

УДК 621.922

В.І. Кальченко, д-р техн. наук
В.В. Кальченко, д-р техн. наук
А.В. Кологойда, аспірант

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ ЗАТОЧЦІ ГОЛЧАСТОЇ ПОВЕРХНІ БАРАБАНІВ ТЕКСТИЛЬНИХ МАШИН ЗІ СХРЕЩЕНИМИ ОСЯМИ ІНСТРУМЕНТА І ДЕТАЛІ

Пропонується методика розрахунку складових сил різання при заточці голчастої поверхні барабанів та валиків текстильних машин, що сприяє вибору оптимальних режимів обробки.

Вступ

При заточці чесальної гарнітури велике значення має твердість кінців голок, точність і рівномірність їх установки на верстаті. Якщо невірно підібрані режими заточування, відбувається деформування кінців голок з утворенням задирок. Вірно підібрані абразивні інструменти і оптимальні режими заточки забезпечують підтримання необхідної гостроти голок гарнітури.

При заточці голчастої поверхні барабанів і валиків текстильних машин циліндричним інструментом (рис. 1) робочий елемент – її кінчик має форму еліпса. Розміри більшої півосі залежать від кута нахилу голки при заточці, який залежить від режимів обробки, зокрема, від виникаючих сил різання.

Аналіз досліджень і публікацій

Існує два методи визначення складових сил різання під час шліфування: емпіричний і розрахунково-експериментальний [1]. Перший метод базується на вимірюванні сил різання динамометрами під час шліфування зразків з подальшим отриманням емпіричних залежностей від тих змінних факторів, які варіювались під час проведення експериментів. Однак отримані залежності придатні для розрахунків тільки в умовах, близьких до експериментальних, що обмежує область їх використання. Розрахунково-експериментальний метод більш універсальний, але в деяких випадках менш точний, оскільки в якості вихідних параметрів вимагає визначення ряду експериментальних даних, які складно виміряти з достатньою точністю. Суть розрахунково-експериментального методу полягає в наступному. Спочатку визначають силу різання, яка діє на одну різальну кромку круга, потім знаходять кількість робочих в межах контакту круга і деталі різальних кромки і визначають силу різання як суму сил кожної різальної кромки.

Методи визначення сил різання, представлені в роботах [1, 2], не враховують вплив деформуючих зерен, коливання сил на локальних ділянках плями контакту, жорсткість оброблюючої системи і переривчастість поверхні круга. Розрахований об'єм матеріалу, який знімається однією різальною кромкою, не відповідає об'єму, який підводиться в зону різання. Це пояснюється тим, що при визначенні сил різання розраховується середня величина об'єму, який зрізається, і таким чином не враховується матеріал, який знімається на локальній ділянці плями контакту. В роботі [3] визначено локальні і сумарні сили різання, виходячи з рівності об'ємів, які підводяться в зону обробки і які зрізаються, з врахуванням податливості системи і переривчастості поверхні інструмента для деталей з криволінійним профілем.

Мета статті

Метою даної роботи є розробка методики розрахунку складових сил різання під час обробки голчастої поверхні барабанів і валиків текстильних машин.

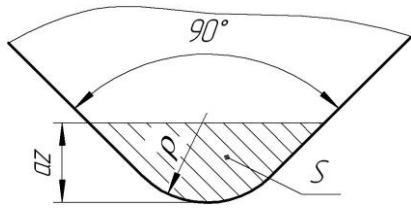


Рис. 2. Форма абразивного зерна

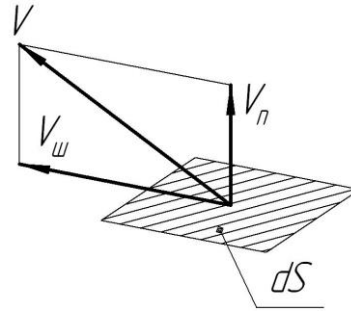


Рис. 3. Схема для визначення товщини шару, що зрізається

Абразивне зерно, яке розташоване на робочій поверхні круга, прийнято характеризувати рядом параметрів. Так, відповідно до сучасних уявлень [3], необхідно вказувати:

- розташування рівня вершини зерна щодо рівня найбільш виступаючих зерен;
- радіус заокруглення вершини зерна ρ .

Густину імовірності розташування різальної кромки f_N на рівні z від зовнішньої поверхні круга можна описати законом бета-розподілу:

$$f_N(x) = A \cdot t^{\gamma-1} \cdot (1-t)^{\eta-1}, \quad (2)$$

де $x = \frac{z}{h_n}$ – приведений рівень шліфувального круга, на якому визначається f_N , A , n , γ ,

η – параметри бета-розподілу; h_n – повна висота профілю шліфувального круга.

