

Ф.В. НОВИКОВ, д-р техн. наук, ХГЭконом. Ун-т., В.П. ТКАЧЕНКО,  
директор ОАО завод «Потенциал»

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Запропоновано новий підхід до оцінки і розрахунку шорсткості обробленої поверхні, заснований на фізичній умові переходу від пружного-пластичного деформування металу до процесу мікрорізання при алмазно-абразивній обробці.

В научно-технической литературе приведено большое количество экспериментальных данных о шероховатости обработки, достигаемой в процессе алмазного шлифования и притирки. Однако, отсутствуют теоретические (расчетные) значения шероховатости обработки. Это ограничивает возможности целенаправленного поиска путей уменьшения значений шероховатости при алмазно-абразивной обработке.

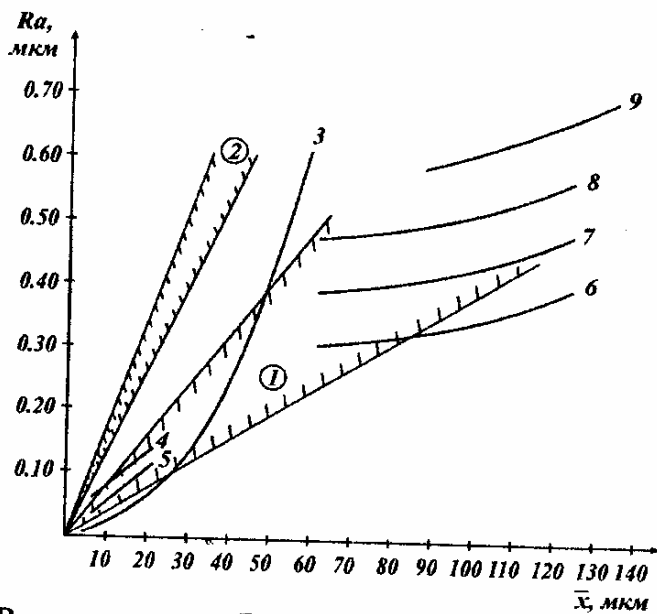


Рисунок. Зависимость параметра шероховатости обработки  $R_a$  от зернистости  $\bar{x}$ .

В связи с этим, в настоящей работе предлагается новый подход к оценке и расчету шероховатости поверхности при алмазно-абразивной обработке, который основан на следующем. Как известно, процесс микрорезания единичным зерном осуществим при условиях:  $a_z / \rho \geq 0,04 \dots 0,08$  (по данным проф. Богомолова Н.И.),  $a_z / \rho = 0,14 \dots 0,17$  (по данным проф. Крагельского И.В.), где  $a_z$  - толщина среза,  $\rho$  - радиус округления режущей кромки зерна.

Предположим, что в процессе алмазно-абразивной обработки  $a_z \approx R_{max} \approx 5 \cdot R_a$ , где  $R_{max}$ ,  $R_a$  - параметры шероховатости обработки. Радиус округления режущей кромки зерна  $\rho$  в первом приближении примем равным радиусу режущего зерна  $R = 0,5 \cdot \bar{x}$ , где  $\bar{x}$  - зернистость алмазно-абразивного инструмента. Тогда известное условие  $a_z / \rho = \alpha$  примет вид

$$R_a = 0,1 \cdot \alpha \cdot \bar{x}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  - экспериментальное значение, которое, как показано выше, равно 0,04...0,08 или 0,14...0,17.

Физический смысл зависимости (1) состоит в том, что она позволяет определить наименьшие значения параметра шероховатости обработки  $R_a$ , достигаемые в процессе резания алмазно-абразивным инструментом. При значениях  $\alpha$ , которые меньше указанных выше значений, процесс резания неосуществим, возможно лишь упруго-пластическое деформирование обрабатываемого материала. В этих условиях параметр шероховатости обработки  $R_a$  может быть еще меньше, что хорошо согласуется с известными практическими данными, полученными при обработке металлов методами пластического деформирования.

Произведем количественную оценку параметра шероховатости  $R_a$ , используя зависимость (1). На рисунке приведены расчетные значения  $R_a$  для двух диапазонов изменения коэффициента  $\alpha$ : 0,04...0,08 (заштрихованная область 1) и 0,14...0,17 (заштрихованная область 2).

Сравним полученные теоретические результаты с соответствующими экспериментальными данными для доводки твердого сплава алмазным микропорошком, приведенными в работе [1]. Как видим, экспериментальные значения параметра  $R_a$  практически попадают в заштрихованную область 1. Следовательно, при доводке твердого сплава алмазным микропорошком процесс резания реализуется для  $\alpha = 0,04...0,08$ .

Исходя из рисунка, можно определить зернистость алмазного микропорошка, обеспечивающего требуемую шероховатость обработки на операции притирки. Как видим, значение параметра шероховатости  $R_a = 0,1$  мкм можно достичь, используя алмазный микропорошок зернистостью  $5/3$ , рассматривая заштрихованную область 2. Если рассматривать определяющей заштрихованную область 1, то для обеспечения параметра шероховатости обработки  $R_a = 0,1$  мкм можно использовать алмазный микропорошок зернистостью  $14/10$  и ниже.

На рисунке приведены экспериментально установленные нами зависимости параметра шероховатости обработки  $R_a$  от зернистости алмазного порошка при притирке торцовых поверхностей колец из твердого сплава «Релит» при длительности обработки 15 мин (кривая 4) и 30 мин (кривая 5). Чем меньше зернистость алмазного порошка и больше длительность обработки, тем меньше параметр шероховатости  $R_a$ . Для обеспечения требуемого значения  $R_a = 0,1$  мкм необходимо использовать

зернистость  $^{20}/_{14}$  (и ниже) - при длительности обработки 30 мин. С уменьшением длительности обработки до 15 мин (т.е. увеличении производительности обработки в 2 раза) зернистость необходимо уменьшить до значения  $^{14}/_{10}$ .

