

Руднев А.В., Харьков, Украина

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОМ ШЛИФОВАНИИ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

У роботі розглянута можливість застосування моделі якості обробленої поверхні на основі аналізу сумарного приведенного профілю алмазного круга для надтвердих матеріалів на прикладі ДСКМ «Томал-10». Показана висока збіжність розрахункових і практичних значень шорсткості поверхні. Підтверджена можливість завдання по необхідній шорсткості обробленої поверхні режимів обробки, що гарантують цю якість.

В работе рассмотрена возможность применения модели качества обработанной поверхности на основе анализа суммарного приведенного профиля алмазного круга для сверхтвердых материалов на примере ДСКМ «Томал-10». Показана высокая сходимость расчетных и практических значений шероховатости поверхности. Подтверждена возможность задания по требуемой шероховатости обработанной поверхности режимов обработки, гарантирующих это качество.

*A.V. RUDNEV
PROVIDING OF THE SET QUALITY OF SURFACE AT A DIAMOND-SPARK POLISHING OF SVERKHTVERDYKH MATERIALS*

There was discussed the possibility of quality model of treated surface using on the basis of total resulted type of diamond circle for superhard materials on the example of DSKM «Tomal-10». There was shown the high convergence of calculation and practical values of surface roughness.

There was confirmed the possibility of required roughness of treated surface, which can guarantee the quality.

При шлифовании наиболее значимыми факторами, определяющими условия обработки, принято считать зернистость и концентрацию круга, глубину резания, скорость обработки и продольную подачу. От них зависит качество обработанной поверхности.

Если по требуемым выходным параметрам (шероховатость поверхности) необходимо найти входные сигналы (режимы обработки), обеспечивающие эти параметры, то это относится к классу задач управления.

При одном обороте круга оставляемый на обрабатываемой поверхности след есть результат наложений всех профилей зерен в различных сечениях круга, перпендикулярных вектору скорости резания. Назовем его суммарный приведенный профиль круга [1, 2]. Характеристика суммарного приведенного профиля зависит от зернистости и концентрации круга. Неровности этого следа являются как бы отпечатком суммарного приведенного профиля круга на обрабатываемом материале. Наиболее удобно их характеризовать средним квадратичным отклонением σ_1 профиля.

Если предположить, что стандартное отклонение суммарного профиля σ_1 и стандартное отклонение микронеровностей обработанной поверхности

σ_2 имеют тесную связь, то задачу управления системой для получения заданной шероховатости можно реализовать.

Задавшись стандартным отклонением суммарного профиля режущей поверхности круга σ_1 , которое определяется экспериментально для различных условий, можно вычислить σ_2 , характеризующее шероховатость обработанной поверхности.

Расчеты показывают, что среднее квадратичное отклонение приведенного профиля является важнейшей характеристикой, предопределяющей шероховатость обработанной поверхности.

Отношение стандартного отклонения σ_2 микронеровностей поверхности к стандартному отклонению σ_1 суммарного приведенного профиля, есть величина постоянная для любых значений σ_1 , и зависит только от числа контактов n .

При каждом обороте и перемещении вдоль направления продольной подачи ($S_{\text{прод}}$) приведенный профиль оставляет на обработанной поверхности определенный соответствующий след. Количественные значения шероховатости поверхности будут получены в результате n соприкосновений перемещающегося приведенного профиля с обрабатываемой поверхностью, где n определяется частотой вращения круга ω , об/мин, скоростью продольной подачи $S_{\text{прод}}$, мм/мин и шириной рабочей поверхности круга b , мм: $n = \frac{b \cdot \omega}{S}$.

Таким образом, положение о постоянстве соотношения средних квадратических отклонений микронеровностей обработанной поверхности и приведенного суммарного профиля круга σ_2/σ_1 для любых условий шлифования позволяет прогнозировать потенциальную шероховатость обработанной поверхности, либо по требуемой шероховатости задавать условия обработки.

Эта модель применялась для различных материалов, в том числе твердых сплавов. Однако, для группы сверхтвердых материалов исследования проведены не были.

