

Шлифование	Дисперсия колебаний, мкм^2 , при частоте (Гц)						
	19	44	76	170	240	333	480
Обычное плоское	0,003	0,699	0,01	0,005	0,057	0,004	0,02
С управлением динамическими характеристиками процесса	—	0,436	0,006	—	0,029	—	0,008

44 Гц (частота вращения шпинделя) наблюдается снижение дисперсии в 1,6 раза, а на частотах 240 Гц (первая форма изгибных колебаний шпинделя станка мод. ЗЕ711В) и 480 Гц (вторая форма изгибных колебаний шпинделя) — соответственно в 2 и 2,5 раза. Снижение доли высокочастотных составляющих (частоты от 150 до 500 Гц) в суммарном спектре относительных колебаний вызывает существенное уменьшение параметров шероховатости обработанных поверхностей, что обусловлено перераспределением силового, температурного и геометрических факторов в процессе шлифования с коррекцией динамического состояния станочной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Припыльский В.И., Яцура Е.С., Тилигузов Г.В. Исследование влияния динамических характеристик СПИД на формирование геометрии поверхности при шлифовании // Машиностроение. — Мн.: Выш. шк. 1983. — Вып. 8. — С. 29–33. 2. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. — М.: Машиностроение, 1975. — 304 с.

УДК 621.924.93

В.А. СКРЯБИН, О.Ф. ПШЕНИЧНЫЙ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИКРОРЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ УПЛОТНЕННЫМ СЛОЕМ НЕЗАКРЕПЛЕННОГО АБРАЗИВА

Моделирование процесса отделения материала при обработке деталей уплотненным слоем незакрепленного абразива связано со значительными трудностями. Это в первую очередь определяется многообразием форм абразивных частиц, а также сложностью формы их поверхности. В первом приближении форма частиц абразива может быть принята в виде эллипсоида вращения, на поверхности которого в виде прерывистых кольцевых выступов располагаются микронеровности с имеющимися на них субмикронеровностями [1].

При обработке поверхностей детали незакрепленным абразивом зерно воздействует на ее поверхность своими микронеровностями. Условно на эллипсоидном пятне контакта (рис. 1) с размерами полуосей a_1 , c_1 имеется

n_M следов контакта микронеровностей со средним шагом t_M вдоль оси X . Количество следов контакта может быть определено в соответствии с [1]:

$$n_M = \frac{2a_1}{t_M} = \frac{2a}{t_M} \sqrt{1 - \left(\frac{c-h_c}{c}\right)^2},$$

где h_c – глубина внедрения зерна в поверхность детали.

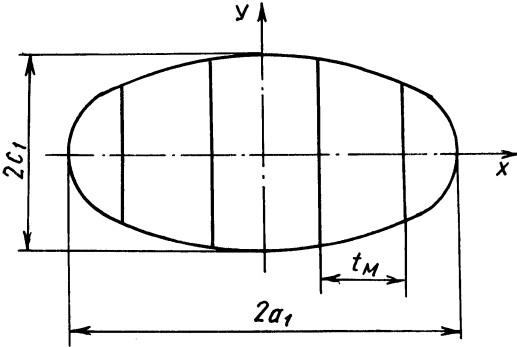


Рис. 1. Схема для определения площади контактов абразивного зерна с поверхностью детали

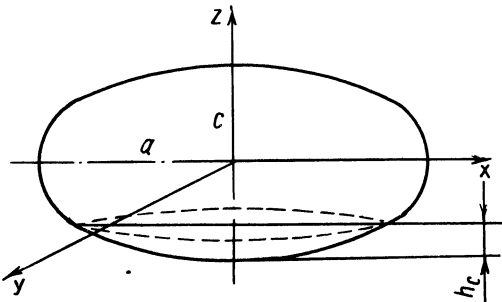


Рис. 2. Схема внедрения абразивного зерна в поверхность детали

Общая площадь контакта микронеровностей зерна с обрабатываемой поверхностью может быть представлена как сумма площадей контакта усеченной призмы. Суммарная длина всех следов контакта радиусом ρ и длиной l_i в пределах эллипса отпечатка $a_1 \times c_1$ [1, 2]

$$l_0 = \sum_{i=1}^{n_M} l_i K_n,$$

где K_n коэффициент прерывистости микронеровностей.

