 коэффициент η меньше, т.е. острота зёрен выше. Этим можно объяснить более высокую производительность обработки.

Уменьшение η , исходя из зависимости (1), должно привести к уменьшению параметра шероховатости R_a . Однако, как установлено экспериментально, параметр R_a при шлифовании алмазным кругом на органической связке В2 – 01 меньше, чем при шлифовании алмазным кругом на металлической связке М2 – 01. Следовательно, коэффициент η в данном случае не определяет условия формирования шероховатости обработки. Как отмечалось выше, уменьшение параметра R_a при шлифовании алмазным кругом на органической связке связано с увеличением числа одновременно работающих зёрен, за счёт их “утопания” в связку, т.е. с увеличением параметра m в зависимости (1). Дополнительным подтверждением данного суждения являются значения коэффициента η (табл.3), полученные при внутреннем шлифовании твёрдого сплава ВК15 алмазным кругом на металлической связке М2 – 01 с его непрерывной электроэрозионной правкой, рис.2 [2].

Таблица 3

Расчетные значения η

Сила тока $I, \text{А}$	$q \cdot Q, \text{мг/г} \cdot \text{мм}^3/\text{мин}$		η	
	$\tau = 2 \text{ мин}$	$\tau = 10 \text{ мин}$	$\tau = 2 \text{ мин}$	$\tau = 10 \text{ мин}$
0	2175	1177	0,57	0,7
30	2700	1590	0,52	0,63

С увеличением силы тока I коэффициент η уменьшается, что ведёт к увеличению производительности обработки. При $I = 30 \text{ А}$ и $\tau = 2 \text{ мин}$ производительность обработки при шлифовании алмазным кругом на метал-

лической связке примерно равна производительности обработки при шлифовании алмазным кругом на органической связке. При этом значения коэффициентов η различны, табл.2, табл.3. При шлифовании алмазным кругом на органической связке коэффициент η меньше, т.е. выше острота зёрен.

Исходя из аналитической зависимости [1]

$$Q = \frac{8,73 \cdot 10^{-4} \cdot B \cdot m \cdot V_{кр} \cdot \sqrt{t} \cdot (1 - \eta^2)}{tg^2 \gamma \cdot \bar{x}^3 \cdot \sqrt{\rho}} \cdot \left(\frac{P_{y_1}}{HV} \right)^{1,5} \quad (3)$$

производительность обработки Q тем больше, чем больше параметры η и P_{y_1} . Значения $(1 - \eta^2)$ для двух рассматриваемых кругов отличается мало, а $P_{y_1}^{1,5}$ - более существенно. Следовательно, Q для круга на органической связке должно быть меньше. Увеличение Q до значения, соответствующего производительности шлифования алмазным кругом на металлической связке, возможно за счёт увеличения количества одновременно работающих зёрен, т.е. увеличения параметра m в зависимости (3).

Из этого следует, что при шлифовании алмазными кругами на относительно малопрочных органических связках переменными параметрами процесса следует рассматривать как η , так и количество одновременно работающих зёрен в связки с их “утопанием” в связку круга. При шлифовании алмазными кругами на металлических связках “утопание” зёрен в связку несущественно и переменным параметром является лишь η .

Литература:

1. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие/ А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450с.
2. Фадеев В.А. Алмазное шлифование твердых сплавов с введением в зону резания дополнительной энергии постоянного тока. – Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Харьков, 1995. - 21с.