В связи с этим были проведены специальные экспериментальные исследования по определению шероховатости поверхности и среднего квадратического отклонения приведенного суммарного профиля σ_1 для пластин ДСКМ «Томал-10» при различных режимах обработки. ДСКМ «Томал-10» относится к группе сверхтвердых инструментальных материалов созданных на основе нитрида бора.

Методика проведения экспериментов

В работе применялись пластины ДСКМ «Томал-10» производства Томилинского завода алмазных инструментов (Россия). Двухслойный синтетиче-

ский композиционный материал «Томал-10» представляет собой двухслойную пластину с соотношением 1:1 рабочего слоя из гексагонального и кубического нитрида бора и подложки, состоящей из нитрида бора и смеси титана и меди. Размер пластин 9,52x9,52x4,76.

Проводилось две серии экспериментов: по определению среднего квадратического отклонения приведенного суммарного профиля σ_1 при различных режимах обработки и по определению шероховатости обработанной поверхности при тех же режимах.

В первой серии опытов при подготовке эксперимента пластины ДСКМ «Томал-10» доводились алмазным кругом на бакелитовой связке Б1, имеющим зернистость 28/20. Затем после разового контакта шлифовального круга с исследуемой доведенной пластиной производилось измерение параметра Ra. После определения параметра Ra приведенного профиля определялось значение σ_1 по формуле:

$$\sigma_1 = 1,25 \cdot Ra;$$

В работе применялся профилометр- профилограф SURTRONIC 3+ фирмы TAYLOR – HOBSON.

При исследованиях применялось планирование эксперимента. Использовали трехфакторный план (табл. 1).

Таблица 1 – Обозначения факторов, уровней и интервалов их варьирования

Уровни	Факторы		
	$S_{\text{поп}}$, мм/дв.х	Z, мкм	K, %
	X2	X3	X4
Верхний /+/ Нулевой /0/ Нижний /-/ Интервал варьирования	0,011 0,008 0,005 0,003	160/125 100/80 50/40 45	6 4 2 2

Результаты обрабатывались с помощью специально написанной программы на объектно-ориентированном языке VisualFoxPro.

Качество поверхностного слоя пластин после алмазно-искрового шлифования

В первой серии экспериментов определялось среднее квадратическое отклонение приведенного суммарного приведенного профиля круга σ_1 при обработке пластин «Томал-10» при различных режимах обработки. Значения Ra_1 и σ_1 приведены в таблице 2.

Поскольку скорость резания при шлифовании пластин была неизменной, то было неизменным и число встреч $n = 64$. Таким образом значение R_c было также постоянным и равнялось 0,4540. Далее рассчитываем значения σ_2 и Ra_2 (см. табл. 3).

Шероховатость пластин, шлифованных на тех же режимах, близка к расчетным (см. табл. 4).

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты экспериментов

№ п/п	$S_{\text{поп}}$, мм/дв.х	Z, мкм	K, %	Ra_1 , мкм	σ_1
1	0,016	50/40	4	0,324	0,4053
2	0,016	100/80	4	0,365	0,4559
3	0,016	160/125	4	0,409	0,5110
4	0,016	100/80	2	0,395	0,4934
5	0,016	100/80	4	0,365	0,4559
6	0,016	100/80	6	0,264	0,3304
7	0,008	100/80	4	0,300	0,3744
8	0,016	100/80	4	0,365	0,4559
9	0,024	100/80	4	0,470	0,5881

Таблица 3 – Расчетные значения σ_2 и Ra для ДСКМ «Томал-10»

№ п/п	$S_{\text{поп}}$, мм/дв.х	Z, мкм	K, %	σ_1	σ_2	Ra_2 , мкм
1	0,016	50/40	4	0,4053	0,1840	0,1472
2	0,016	100/80	4	0,4559	0,2070	0,1656
3	0,016	160/125	4	0,5110	0,2320	0,1856
4	0,016	100/80	2	0,4934	0,2240	0,1792
5	0,016	100/80	4	0,4559	0,2070	0,1656
6	0,016	100/80	6	0,3304	0,60	0,1200
7	0,008	100/80	4	0,3744	0,1700	0,1360
8	0,016	100/80	4	0,4559	0,2070	0,1656
9	0,024	100/80	4	0,5881	0,2670	0,2136

