

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. А. АРАКЕЛЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОГЕОМЕТРИИ
ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ СТРУЙНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

В процессе струйно-абразивной обработки (САО) образуются поверхности, состоящие из следов соударений обрабатывающих частиц.

Размеры этих следов, обусловленные технологическими параметрами обработки и физико-механическими свойствами обрабатываемого поверхностного слоя, характеризуют микрогеометрию поверхности после САО. Аналогичным образом формируется поверхность после дробеструйной обработки. Для исследования шероховатости поверхности после САО целесообразно применение методов теории вероятностей и математической статистики, т. е. расположение зерен в потоке суспензии, их формы, размеры, следовательно, и взаимное расположение следов и их размеры носят случайный характер.

В статье сделана попытка построить модель образования шероховатости поверхности после САО. Наложение такого профиля на исходную поверхность заготовки позволяют оценить характеристики ее микрогеометрии.

В [1] описана модель процесса дробеструйной обработки, учитывающая вероятность распределения ударов дробинки об обрабатываемую поверхность детали. При выводе зависимостей суммируются площади, занятые отпечатками. По расчетной схеме принимается, что в каждом последующем заряде зерна могут попасть либо в необработанную поверхность, либо уже в образовавшуюся лунку. Повторное попадание в данную лунку при этом означает, что центры дробинки движутся по одной и той же прямой, в связи с чем кромка лунок будет представлять окружность, увеличивающуюся в диаметре по мере нарастания кратности отпечатков.

В нашем случае принята в [1] схема наложения отпечатков с совпадением их центров непрямолинейно, т. е. на образование конечного рельефа поверхности влияет даже незначительное смещение центров отпечатков. Исходя из этих условий, рассматриваем не саму лунку, образовавшуюся в результате удара зерна о поверхность, а самую отдаленную от поверхности точку, лежащую на дне лунок.

Представим САО как поток событий — появление точек при воздействии частиц абразива на обрабатываемую поверхность.

В этом случае получится случайное поле точек, плотность которого определится числом точек, приходящихся на единицу площади обрабатываемой поверхности.

При этом очевидно, что:

а) вероятность образования того или иного числа точек в любой области поля не зависит от того, сколько точек попало в любые другие области, непересекающиеся с данной;

б) при малой области, вероятность попадания в элементарную область более одной точки пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания одной точки.

В этом случае, указанное поле точек является пуассоновским, а число точек, попадающих в любую область f поля, распределено по закону Пуассона [2]:

$$P_{(m, f)} = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (1)$$

где $a = \lambda f$ — математическое ожидание числа точек, попавших в область f ; λ — плотность точек в области f .

С целью вывода расчетных зависимостей для характеристики полноты покрытия всей обрабатываемой поверхности F лунками, разобьем ее на участки f . Размер каждого участка выберем из условия полного перекрытия его лункой, образовавшейся при ударе абразивного зерна в случайной точке поверхности F . Тогда задавшись вероятностью события, что на участке f окажется по крайней мере одна лунка:

$$P_{(m \geq 1, f)} = 1 - e^{-\lambda f}, \quad (2)$$

можно определить плотность лунок на площадке f :

$$\lambda = \frac{-\ln [1 - P_{(m \geq 1, f)}]}{f}. \quad (3)$$

Полученное значение может характеризовать расстояние r между любой точкой и ближайшей к ней соседней точкой, ввиду того, что эта величина в пуассоновском поле точек распределена по показательному закону с плотностью

$$f(r) = \begin{cases} 2\pi\lambda r e^{-\pi\lambda r^2} & r > 0, \\ 0 & r < 0, \end{cases} \quad (4)$$

математическим ожиданием $m_r = \frac{1}{2\pi\lambda}$ и дисперсией $D_r = \frac{4 - \pi}{4\pi\lambda}$.

Расстояние между произвольной точкой и n -ой по удаленности точкой имеет плотность распределения:

$$f_n(r) = \frac{(\pi r^2 \lambda)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\pi r^2 \lambda} \cdot 2\pi\lambda r, \quad r > 0. \quad (5)$$

С помощью полученных зависимостей можно определить время t , необходимое для полного покрытия поверхности лунами (продолжительность обработки). С этой целью по (3) определяется плотность лунок на поверхности f и по известному секунднему расходу q абразивных зерен, приходящемуся на единицу площади, вычисляется t :

$$t = \frac{\lambda}{q}. \quad (6)$$

Полученная зависимость позволяет аналогичным образом вычислить и длительность обработки t_N , необходимую для образования N -кратных отпечатков на обрабатываемой поверхности, характеризующая время для достижения заданных прочностных качеств [1].

Для этого задаемся вероятностью попадания в каждую элементарную площадку N зерен:

$$P_{(m, N, t)} = \sum_{m=0}^N P_{(m, t)} = 1 - \sum_{m=0}^{m-N-1} P_{(m, t)}. \quad (7)$$

Из выражения (7), аналогично вышеуказанному, определяем время t_N по плотности λ_N . Для экспериментальной проверки принятой математической модели обрабатывали в течение 1 с полированную ($R_a = 0,04$ мкм) латунную пластинку шариками диаметром 120 мкм из белого электрокорунда ($\rho = 3950$ кг/м³) при давлении сжатого воздуха 0,45 МПа. Весовая концентрация абразива в суспензии составляла 1:4, весовой расход — 0,028 кг/с, а зона обработки — круг диаметром 45 мм.

Диаметр отпечатка единичных ударов равнялся $d = 40$ мкм, глубина $h \approx 4$ мкм. С обработанной поверхности в двух взаимноперпендикулярных направлениях были записаны профилограммы. Плотность лунок по трассам профилографирования составила $\lambda_1 = 30$ шт./мм (25,2 $\leq \lambda_1 \leq 35,8$, $\gamma = 0,95$).

По значению λ_1 определяли плотность лунок на обработанной поверхности [3]: $\lambda = \frac{\pi d^2}{4} \lambda_1$, $\lambda = 955$ шт./мм².

Количество абразива и секундном расходе суспензии составляло $M = 0,0056$ кг/с, а среднее число частиц $n = 1567720$ шт.

Для сопоставления полученного по профилограмме значения λ с количеством абразива на поверхность разбивали ее на квадратные участки с размером диагонали 20 мкм. Площадь участка $f = 200$ мкм².

Тогда по формуле [4]:

$$\lambda_1 f = \frac{n}{F}; \quad \lambda_1 f = 0,191; \quad \frac{nf}{F} = 0,197.$$

С целью проверки гипотезы о характере распределения, записанную профилограмму разбивали на участки и проводили подсчет коли-

частота лунок на участке и по этим данным определяли вероятность — наличия участков с тем или иным числом лунок по критерию согласия Пирсона при уровне значимости $\alpha = 0,05$:

$$\alpha_{0,13} = P(\chi^2 \geq \chi^2_0) = 0,365.$$

Таким образом, принятая гипотеза не противоречит экспериментальным данным и поверхность после САО можно представить в виде пуассоновского поля точек.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дрозд М. С. и др. Выбор режимов дробеструйной обработки, обеспечивающих заданные параметры наклепанного слоя.— Вестник машиностроения, 1977, № 3, с. 42--45.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей.— М.: Наука, 1962.— 576 с.
3. Кендалл М., Моран П. Геометрические вероятности.— М.: Наука, 1972.— 192 с.
4. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения.— М.: Мир, 1967, т. 1.— 498 с.