Загальну кількість різальних кромки на рівні x можна визначити:

$$N_z(x) = N_n \cdot A \cdot \int_0^{z/h_n} t^{\gamma-1} \cdot (1-t)^{\eta-1} dt, \quad (3)$$

де $N_z(x)$ – кількість різальних кромки на 1 мм^2 на рівні x ; N_n – повна кількість різальних кромки на всій висоті профілю h_n на 1 мм^2 .

Густина імовірності розподілу радіусів округлення різальних кромки ρ також описується законом бета-розподілу:

$$f_p(x) = A \cdot t^{\gamma-1} \cdot (1-t)^{\eta-1}, \quad (4)$$

де $x = \frac{\rho}{\rho_{\max}}$ – відносний радіус округлення різальної кромки; ρ_{\max} – максимальний

радіус округлення різальних кромки.

Однак, не всі різальні кромки безпосередньо видаляють метал. Частина з них пружно або пластично деформує (диспергує) метал. Прийнято вважати [1] критерієм різання відношення z/ρ . Для визначення мінімального значення вказаного відношення використана експериментальна залежність [1], що описує мінімальну товщину зрізаного шару в залежності від радіуса заокруглення вершини зерна і швидкості різання. При цьому мінімальному значенні відношення процес різання ще відбувається. Експериментальна залежність, яка була отримана методом шліфування похилої пластини, дозволяє зробити висновок про можливість апроксимувати її ступеневою функцією:

$$\frac{z}{\rho} = B \cdot \rho^{-\alpha} \cdot V_w^{-\beta}(\varphi_{ij}), \quad (5)$$

Враховуючи (5), можна отримати залежність, яка слугитиме нижньою границею при визначенні імовірності різання зерном на глибині z :

$$z = B \cdot \rho^{1-\alpha} \cdot V_w^{-\beta}(\varphi_{ij}), \quad (6)$$

Побудуємо на координатній площині область (рис. 4), на якій показано розподіл всіх кромки в залежності від рівня z і радіуса округлення кромки ρ . Кромки, які розташовані

нижче рівня проникнення металу в шліфувальний круг z , приймають участь в обробці металу. Рівень z залежить від відношення $V_n/V_{ш}$ і приймає різні значення для кожної точки плями контакту. Тобто, дана схема приведена для певної точки плями контакту, а точніше для певного відношення $V_n/V_{ш}$. Лінія $z(\rho, V_{ш})$ ділить працюючі кромки на різальні і деформуючі.

Зі схеми (рис. 4) зрозуміло, що при збільшенні швидкості різання мінімальна товщина зрізаного шару зменшується. Починаючи з деякого значення глибини z , доля зерен, що приймають участь у різанні металу, значно зростає. Ця доля визначається відношенням кількості різальних кромки, які мають відповідне відношення, до кількості всіх різальних кромки, що розташовані на глибині не більшій, ніж z . На малих глибинах різання частка тих зерен, що приймає участь у різанні, повинна мати лише найменші значення радіуса заокруглення різальної кромки. Після деякого часу роботи через виникнення площинок зносу ця доля скорочується.

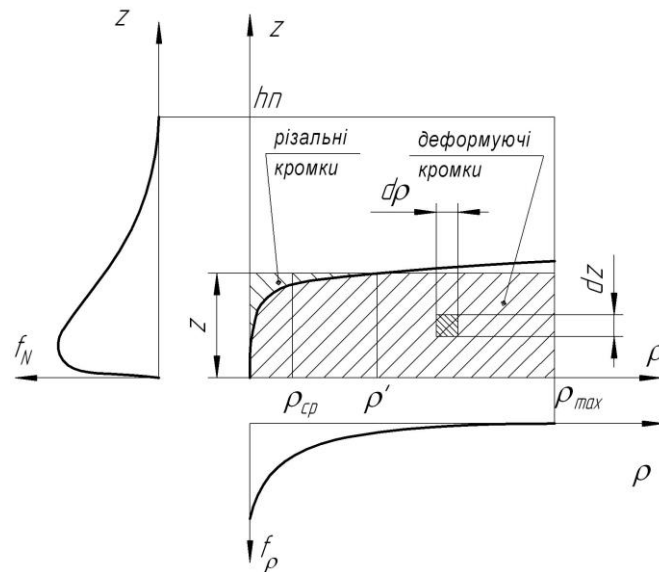


Рис. 4. Розподіл різальних і деформуючих кромки в точці плями контакту

Кількість різальних і деформуючих кромки, які припадають на одиницю поверхні круга, можна визначити за наступними залежностями:

$$N_z^p = \iint_{S_p} N_n \cdot f_N(z) \cdot f_\rho(\rho) \cdot ds, \quad (7)$$

$$N_z^d = \iint_{S_d} N_n \cdot f_N(z) \cdot f_\rho(\rho) \cdot ds, \quad (8)$$

де S_p і S_d – площі на рисунку, які відповідають різальним і деформуючим кромкам відповідно.