Следует отметить, что установленные экспериментально значения  $R_a$  приблизительно соответствуют значениям, ограниченным заштрихованной областью 1.

На рисунке приведены экспериментальные значения параметра шероховатости обработки  $R_a$ , полученные при шлифовании торца вращающего кольца (торцового уплотнения с релитовым слоем) торцом алмазного круга формы 12A2 45° AC6 60/40 ... 160/125 4 на металлической (M1-01) и органической (B2-01) связках [2, 3]. Шлифование алмазным кругом на металлической связке M1-01 производилось как с применением, так и без применения его непрерывной электроэрозионной правки от технологического источника постоянного тока. Из рисунка следует, что наименьшая шероховатость обработки достигается при шлифовании кругом на органической связке (кривая 6), а наибольшая – при шлифовании кругом на металлической связке с применением электроэрозионной правки (кривая 8). Различие шероховатости обусловлено различной глубиной внедрения режущих зерен в обрабатываемый материал. Так, за счет электроэрозионной правки алмазного круга на металлической связке обеспечивается удаление затупившихся зерен с рабочей поверхности и их увеличенное выступание над уровнем связки, что приводит к увеличению глубин рисок-царапин и параметра шероховатости обработки  $R_a$ .

Исходя из зависимости (1), увеличение параметра  $R_a$  (при одной зернистости круга  $\bar{x}$ ) связано с увеличением коэффициента  $\alpha$ . Как известно, с увеличением  $\alpha$  от 0,04 ... 0,17 до значений  $\alpha > 0,35$  происходит усиление процесса стружкообразования при микрорезании отдельным зерном. Следовательно, наименьшие значения коэффициента  $\alpha$  достигаются при шлифовании алмазным кругом на органической связке, а наибольшие – при шлифовании алмазным кругом на металлической связке с применением электроэрозионной правки. При шлифовании без правки коэффициент  $\alpha$  принимает промежуточные значения (кривая 7).

Поскольку, полученные экспериментальные значения параметра шероховатости  $R_a$  практически попадают в заштрихованную область 1, можно сделать вывод о том, что процесс алмазного шлифования (подобно процессу алмазной притирки) реализуется в условиях, близких к условиям перехода от микрорезания к упруго-пластическому деформированию обрабатываемого металла, т.е. при относительно небольших значениях  $\alpha$ .

На рисунке (кривая 9) приведены экспериментальные значения

параметра  $R_a$ , полученные при круглом наружном шлифовании детали с покрытием ПГ-10Н-01 (HRC 60 ... 62) алмазным кругом на металлической связке М2-01 с применением непрерывной электроэрозионной правки [4]. В данном случае значения  $R_a$  больше, чем при алмазном торцовом шлифовании (кривые 6, 7 и 8). Это связано с более высокой производительностью обработки и более глубоким внедрением режущих зерен в обрабатываемый материал, в результате чего увеличивается интенсивность процесса стружкообразования и соответственно коэффициент  $\alpha$ . Вместе с тем, коэффициент  $\alpha$  увеличивается несущественно (в пределах  $\alpha < 0,08$ ), так как приведенные значения  $R_a$  попадают в заштрихованную область 1.

Из этого можно заключить, что рассмотренные процессы шлифования и притирки реализуются при  $0,04 < \alpha < 0,08$ . Данный вывод справедлив при условии  $\rho = R$  (где  $\rho$  - радиус округления режущей кромки зерна,  $R = 0,5 \bar{x}$  - радиус собственного зерна). Если рассматривать  $\rho < R$ , тогда заштрихованные области 1 и 2 как бы «повернутся по часовой стрелке» и кривые 4,...,9 могут не попасть в заштрихованную область 1. Это будет означать, что процессы шлифования и притирки реализуются при значениях  $\alpha$ , больше 0,08, т.е. при значениях  $\alpha \rightarrow 0,35$  (когда наступает интенсивное стружкообразование при микрорезании). Однако, в качестве среднестатистического следует в первом приближении рассматривать все же значение  $\rho = R$  и считать справедливой зависимость (1) и вытекающие из нее выводы.

Таким образом, в настоящей работе обоснована возможность оценки шероховатости поверхности при алмазно-абразивной обработке на основе энергетического подхода, учитывающего условие перехода от процесса микрорезания к упруго-пластическому деформированию обрабатываемого материала. Зависимость (1) позволяет оценить наименьшие значения параметра шероховатости  $R_a$ , которые могут быть достигнуты при обработке свободным или связанным абразивом (алмазом).

Список литературы: 1. Синтетические алмазы в машиностроении /Под ред. В.Н.Бакуля – К.: Наук. думка, 1976. – 352 с. 2. Новиков Ф.В., Ткаченко В.П. Условия формирования шероховатости поверхности при алмазно-абразивной обработке. – Резание и инструмент в технологических системах. – Межд. научн.-техн. сборник. – Харьков: ХГПУ, 2001. – Вып. 60. – с. 171-176. 3. Новиков Ф.В., Ткаченко В.П. Плоское алмазное шлифование твердого сплава «Релит». – Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Труды 4-й Международной научно-технической конференции, 23-24 октября 2001 г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2001.- с. 187-190. 4. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учебн. пособие / А.В.Якимов, Ф.В.Новиков, Г.В.Новиков и др. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.

Поступила в редколлегию 17.12.02