

УДК 621.923

Н.В. Азарова, канд. техн. наук*Донецкий национальный технический университет**ул. Артема, 58, г. Донецк, Украина, 83000**info@dgtu.donetsk.ua***РАСЧЕТ РЕЖИМОВ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПО ЗАДАННОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Предложена программа для определения на ПЭВМ режимов плоского алмазного шлифования, обеспечивающих заданные параметры шероховатости обработанной поверхности, с учетом радиальных колебаний шлифовального круга.

Ключевые слова: алмазное шлифование, шероховатость поверхности, режимы обработки.

Для обеспечения требуемых значений эксплуатационных показателей деталей машин в ходе механической обработки необходимо сформировать определенную совокупность геометрических и физико-механических параметров качества их поверхностей, что наиболее часто достигается на технологических операциях шлифования, позволяющих обеспечить высокие точность размеров и качество обрабатываемой поверхности. При этом заданные параметры качества шлифованных поверхностей, в частности параметры шероховатости, обеспечиваются, как правило, подбором условий обработки. В настоящее время существует два подхода к назначению режимов шлифования: режимы, обеспечивающие регламентируемые параметры шероховатости поверхности, определяют из зависимостей, найденных экспериментально, либо рассчитывают аналитически [1]. При этом часто не учитывают влияние имеющихся всегда в наличии колебаний технологической системы (в частности радиальных колебаний шлифовального круга) на параметры шероховатости обработанной поверхности, что может привести к существенному расхождению теоретически полученных результатов с данными реальной обработки.

Целью работы является аналитическое определение режимов плоского алмазного шлифования, обеспечивающих заданные параметры шероховатости обработанной поверхности, с учетом возникающих при обработке радиальных колебаний шлифовального круга.

Предложенная нами методика [2] расчета комплекса параметров шероховатости шлифованной поверхности, предусмотренных ГОСТом [3], позволяет решить и обратную задачу: зная геометрические параметры режущей поверхности круга (РПК) и параметры радиальных колебаний, возникающих в процессе шлифования, рассчитать режимы обработки, обеспечивающие заданную максимальную высоту неровностей профиля R_{max} (или высоту микронеровностей Rz).

Исходными данными для расчета являются:

- 1) элементы профиля рабочей поверхности круга – угол заострения ϵ , градус и радиус округления ρ вершины зерна, мкм; расстояние $s_{3\mu}$ между зернами на рабочей поверхности, мм; параметры α , β функции распределения разноразмерности зерен $F(\Delta R)$ установившегося рельефа РПК;
- 2) режимы обработки – скорость круга v_k , м/с; скорость детали v_d , м/мин; фактическая глубина шлифования t_{ϕ} , мм;
- 3) геометрические размеры круга – радиус круга R_k , мм;
- 4) амплитуда A , мкм, и частота f , Гц, радиальных колебаний шлифовального круга;
- 5) величина интервала расчета ΔR , мкм.

Используя паспортные данные станка, которые определяют скорость круга v_k , можно найти продольную скорость стола (скорость детали) v_d . Рассчитанная таким образом скорость детали $v_{d.p.}$ обеспечивает не только заданную высоту неровностей, но и определяет максимальную производительность на данном оборудовании при заданной высоте шероховатости, если при этих режимах не наблюдаются нежелательные изменения физико-механических свойств поверхностного слоя. Действительно, устанавливая $v_d < v_{d.p.}$, мы обеспечим заданную высоту неровностей, но необоснованно уменьшим производительность.

Для определения условий перекрытия срезов при расчете высоты микронеровностей Rz или максимальной высоты неровностей профиля R_{max} используется соотношение (1), которое позволяет определить момент перекрытия срезов по известным скоростям v_d , v_k , параметрам радиальных колебаний, а также параметрам РПК.

$$\frac{60v_k}{v_d s_{3\mu}^2} \sqrt{2R_k \cdot \Delta R \cdot 10^{-3}} \cdot \sum_{i=1}^N F(\Delta R) \sum_{N_1+i-1}^{N-i+1} \left(\sqrt{N_1+i-1} - \sqrt{N_1+i-2} \right) \times \left[k \left(N_1 \cdot \Delta R - \sum_{j=0}^{N_1+i-2} A_{y_j} \right) \cdot b \left(N_1 \cdot \Delta R - \sum_{j=0}^{N_1+i-2} A_{y_j} \right) \right] +$$

$$+ k \left(N_1 \cdot \Delta R - \left(\sum_{j=1}^N A_{y_j} + \sum_{j=N_1+i}^N A_{y_j} \right) \right) \cdot b \left(N_1 \cdot \Delta R - \left(\sum_{j=1}^N A_{y_j} + \sum_{j=N_1+i}^N A_{y_j} \right) \right) \geq 10^3, \quad (1)$$

