

РОЗДІЛ «МАШИНОБУДУВАННЯ. МЕХАНІКА»

УДК 621.923.4

МОЛЧАНОВ В.Ф., к. т. н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТВЕРДИХ ЧАСТОК НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ШЛІФУВАННІ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТІ

Вступ. У сучасному машинобудуванні при механічній обробці деталей машин технічний прогрес передбачає вдосконалення технологій з метою підвищення якості і пониження собівартості продукції. В зв'язку з підвищеними вимогами до якості поверхневого шару деталей, які оброблюються, на фінішних операціях металообробки важливого значення набуває широке застосування мастильно-охолоджуючих рідин (МОР). На підприємствах машинобудування використовуються високопродуктивні агрегати і верстати, в яких основним технологічним елементом є мастильно-охолоджуючі рідини. Мастильно-охолоджуючі рідини одночасно та взаємопов'язано забезпечують змащувальну, адсорбційну, хімічну, охолоджуючу і миючу дії на процес механічної обробки деталей машин. Однак в процесі їх експлуатації технологічні рідини безперервно і інтенсивно забруднюються твердими частками металообробки. Потрапляючи в зону обробки, тверді частки разом з мастильно-охолоджуючою рідиною приймають участь в процесі різання і таким чином впливають на процес формування мікропрофілю обробленої поверхні.

Дослідження механізму утворення шорсткості поверхонь при фінішній обробці шліфуванням розглянуто в багатьох наукових працях, присвячених проблемі підвищення якості поверхонь деталей машин [1-4]. У більшості з цих досліджень розглядається вплив технологічних факторів на середнє значення шорсткості поверхні. В той же час при експлуатації мастильно-охолоджуючих рідин на операціях шліфування в рідині поступово накопичуються тверді частки, які суттєво впливають на формування нерівностей профілю поверхні. Однак механізм утворення мікропрофілю поверхні з урахуванням впливу твердих часток, що містяться в МОР, досліджено недостатньо. Відомо, що металеві частки шламу, які потрапили разом з рідиною в зону контакту абразивних зерен шліфувального круга з поверхнею деталі, деформуються самі і певним чином впливають на деформацію матеріалу оброблюваної поверхні. Абразивні частки шламу практично не деформуються, а, вступаючи в силовий контакт при шліфуванні, ніби «подовжують» абразивні зерна на поверхні круга і приймають участь в одиничних актах різання, проникають в оброблювану поверхню, залишаючи сліди дії на поверхневому шарі деталі, які призводять до зростання шорсткості.

Постановка задачі. Для виведення теоретичних положень механізму дії твердих часток на поверхневий шар необхідно знати зміни параметрів шорсткості, отримані при обробці поверхонь шліфуванням з очищеною МОР і з МОР, забрудненою твердими частками. Фактично крива мікропрофілю поверхні характеризує розподіл ординат мікронерівностей по висоті. Зміни параметрів шорсткості, що враховують дію твердих часток на мікронерівності поверхневого шару, визначимо з наступних міркувань.

Мікронерівності поверхні є сукупністю мікроподряпин абразивних зерен шліфувального круга, що залишилися в поперечному перетині деталі після його виходу із зони контакту. Якщо на відстані λ від базової лінії провести еквідистанту (рис.1), то кожне абразивне зерно на поверхні шліфувального круга, залишаючи свій слід в поперечному перетині деталі в межах базової довжини l_{σ} на рівні цієї еквідистанти, може за-

їмати з рівною імовірністю і незалежно від інших зерен довільне положення уздовж базової лінії.