Видалення металу забезпечують саме різальні кромки, тому саме від їх кількості буде залежати товщина шару, що зрізається. Тому рівняння 1 необхідно записати у вигляді:

$$\frac{(V_n - y_{exc})}{V_{ш}(\varphi_{ij})} = \frac{N_z^p(a_z) \cdot S(a_z, \rho)}{\left[1 - \exp\left(-\frac{\Sigma b(t, \theta)}{b_0}\right) \right] \cdot dS}. \quad (9)$$

Для визначення товщини шару, що зрізається, необхідно знати середній радіус округлення кромки тих зерен, які приймають участь у різанні у даній точці плями контакту. Для спрощення розрахунків приймемо:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho'}{3}, \quad (10)$$

де ρ^* – координата перетину рівня z з лінією $z(\rho, V_{ш})$ або ρ_{max} при $\rho^* > \rho_{max}$.

Залежність товщини шару, що зрізається a_z , від відношення $V_n/V_{ш}$ можна визначити сумісним рішенням рівнянь (2), (4), (6), (7), (9), (10).

Прийнято вважати [1], що на окрему ріжучу кромку діють сили зсуву $P_{сд}$, тертя $P_{мп}$, і інерції $P_{ин}$:

$$P^r = P_{сд}^r + P_{мп}^r + P_{ин}^r = \frac{\tau_s \cdot a_z \cdot b \cdot \sin(\beta + \varphi_s)}{\sin(\beta) \cdot \sin(\varphi_s)} + \frac{\pi \cdot \tau_s \cdot b^2 \cdot \mu}{12 \cdot \mu_s} + a_z \cdot b \cdot \rho_t \cdot V_{ш}^2 \cdot \left(1 - \frac{\sin(\beta) \cdot \sin(\gamma)}{\cos(\beta - \gamma)} \right), \quad (11)$$

$$P^n = P_{сд}^n + P_{мп}^n + P_{ин}^n = \frac{\tau_s \cdot a_z \cdot b \cdot \cos(\beta + \varphi_s)}{\sin(\beta) \cdot \sin(\varphi_s)} + \frac{\pi \cdot \tau_s \cdot b^2}{12 \cdot \mu_s} + a_z \cdot b \cdot \rho_t \cdot V_{ш}^2 \cdot \left(1 - \frac{\sin(\beta) \cdot \cos(\gamma)}{\cos(\beta - \gamma)} \right), \quad (12)$$

де P^r, P^n – тангенціальна і нормальна сили мікрорізання одиничним зерном; τ_s – напруження зсуву; b – ширина площини врізання; β – кут зсуву оброблюемого матеріалу; φ_s – кут тертя в площині зсуву μ_s , μ – коефіцієнти тертя в площині зсуву і на задній поверхні кромки; ρ_t – густина матеріалу заготовки; $V_{ш}$ – швидкість шліфування; γ – передній кут ріжучої кромки.

Сумарна сила різання знаходиться інтегруванням сил мікрорізання по поверхні плями контакту.

Розрахунок лінії контакту деталі і шліфувального круга проводився за методикою, описаною в роботі [6]. Пляма контакту представляє собою область, обмежену лінією контакту і лінією перетину шліфувального круга, зміщеного на величину подачі, з заготовкою. Під час обробки валиків та барабанів текстильних машин шліфуються голки діаметром 0,3 мм (розташовані по 55 штук на одному квадратному сантиметрі поверхні), тобто, для визначення реальної площі контакту необхідно знайдену площу помножити на 0,02.

Висновки

Запропонована методика розрахунку, яка дозволяє визначати складові сили різання, які виникають під час шліфування голчастої поверхні барабанів та валиків текстильних машин, з врахуванням переривчастості поверхні інструмента і податливості системи, що сприяє вибору оптимальних режимів заточування.

Список літературних джерел

1. Филимонов Л.Н. Высокоскоростное шлифование. Л.: Машиностроение, ленинградское отделение, 1979. – 248 с.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов.–М.: Машиностроение, 1974.–320 с.
3. Кальченко В.И., Кальченко В.В., Ерошенко А.М. Определение сил резания при шлифовании со скрещивающимися осями инструмента и детали с профилем в виде дуги окружности // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. Вип. 3. – Харків: НТУ «ХП», 2009. – С. 20-33.
4. Декларацийний патент України на винахід (корисну модель) № 14240 В24В19/00 “Спосіб заточування голчастої поверхні периферією і торцем орієнтованого круга” /В.В. Кальченко, – Опубл. 15.05.2006р. Бюл. № 5.
5. Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
6. Ерошенко А.М. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу шліфування зі схрещеними осями інструмента і деталі з профілем у вигляді дуги кола//Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів, 2008, №35. С.5-24.