где N – количество исследуемых интервалов, $N=1, 2, \dots, K$; i – номера исследуемых интервалов, $i = 1, 2, \dots, N$; N_1 – участки поверхности круга, обрабатывающие i -ый интервал, $N_1 = 1, 2, \dots, N-i+1$; K – общее количество интервалов, $K = t_{\phi} \cdot 10^3 / \Delta R$; $F(i\Delta R)$ – значение функции распределения разнорысности (Вейбулла); A_{y_j} – величина смещения оси круга в радиальном направлении, мкм; $b(y)$ – ширина единичного среза, мкм, толщина которого y мкм; $k(y)$ – коэффициенты, учитывающие условия контактирования, $k(y) = \begin{cases} 0, & \text{если } y \leq 0; \\ 1, & \text{если } y > 0. \end{cases}$

Значение функции распределения разнорысности $F(i\Delta R)$ определяется следующим образом:

$$F(i\Delta R) = \begin{cases} 1 - \exp \left(- \left(\frac{\Delta R}{\beta} \right)^\alpha \right), & \text{если } i = 1; \\ \exp \left(- \left(\frac{(i-1)\Delta R}{\beta} \right)^\alpha \right) - \exp \left(- \left(\frac{i\Delta R}{\beta} \right)^\alpha \right), & \text{если } i \geq 2. \end{cases}$$

Величина смещения оси круга в радиальном направлении определяется по формуле

$$A_{y_j} = A \sin \frac{2\pi f R_{\kappa}}{1000 v_{\kappa}} \varepsilon_j,$$

где ε_j – центральный угол, соответствующий участку РПК, обрабатываемому j -ый интервал:

$$\varepsilon_j = \frac{\sqrt{j} - \sqrt{j-1}}{R_{\kappa}} \sqrt{2 R_{\kappa} \Delta R \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{60 v_{\kappa}}{v_{\partial}}.$$

Ширина среза $b(y)$ определяется в зависимости от величины заглублиения зерна:

$$b(y) = \begin{cases} 2\sqrt{2\rho y - y^2}, & \text{если } y \leq \rho \left(1 - \sin \frac{\varepsilon}{2} \right); \\ 2 \left(\rho \frac{1 - \sin \frac{\varepsilon}{2}}{\cos \frac{\varepsilon}{2}} + y \tan \frac{\varepsilon}{2} \right), & \text{если } y > \rho \left(1 - \sin \frac{\varepsilon}{2} \right). \end{cases}$$

Преобразовать неравенство (1) для решения обратной задачи не представляется возможным, так как отношение $60v_{\kappa}/v_{\partial}$ входит в (1) в неявной форме. Поэтому расчет режимов по заданным параметрам шероховатости выполняется по неравенству (1) методом последовательного перебора вариантов значений скорости детали вд до момента, пока расчетное значение параметра шероховатости не превысит наперед заданного. Найденное отношение $60v_{\kappa}/v_{\partial}$ является минимально допустимым и обеспечивает требуемую максимальную высоту неровностей профиля R_{max} (или высоту микронеровностей R_z).

Для повышения точности расчета необходимо уменьшить величину интервала ΔR , что приводит к увеличению числа интервалов и усложнению вычислений. Поэтому, для определения режимов алмазного шлифования, обеспечивающих заданные параметры шероховатости обработанной поверхности, нами составлена программа расчета на ПЭВМ.

Программа разработана на языке C++ и позволяет рассчитать скорость детали при различных режимах алмазного шлифования по заданной максимальной высоте неровностей профиля R_{max} (или высоту микронеровностей Rz). При запуске на экране появляется меню, которое позволяет выбрать один из кругов 1A1 250×76×15×5 следующих характеристик AC6 100/80-4-M2-01, AC6 160/125-4-M2-01, AC6 250/200-4-M2-01; максимальную высоту неровностей профиля R_{max} или высоту микронеровностей Rz (одно из 9-ти значений) и величину интервала расчета (одно из 4-х значений). После введения этих данных можно выполнить расчет скорости детали. Имеется возможность получить таблицу скоростей детали в зависимости от заданных параметров для кругов указанных характеристик при всех возможных значениях высоты неровностей и величины интервала расчета.

Программа работает на любых IBM-совместимых компьютерах при наличии минимальных аппаратных средств. Таблица значений скорости детали в зависимости от заданных значений максимальной высоты неровностей профиля выводится в текстовый файл, который можно просматривать с помощью любого текстового редактора.