Таблица 4 – Расчетные и экспериментальные значения шероховатости для ДСКМ «Томал-10»

№ п/п	$S_{\text{поп}}$, мм/дв.х	Z, мкм	K, %	Ra_2 , мкм	Ra , мкм	Δ , %
1	0,016	50/40	4	0,1472	0,146	-0,82192
2	0,016	100/80	4	0,1656	0,166	0,240964
3	0,016	160/125	4	0,1856	0,192	3,333333
4	0,016	100/80	2	0,1792	0,172	-4,18605
5	0,016	100/80	4	0,1656	0,166	0,240964
6	0,016	100/80	6	0,1200	0,102	-17,6471
7	0,008	100/80	4	0,1360	0,132	-3,0303
8	0,016	100/80	4	0,1656	0,166	0,240964
9	0,024	100/80	4	0,2136	0,224	4,642857

Обработка результатов экспериментов на ЭВМ позволила установить зависимость шероховатости шлифованных поверхностей пластин ДСКМ «Томал-10» от параметров обработки. Для того, чтобы не вызывать искажения модели, отсев незначимых факторов не производился.

Для ДСКМ «Томал-10» получено следующее уравнение регрессии:

$$Ra = 0,160191 \cdot z^{0,215} \cdot k^{-0,38} \cdot S^{0,304}$$

На рисунках 1 – 2 представлены результаты обработки экспериментальных данных в виде графиков поверхностей отклика.

Таким образом для группы сверхтвердых материалов на основе нитрида бора также появляется возможность прогнозировать потенциальную шероховатость.

На рисунке 3 представлен график позволяющий прогнозировать потенциальную шероховатость обработанной поверхности для различных значений числа встреч и приведенного профиля.

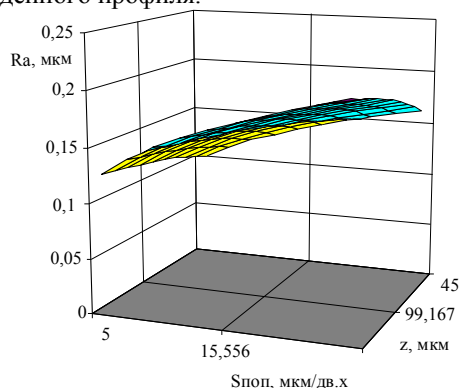


Рисунок 1 – Зависимость шероховатости поверхности пластин ДСКМ «Томал-10» от поперечной подачи и зернистости круга

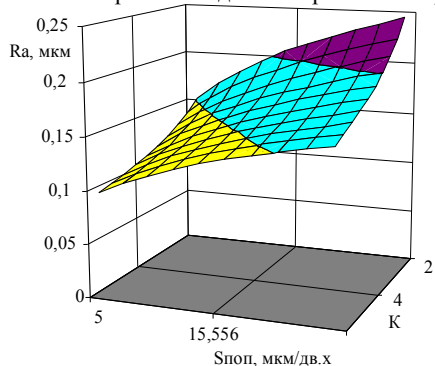


Рисунок 2 – Зависимость шероховатости поверхности пластин ДСКМ «Томал-10» от поперечной подачи и концентрации алмазов в круге

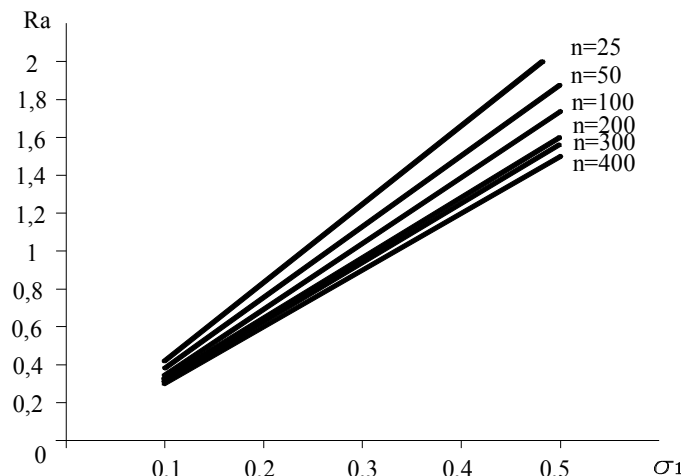


Рисунок 3 – Определение потенциальной шероховатости поверхности для различных значений числа встреч и приведенного профиля.