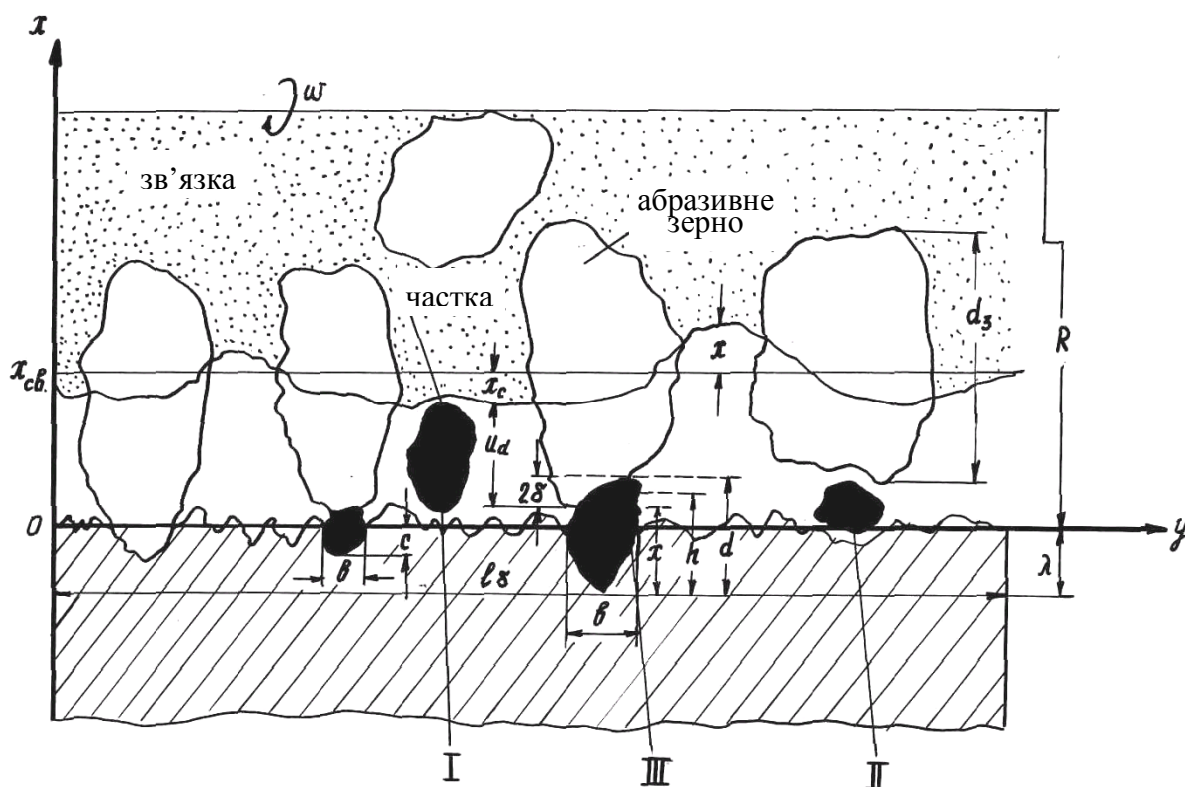


Рисунок 1 – Схема механізму дії твердих часток на поверхневий шар при шліфуванні

Тверді абразивні частки, що містяться в МОР, потрапляючи в зону обробки деталі, спричиняють додаткові подряпини на поверхні, змінюючи закон розподілу ординат мікронерівностей поверхні. Тому в даному випадку має місце суперпозиція двох законів розподілу: закону розподілу ординат мікронерівностей поверхні за відсутності твердих часток в МОР і закону розподілу додаткових подряпин, що залишаються абразивними твердими частками, що містяться в МОР. Згідно з теорією ймовірності [4] щільність розподілу $f(x)$ суперпозиції двох розподілів визначається інтегралом

$$f(x) = \int_0^x f_1(x) f_2(x-y) dx, \quad (1)$$

де f_1 і f_2 – щільність розподілу кожного із складових суперпозиційної випадкової величини.

Складність задачі полягає у виборі законів і параметрів розподілу складових для отримання закону розподілу ординат мікронерівностей поверхонь шліфування. Проте розв'язання задачі істотно спрощується, якщо розглядати тільки числові характеристики результуючого розподілу. Для незалежних випадкових величин справедливі наступні рівності [5]:

$$M(x+y) = M(x) + M(y); \quad (2)$$

$$D(x+y) = D(x) + D(y), \quad (3)$$

де M – математичне очікування випадкової величини;

D – дисперсія випадкової величини.

Оцінимо зміну числових характеристик мікропрофілю оброблюваної поверхні шліфуванням при дії заклинюючих абразивних часток, що містяться в МОР.