Проведенные нами исследования рельефа круга [4] позволили установить, что рельеф, сформированный после электроэрозионной правки, отличается хорошим выступанием зерен из связки и повышенными режущими свойствами. Это позволяет увеличить скорость детали, а, следовательно, и производительность, и принять за ограничивающую скорость детали скорость, обеспечивающую заданные параметры шероховатости при известных параметрах радиальных колебаний (таблица 1).

Параметры радиальных колебаний круга в процессе шлифования измерялись при помощи анализатора спектра вибрации модели 795M, и для данных условий обработки составили: $f = 37$ Гц; $A = 0,9$ мкм.

Таблица 1 – Продольная скорость стола (скорость детали) шлифовального станка модели 3Д711АФ11, обеспечивающая заданные параметры шероховатости ($v_k = 30$ м/с; $f = 37$ Гц; $A = 0,9$ мкм)

Заданные параметры шероховатости		Продольная скорость стола, м/мин	
Rz , мкм	Ra , мкм	$\Delta R=1$ мкм	$\Delta R=0,5$ мкм
1	2	3	4
Шлифовальный круг AC6 100/80 – 4 – M2 - 01			
8,0	2,0	30,0	30,0
6,3	1,6	22,8	24,3
5,0	1,0	14,5	15,3
4,0	0,8	6,7	8,3
3,2	0,63	6,0	3,9
2,5	0,50	3,7	2,8
2,0	0,40	2,4	2,6
1	2	3	4
Шлифовальный круг AC6 160/125 – 4 – M2 - 01			
10,0	2,5	25,0	22,5
8,0	2	15,5	14,0
6,3	1,6	7,2	8,1
5,0	1,0	4,6	3,7
4,0	0,8	2,6	2,0
3,2	0,63	2,0	2,1
2,5	0,50	1,0	1,1

Корректность методики расчета продольной скорости стола, обеспечивающей требуемые параметры шероховатости обработанной поверхности, подтверждена экспериментом.

Таким образом, предложенная нами методика расчета комплекса параметров шероховатости шлифованной поверхности, учитывающая влияние на них радиальных колебаний РПК, обусловленных колебаниями оси вращения шпинделя со шлифовальным кругом, позволяет определять режимы обработки, обеспечивающие заданные параметры шероховатости. Рекомендации по режимам обработки труднообрабатываемых ванадийсодержащих сталей, разработанные нами, внедрены в производство.

При разработке системы оценки размеров алмазного инструмента по заданной шероховатости обработанной поверхности использована вероятностная детерминированная модель, что ограничивает область ее применения. В общем случае необходимо построение динамических нестационарных описаний в виде дифференциальных уравнений с распределенными стохастическими параметрами, что представляет собой перспективы дальнейших исследований в данной области.

Бibliографический список использованной литературы

1. Физико-механическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. В 10 т. Т. 6. Качество обработки деталей машин / Под общ. ред. Ф.В. Новикова, А.В. Якимова. — Одесса: ОНПУ, 2003. — 716 с.
2. Азарова Н.В. Расчет параметров шероховатости шлифованной поверхности с учетом радиальных колебаний рабочей поверхности круга / Н.В. Азарова, П.Г. Матюха // Сверхтвердые материалы. — 2006. — № 3. — С. 52–61.
3. Шероховатость поверхности. Термины и определения: ГОСТ 25142-82 (СТ СЭВ 1156-78). — [Введен с 1983-01-01] — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 20 с.
4. Азарова Н.В. Влияние способа правки алмазного круга на характеристики его рабочей поверхности / Н.В. Азарова, П.Г. Матюха // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. — Донецьк: ДонНТУ. — 2007. — Вип. 4. — С. 16–20.

Поступила в редакцию 29.06.2010 г.

Азарова Н.В. Розрахунок режимів алмазного шліфування, які забезпечують задані параметри шорсткості обробленої поверхні.

Запропоновано програму для визначення на ПЕОМ режимів плоского алмазного шліфування, які забезпечують задані параметри шорсткості обробленої поверхні, з урахуванням радіальних коливань шліфувального круга.

Ключові слова: алмазне шліфування, шорсткість поверхні, режими обробки.

Azarova N.V. Calculating modes for diamond grinding by the given roughness of the work surface

The software for determining modes of flat diamond grinding using the PC is offered. The modes provide given parameters of roughness for the work surface, taking into account the radial vibrations of a grinding wheel.

Keywords: diamond grinding, roughness of surface, mechanical conditions.