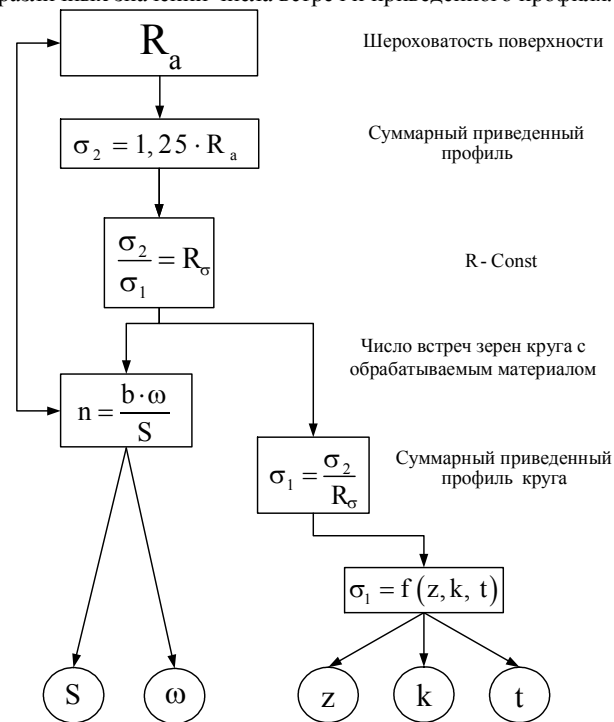


Рисунок 4 – Схема управления качеством обработанной поверхности при шлифовании

На рисунке 4 приведена структурная схема управления качеством поверхности при шлифовании. Как видно из рисунка процесс обеспечения одинаковой шероховатости выглядит следующим образом. По необходимой шероховатости, имея табличные значения отношений среднеквадратических отклонений приведенного профиля и обработанной поверхности, рассчитывается необходимое σ_1 , которое будет обеспечено зернистостью и глубиной шлифования, и необходимое число встреч профиля круга, которое в свою очередь обеспечивается частотой круга и продольной подачей.

Выводы. Использование положения о постоянстве отношения среднеквадратических отклонений микронеровностей поверхности и приведенного суммарного профиля круга σ_2/σ_1 при проектировании процессов высоких технологий является весьма перспективным, так как позволяет с высокой точностью спрогнозировать потенциальную шероховатость поверхности, либо по заданной шероховатости определить необходимые параметры круга и режимов резания, что доказано экспериментально.

Эксперименты на сверхтвердом инструментальном материале нитридборной группы марки «Томал-10» показал высокую сходимость расчетных и экспериментальных значений шероховатости, что говорит о применимости предложенной теории для данной группы инструментальных материалов.

Список использованных источников: 1. Узунян М.Д., Глухов А.Б. Исследование корреляционной функции ординат приведенного профиля алмазного круга // Резание и инструмент. – 1998. – Вып. 52. – С. 243 - 250. 2. Руднев А.В. Суммарный проведенный профиль и его влияние на качество обработанной поверхности различных материалов - Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Труды 8-й Международной научно-технической конференции, 9-10 декабря 2003 г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2003 г. – С. 139 – 141.

Поступила в редколлегию 15.05.2011

Bibliography (transliterated): 1. Uzunjan M.D., Gluhov A.B. Issledovanie korreljacionnoj funkcii ordinat privedennogo profiljaalmaznogo kruga // Rezanie i instrument. – 1998. – Vyp. 52. – S. 243 - 250. 2. Rudnev A.V. Summarnyj provedennyj profil' i ego vlijanie na kachestvo obrabotannoj poverhnosti razlichnyh materialov - Fizicheskie i komp'juternye tehnologii v narodnom hozjajstve. Trudy 8-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, 9-10 dekabrja 2003 g. – Har'kov: HNPK «FJeD», 2003 g. – S. 139 – 141.