

В.В. КАЛЬЧЕНКО, КАНД. ТЕХН. НАУК, Г.В. ПАСОВ, АСИСТЕНТ

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУР НА ТОРЦЯХ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ПРИ ДВОСТОРОННЬОМУ ШЛІФУВАННІ ПРОФІЛЬОВАНИМИ І ОРІЄНТОВАНИМИ КРУГАМИ.

Одночасне шліфування торців циліндричних деталей здійснюється на двосторонніх торцешліфувальних верстатах [1]. Продуктивність шліфування опорних поверхонь багатограних непереточуваних пластин, торців хрестовин карданних валів і інших циліндричних деталей, що не обертаються щодо своїх осей при круговій подачі їх у зону обробки, обмежується теплонапруженістю процесу. Якість обробленої поверхні залежить від температури T на торці деталі, що залежить від способу шліфування і режиму обробки. Теоретичним дослідженням теплонапруженості процесу шліфування присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних вчених, проте наявні залежності температури T від режимів обробки корисні в основному для шліфування круглих поверхонь периферією круга [2]. Теплонапруженість процесу торцевого шліфування є більш високою, ніж при інших операціях абразивної обробки.

Для розрахунку температури T на торці циліндричної деталі була використана формула [3]:

$$T = 2 \cdot q \cdot (a \cdot t)^{1/2} / \lambda \cdot \pi^{1/2} + T_0, \quad (1)$$

де q - щільність теплового потоку;
 a - коефіцієнт температуропроводності;
 λ - коефіцієнт теплопровідності;
 T_0 - температура навколишнього середовища;
 t - час контакту інструмента і деталі.

Аналіз (1) показує, що температура T пропорційна щільності q теплового потоку, яку знаходимо з виразу:

$$q = 0,3N / 427 \cdot F, \quad (2)$$

де N - ефективна потужність шліфування;
 F - площа контакту інструмента і деталі.

Потужність шліфування N визначається з виразу [4]:

$$N = a \cdot Q / \tau, \quad (3)$$

де Q - об'єм металу, зішліфований кругом з одного торця деталі;
 τ - час, за який зішліфовано об'єм Q ;
 a_y - питома працездатність круга.

При визначенні миттєвої температури T_m на торці деталі у формулу (3) підставляємо миттєву продуктивність Q_m , що визначається рівнянням [4] і

$$Q_m = \int_{i_1}^{i_2} \left(\int_{\theta_{1ki}}^{\theta_{2ki}} V_n \cdot R_i d\theta_k \right) \sqrt{\left(\frac{dR_i}{di} \right)^2 + \left(\frac{dz_i}{di} \right)^2} di. \quad (4)$$

З рис.1 видно, що розмір $R_i \theta_k$ визначає довжину плями контакту, що вимірюється уздовж окружності i -тої точки профілю інструмента. Розмір

$dl = \sqrt{\left(\frac{dR_i}{di} \right)^2 + \left(\frac{dz_i}{di} \right)^2} di$ - визначає елементарну ширину плями контакту в округах i -тої точки (рис.1, А-А).

Межі плями контакту визначаються рішенням векторних рівнянь поверхонь круга \bar{r}_i і деталі \bar{r}_q у системі координат круга.

Матричний запис рівняння поверхні круга 2 (рис.1,А-А) має вид [5]:

$$\bar{r}_i = A_3(Z_i) \cdot (\theta_k) \cdot A_2(R_i) e_4, \quad (5)$$

де R_i радіус перетину круга в межах i -тої точки;
 Z_i - його осьова координата;
 θ_k - кутовий параметр круга;
 $e_4 = (0,0,0,1)$.

Рівняння поверхні деталі в системі координат круга:

$$\bar{r}_{iq} = A_{uq} \cdot \bar{r}_q, \quad (6)$$

де \bar{r}_q - узагальнене рівняння поверхні циліндричної деталі 1 (рис.1) у її системі координат $X_q Y_q Z_q$ приведено [5];

A_{uq} - матриця переходу з системи координат деталі в систему координат інструмента, дана [5].

У рівнянні (4)

$$V_n = V_x \cdot n_{ox} + V_y \cdot n_{oy} + V_z \cdot n_{oz}, \quad (7)$$

де $V_x V_y V_z$ - проєкції вектора відносної швидкості \bar{V} на координатні осі інструмента.

$n_{ox} n_{oy} n_{oz}$ - проєкції вектора одиничної нормалі \bar{n}_o на координатні осі інструмента.

$$n_{ox} = \cos \theta_k (-\sin \alpha); n_{oy} = \sin \theta_k \cdot (-\sin \alpha); n_{oz} = \cos \alpha, \quad (8)$$

де α - кут нахилу дотичної профілю кола у розглядаємій точці (рис. 1, А-А).



Рисунок 1. Схеми визначення плями контакту круга і багатогранної непереточуваної пластини.