Результати роботи. При шліфуванні деталей з очищеною МОР формуються мікронерівності поверхневого шару зі своїми числовими характеристиками. Якщо МОР забруднена твердими частками, то при шліфуванні на поверхневому шарі з'являються додаткові подряпини від абразивних часток, що заклинили. Позначимо середнє значення ширини подряпини в даному поперечному перетині деталі на рівні λ через b_λ , а середню глибину подряпини – через c . В залежності від кількості подряпин z на відрізьку базової довжини l_σ зміняться і характеристики шорсткості поверхні.

Середнє значення мікронерівностей профілю поверхні на рівні λ становить

$$M(y) = \frac{1}{l_\sigma} \int_0^{l_\sigma} |\varphi(y)| dy = \frac{1}{l_\sigma} \sum_{i=1}^z \frac{b_i \cdot c_i}{2} = z \frac{b_\lambda \cdot c}{2l_\sigma}, \quad (4)$$

де $\varphi(y)$ – крива мікропрофілю поверхневого шару.

Дисперсія значень мікронерівностей профілю поверхні становить

$$D(y) = M(y^2) - M(y)^2. \quad (5)$$

Оскільки

$$M(y^2) = \frac{1}{l_\sigma} \int_0^{l_\sigma} |\varphi(y)|^2 dy = \frac{1}{l_\sigma} \sum_{i=1}^z \frac{b_i \cdot c_i^2}{3} = z \cdot \frac{b_\lambda \cdot c^2}{3l_\sigma},$$

то

$$D(y) = z \cdot \frac{b_\lambda \cdot c^2}{3l_\sigma} - z^2 \cdot \frac{b_\lambda^2 \cdot c^2}{4l_\sigma^2} = z \frac{b_\lambda \cdot c^2}{l_\sigma} \left(\frac{1}{3} - \frac{b_\lambda \cdot z}{4l_\sigma} \right). \quad (6)$$

Величина $D(y)$ може бути визначена, якщо виконується нерівність

$$\frac{1}{3} - \frac{b_\lambda \cdot z}{4l_\sigma} > 0, \quad (7)$$

звідки

$$b_\lambda < \frac{4l_\sigma}{3z}. \quad (8)$$

У розглянутій нерівності $\frac{l_\sigma}{z}$ – це середня довжина відрізка, яка припадає на одну подряпину.

Очевидно, що нерівності (7) та (8) справедливі завжди.

Для нормального розподілу використаємо формулу з теорії ймовірності [6]

$$M(|Y - M(y)|) = 0,7979 \sqrt{D(y)}, \quad (9)$$

де $M(|Y - M(y)|)$ – середнє відхилення по модулю.

Розподіл мікронерівностей профілю поверхні може відрізнитися від нормального, і тоді

$$M(|Y - M(y)|) = K_3 \cdot \sqrt{D(y)}, \quad (10)$$

де K_3 – коефіцієнт, що враховує відхилення розподілу мікронерівностей профілю поверхні від нормального.

Оскільки λ – відстань від базової лінії до еквідистанти вибрана довільно, то, не обмежуючи спільності отриманих результатів, можна прийняти цю відстань від базової лінії до середньої лінії профілю поверхні. Тоді середнє відхилення мікронерівностей профілю поверхні є не що інше, як середнє арифметичне відхилення ординат профілю мікронерівностей від його середньої лінії

$$R_a = K_3 \sqrt{D(y)}. \quad (11)$$

Підставляючи значення величини дисперсії $D(y)$ у формулу (11), отримаємо

$$R_a = K_3 \sqrt{c^2 b_\lambda \frac{z}{l_\sigma} \left(\frac{1}{3} - \frac{b_\lambda \cdot z}{4l_\sigma} \right)}, \quad (12)$$

Число подряпин, що залишаються абразивними частками на шліфованій поверхні, визначаємо з рівняння (6)

$$z = \frac{\kappa_r \cdot N_o(t) \cdot P_3 \cdot l_\sigma}{B_\kappa}, \quad (13)$$

де $N_o(t)$ – середня кількість твердих часток в одиниці об'єму МОР за час t ;

P_3 – вірогідність заклинювання твердих часток в зоні контакту шліфувального круга з поверхнею деталі;

κ_r – коефіцієнт, що враховує вміст абразивних частинок;

B_κ – ширина шліфувального круга, м.