В первом приближении можно принять $K_n = 0,5$. Площадь эллипсоида вращения (рис. 2) определяется известной зависимостью

$$S = 2\pi \int_{-a}^a z \sqrt{1+(z')^2} dx = 4\pi \int_0^a \sqrt{z^2 + (z')^2} dx. \quad (1)$$

Используя уравнение эллипса $x^2/a^2 + z^2/c^2 = 1$ (при $a > c$), производим дифференцирование по x общих частей этого уравнения, в результате чего определяем

$$zz' = \frac{c^2}{a^2} x.$$

Из уравнения эллипса следует, что

$$z^2 = c^2 - \frac{c^2}{a^2} x^2.$$

Подставляя z^2 и zz' в формулу (1), получим

$$\begin{aligned} S &= \frac{4\pi c}{a} \int_0^a \sqrt{a^2 - \frac{a^2 - c^2}{a^2} x^2} dx = \\ &= \frac{4\pi c}{a} \int_0^a \sqrt{a^2 - \epsilon^2 x^2} dx, \end{aligned} \quad (2)$$

где ϵ – эксцентриситет эллипсоида, $\epsilon = \sqrt{(a^2 - c^2)/a}$.

Используя параметрическое задание функций, получим: $cx = a \sin t$; $\epsilon dx = a \cos t dt$; $t_1 = 0$ при $x = 0$; $t_2 = \arcsin \epsilon$ при $x = a$.

Преобразуем выражение (2) к виду

$$\begin{aligned} S &= \frac{4\pi c}{a} \int_0^{t_2} \sqrt{a^2 - a^2 \sin^2 t} \frac{a}{\epsilon} \cos t dt = \frac{4\pi ca}{\epsilon} \int_0^{t_2} \cos^2 t dt = \\ &= \frac{2\pi ca}{\epsilon} \int_0^{t_2} (1 + \cos 2t) dt = \frac{2\pi ca}{\epsilon} \left(t + \frac{1}{2} \sin 2t \right) \Big|_0^{t_2}. \end{aligned}$$

Окончательно получим

$$S = 2\pi c \left(c + \frac{a}{\epsilon} \arcsin \epsilon \right).$$

Единичную микронеровность поверхности абразивного зерна можно представить в виде усеченной призмы (рис. 3) с радиусом округления ρ [2].

Задавая $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma = -50^\circ$, $\beta_1 = \beta_2 = \beta = 76^\circ$, а также параметрами усредненной ширины и высоты микрорельефа ($b = 10$ мкм, $h = 4$ мкм) в соответствии с [2, 3], получаем $l'_m = l''_m = 0,47$ мкм, $\rho_{m.т} = 0,298$ мкм. Расхождение между средним теоретическим значением $\rho_{m.т}$ и средним экспериментальным $\rho_{m.э} = 0,3$ мкм незначительное, что указывает на достаточную точность предложенной методики расчета теоретических параметров микрорельефа.

В работе [1] показано, что при давлениях инерционно уплотненного абразивного бруска на обрабатываемую поверхность $p_{уд} = (7,74...15,48) \cdot 10^{-2}$ МПа микрорезание гладкой абразивной частицей невозможно, так как отношение динамической глубины внедрения абразивного зерна $h_{д}$ к радиусу его кривизны намного меньше 0,02, т. е. условие микрорезания в соответствии с [4] не соблюдается.