Швидкість відносного руху \bar{V} визначається векторним способом із рівняння

$$\bar{V} = \bar{w}_{ub} \times \bar{r}_{uq} + \bar{A}_b \times \bar{w}_{ub}, \quad (9)$$

де \bar{w}_{ub} - вектор кутової швидкості барабана в системі координат інструмента;

\bar{r}_{uq} - радіус-вектор точок поверхні деталі в системі координат інструмента, визначається з рівняння (6);

\bar{A}_b - радіус-вектор початку координат барабана в системі координат інструмента (рис. 1).

Розв'язавши рівняння (9) одержимо вектор швидкості відносного руху \bar{V} , що у системі координат інструмента визначається проєкціями V_x, V_y, V_z . Підставивши їх і n_{ox}, n_{oy}, n_{oz} (8) у рівняння (7), визначимо V_n , а потім із (4) - миттєву Q_m і Q_y питому продуктивність, що у (4) являє собою внутрішній інтеграл

$$Q_{yi} = \int_{\theta_{1ki}}^{\theta_{2ki}} V_n \cdot R_i \cdot d\theta_k, \quad (10)$$

де $\theta_{1ki}, \theta_{2ki}$ і R_i (рис. 1) визначаються рішенням рівнянь (5) і (6).

При визначенні миттєвої температури T_m по формулі (1), у рівняння (2) підставляємо миттєву площу F_m контакту інструмента і деталі.

Площа елементарної площадки dF , визначається з виразу (рис. 1)

$$dF = R_i \cdot d\theta_k \sqrt{\left(\frac{dz_i}{di}\right)^2 + \left(\frac{dR_i}{di}\right)^2} di. \quad (11)$$

Тоді площа F_m контакту інструмента і деталі описується поверхневим інтегралом (4), у якому відсутня V_n - проєкція вектора \bar{V} відносної швидкості (9) деталі й інструмента на напрямок нормалі \underline{n} до поверхні кола в i -тій точці.

Час t контакту інструмента і деталі визначаємо з виразу

$$t = l_k / V_q, \quad (12)$$

де l - довжина контакту круга і деталі;

V_q - швидкість деталі.

$$l_k = R_i \cdot \theta_k, \quad (13)$$

де R_i - радіус круга (рис. 1, А-А) у i -тій точці.

Підставивши в рівняння (3) значення Q_m , знайдене з (4), і величину питомої працездатності круга a_y , отриману в роботі [6], визначимо миттєву потужність N_m шліфування. Потім, підставивши її і площу контакту F у рівняння (2), знайдемо миттєву щільність q_m теплового потоку.

У рівнянні (1) коефіцієнт

$$a = \lambda / c \cdot \gamma, \quad (14)$$

де C - питома теплоємність;

γ - щільність речовини.

Для визначення миттєвої температури T_m на торці чотиригранної нереточуваної пластини з твердого сплаву Т15К6 підставимо в рівняння (1) q_m (2), t_m (12), коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.065$ (кал/см²·гр·с), коефіцієнт температуропроводності $a=0,059$ (см²/с).

Для реалізації математичної моделі (1) на персональному комп'ютері і виконання обчислювальних експериментів розроблена програма розрахунку температури T_m в залежності від параметрів процесу шліфування.

Як показали наші розрахунки та експериментальні дослідження миттєвої T_m і локальної T_n температур (1) на торці чотиригранної пластини при шліфуванні діамантовими кругами на двосторонньому торцешліфувальному верстаті моделі 3342 АДО, збільшення глибини шліфування з 0.02 мм до 0.03 мм при переміщенні деталі на радіусі барабана $R_b=205$ мм, відносно круга на величину, яка дорівнює довжині пластини, призводить до підвищення температури з 550° до 730° С.

При струминному охолодженні, для тих же значень глибини шліфування, температура дорівнює 420 і 570° С, тобто зниження температури від дії охолоджуючої рідини складає 160° С.

Висновки:

Розроблено ефективну методику і програмне забезпечення для визначення миттєвої T_m і локальної T_n температур на будь-якій ділянці оброблюваного торця циліндричної деталі в процесі переміщення її відносно круга.

Доведено, що за рахунок орієнтації і профілювання кругів можна управляти зміною глибини різання і температури на торці деталі по координаті обробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лурье Г.Б., Комиссаржевская В.Н. Шлифовальные станки и их наладка. М.: "Высшая школа", 1976, 415с.

2. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования. М.:” Машиностроение”, 1975, 176 с.
3. Давыдов В.И. Исследование тепловых явлений при шлифовании твердого сплава алмазными кругами. -“Известия вузов. Машиностроение”, 1967, N 11, с.141-146.
4. Кальченко В.В. Визначення потужності шліфування орієнтованим інструментом. Стаття у даному збірнику.
5. Кальченко В.І., Кальченко В.В. Точність і продуктивність шліфування торців орієнтованим інструментом //Машинобудування , електроніка- Вісн. Черніг. технол. і-ту. N 3.- Чернігів:ЧТІ 1997, с.5-13.
6. Шахновский С.С. Расчет мощности торцевого шлифования. Станки и инструмент N 2, 1987, с.23-24.