Підставляючи значення величини z у формулу (12), отримаємо величину шорсткості, яка враховує вплив твердих часток, що містяться в МОР, на формування мікропрофілю поверхонь при шліфуванні [7]:

$$R_a = \kappa_3 \sqrt{\frac{c^2 b_\lambda \kappa_r N_o(t) P_3}{B_\kappa} \left(\frac{1}{3} - \frac{b_\lambda \kappa_r N_o(t) P_3}{4B_\kappa} \right)}. \quad (14)$$

Висновки. 1. Аналіз формули (14) показує, що при шліфуванні на параметр R_a впливають розміри частинок абразивного шламу, кількість їх в МОР, а також вірогідність заклинювання часток в зоні контакту. Причому, із збільшенням цих факторів параметр шорсткості R_a зростає.

2. Використовуючи залежність (14), можна визначити величину параметра шорсткості, яка враховує дію твердих часток, що містяться в МОР, у будь-який момент часу t обробки шліфуванням, а також визначити тривалість процесу шліфування з шорсткістю поверхні, що не перевищує гранично допустимого значення R_a .

ЛІТЕРАТУРА

1. Худобин Л. Влияние загрязнения СОЖ отходами шлифования на прижогообразование / Леонид Худобин, Евгений Гульнов // Вестник машиностроения. – 1978. – №1. – С.67-68.

2. Степанов М. Влияние механических примесей, содержащихся в СОЖ, на структуру и микротвердость поверхностного слоя шлифованных деталей / Михаил Степанов, Наталья Шумакова // Смазочно-охлаждающие технологические средства в процессе абразивной обработки. – Ульяновск. – 1988. – С.78-84.
3. Худобин Л. Тонкая очистка технологических жидкостей при шлифовании. / Леонид Худобин, Валерий Ромашкин // Резание и инструмент. – 1984. – №31. – С.3-10.
4. Румшинский Л.З. Элементы теории вероятностей. / Румшинский Л.З. – М.: Наука, 1976. – 240с.
5. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н.Большев, Н.В.Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416с.
6. Редько С.Г. Вероятностный подход к исследованию качества поверхности при глубинном шлифовании / С.Г.Редько, А.В.Королёв, В.Н.Аштаев // Чистовая обработка деталей машин. – Саратов. – 1980. – С.81-95.
7. Молчанов В.Ф. Вероятностный подход к образованию шероховатости поверхностей при окончательной обработки / В.Ф.Молчанов // Системные технологии. – 2001 – № 2. – С.106-110.

Надійшла до редколегії 01.02.2016.

УДК 621.914

КОРОТКОВ В.С., к.т.н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

ПОСТРОЕНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ТРАЕКТОРИЙ В ВИДЕ ЛОМАНЫХ С ОРТОГОНАЛЬНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ

Введение. В связи со спецификой ряда станков с числовым программным управлением (ЧПУ), в частности перемещение их рабочих органов по криволинейной траектории комбинациями элементарных перемещений, параллельных осям координат и кратных дискретности станка, возникает необходимость в разработке алгоритмов аппроксимаций криволинейных участков ломаными с ортогональными звеньями. Возникающие при этом погрешности, прежде всего, зависят от точности методов аппроксимации контуров такими ломаными, и от величины дискретности по заданным координатам конкретных станков, для которых рассчитывается траектория движения инструмента.

Постановка задачи. Таким образом, очевидна целесообразность в разработке и использовании алгоритмов аппроксимации сложных контуров деталей ломаными с ортогональными звеньями, длина которых кратна дискретности станка. Из практических соображений необходимо построить алгоритм аппроксимации с асимптотически минимальным числом звеньев при заданном поле допуска ε . При таком подходе к аппроксимации для некоторых деталей большое значение имеет первоначальная ориентация их на станке. Учитывая изложенное выше, необходимо для каждого положения детали строить аппроксимирующую ломаную с ортогональными звеньями при любом ее положении на станке, а затем необходимо подобрать такое положение, чтобы число звеньев было минимальным.

Результаты работы. Для практической реализации с использованием вычислительной техники намного удобнее применять алгоритм, определяющий сначала угол оптимальной ориентации детали, а затем для нее строящий ломаную с ортогональными звеньями, аппроксимирующую исходный контур.

Введем соответствующие условные обозначения и разъяснения.