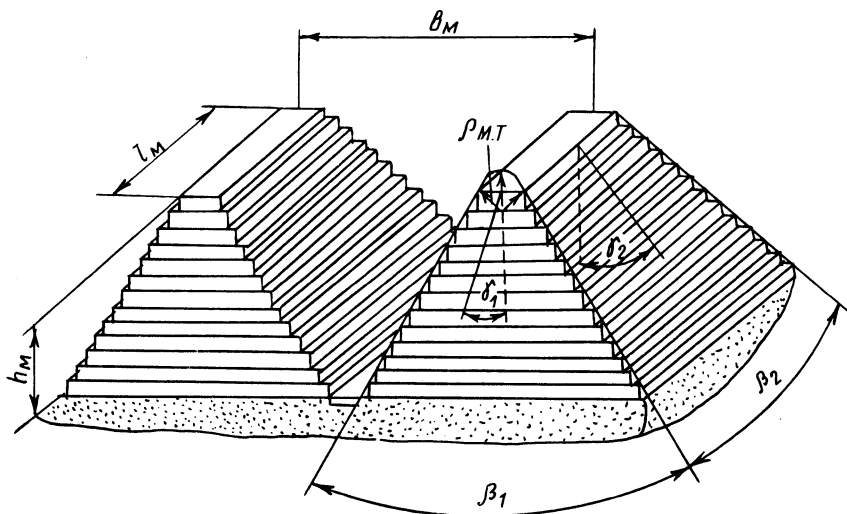


Рис. 3. Геометрическая модель единичных выступов микро рельефа абразивного зерна

Исследованиями [2, 3] установлено, что разрушение металла носит преимущественно хрупкий характер с преобладанием процесса микрорезания.

Отделение металла при контактировании абразивных частиц с поверхностью детали возможно, когда относительное внедрение микронеровностей (h_d/ρ_m) достаточно. В соответствии с работой [4] микрорезание стабильно обеспечивается во всех случаях, когда $h_d/\rho_m \geq 1$.

Данные для определения возможности микрорезания образцов из различных материалов абразивными частицами 14A125 при нагрузках $P = (44...120) \cdot 10^{-2}$ Н приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Материал образца	Нагрузки на зерно $P \cdot 10^{-2}$, Н	Глубина внедрения зерна h_d , мм	Отношение $h_d/\rho_{m.э}$
Закаленная сталь У10А	44	0,328	1,093
	64	0,416	1,386
	94	0,49	1,633
	120	0,54	1,8
Отожженная сталь У10А	44	0,35	1,167
	64	0,46	1,533
	94	0,54	1,8
	120	0,64	2,133
Алюминиевый сплав Д16	44	0,4	1,333
	64	0,52	1,733
	94	0,64	2,133
	120	0,89	2,967

Таким образом, во всех рассмотренных в таблице случаях выполняются условия, необходимые для стабильного стружкообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестопал Ю.Т., Скрябин В.А. Условия микрорезания при обработке деталей уплотненным слоем свободного абразива // Алмазная и абразивная обработка деталей машин и инструмента: Межвуз. сб. науч. тр. – Пенза: Пензен. политехн. ин-т, 1980. – Вып. 9. – С. 77–81.
2. Скрябин В.А. Повышение эффективности процесса микрорезания при обработке поверхностей деталей абразивом, уплотненным инерционными силами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Мн., 1984. – 16 с.
3. Мартынов А.Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами. – Саратов: Изд-во СТУ, 1981. – 212 с.
4. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов. – М.: Машиностроение, 1974. – 318 с.

УДК 621.923.7:621.921.047.7

**В.Н. ЧАЧИН, Е.Я. ГОЛОВКИНА,
А.С. ЛАЗАРЕВ, Л.И. БОНДАРЕНКО**

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОГО ПОЛИРОВАНИЯ

В большинстве работ, посвященных моделированию процесса магнитно-абразивной обработки (МАО), затрагиваются отдельные вопросы: расположения керметов в рабочей зоне, структурно-напряженного состояния материала обрабатываемой поверхности, влияния режимов обработки на качество поверхности и т. п. [1–4]. Первое комплексное моделирование операции МАО выполнено Ф.Ю. Сакулевицем [1]. Его концепция основана на том, что динамика и напряженное состояние рабочей зоны при магнитно-абразивной обработке полностью определяются электромагнитным полем. С этим утверждением трудно согласиться, так как эффективное ведение процесса невозможно без применения смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Проведенные нами исследования показали, что физические свойства охлаждающей жидкости оказывают влияние на интенсивность перемещения керметов в рабочем зазоре и параметры шероховатости поверхности обработанной детали. Влияние СОЖ на процесс магнитно-абразивной обработки возрастает при увеличении габаритов обрабатываемых деталей.

Чтобы выявить закономерности влияния магнитных и гидродинамических полей в рабочем зазоре на производительность обработки и качество поверхности деталей, исследовались перемещения керметов под действием полей обоих типов.

В основу физической модели технологии МАО положены следующие закономерности, правомерность которых подтверждена теоретически и экспериментально в работах [5, 6]:

- 1) ориентация абразивной частицы и усилие ее прижима к обрабатываемой детали определяются электромагнитным полем, а значит, описываются уравнениями Максвелла. Частица ориентируется по силовым линиям магнитного поля;