

УДК 621 9.06:621.941

Г.В. Пасов, канд. техн. наук, В.В. Кальченко канд. техн. наук,

А. В. Рудик, канд. техн. наук, В. Ю. Лясота, інженер

ОБЧИСЛЕННЯ КЕРУЮЧИХ КООРДИНАТ ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА ПРИ РІЗНИХ СХЕМАХ ЙОГО РУХУ

В сучасних машинах, обладнанні для завдання їм конкретних дій дуже часто використовуються деталі з складними криволінійними поверхнями (кулачки розподільчих валів, турбінні лопатки, валки прокатних станів та інші). Тому перед промисловістю, яка виготовляє та ремонтує, стоїть завдання виготовлення або відновлення цих деталей. З цією метою використовують верстати-автомати, напівавтомати наприклад, шліфувальні верстати для обробки кулачків розподільчих валів [1]. Але це доцільно тільки при виготовленні великої кількості деталей. Якщо ж вимагається обробити невелику кількість деталей, наприклад, у ремонтному виробництві, то доцільно використовувати обладнання, яке легко переналагоджується, наприклад, верстати з числовим програмним керуванням. Для шліфування кулачків розподільчих валів, прокатних валків, робочих валиків текстильних машин та інших, можливе використання верстата моделі ВЗ-208-ФЗ з системою ЧПК 2С42.

Використання верстатів з числовим програмним керуванням потребує складання керуючих програм для заданого профілю виробу. Розглянемо на прикладі шліфування кулачка розподільчого валу цю задачу. На кулачку точки його профілю задано у полярній системі координат: r_i – радіус-вектор точки M_i та α_i – полярний кут цієї точки (рисунки 1, 2). Система координат $X_oO_oY_o$, яка пов'язана з профілем кулачка, обертається навколо осі O_o . Шліфувальний круг радіуса R_k обертається навколо осі O_k та торкається у точці M_i для її обробки таким чином, що нормаль N перпендикулярна поверхні кулачка в цій точці та проходить через центр круга O_k . Треба вирішити наступну задачу: потрібно при обертанні кулачка та переміщенні шліфувального круга, який обертається, одержати задану точку M_i на поверхні кулачка.

Можливі дві схеми отримання заданої точки M_i . Перший варіант (рисунок 1) – шліфувальний круг здійснює площинно-поступальний рух вздовж осей OX і OY та другий варіант (рисунок 2) – шліфувальний круг здійснює зворотно-поступальний рух вздовж осі OX .

Координати центру круга для отримання точки M_i можна представити у такому вигляді:

$$\begin{aligned} X_i &= |OO_k| \cdot \cos Q_i, \\ Y_i &= |OO_k| \cdot \sin Q_i, \end{aligned} \quad (1)$$

де X_i, Y_i – координати центра круга для утворення точки M_i ;

$|OO_k|$ – відстань між центром обертання кулачка та центром шліфувального круга;

Q_i – кут між віссю OX та напрямом OO_k .

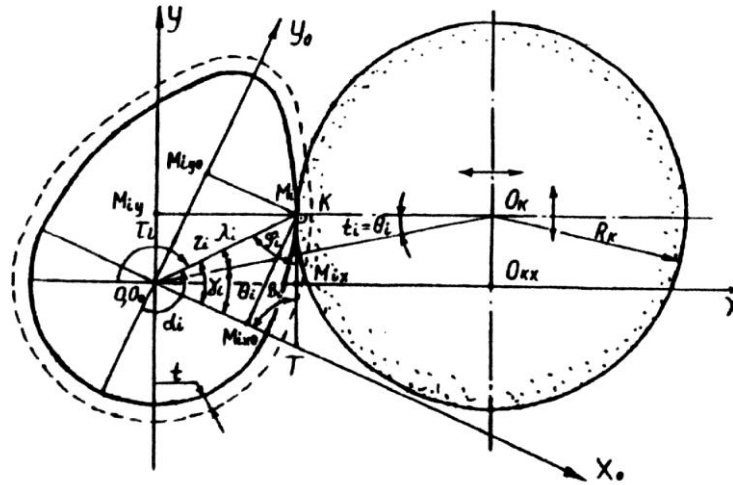


Рисунок 1 – Схема обробки при площинно-поступальному русі

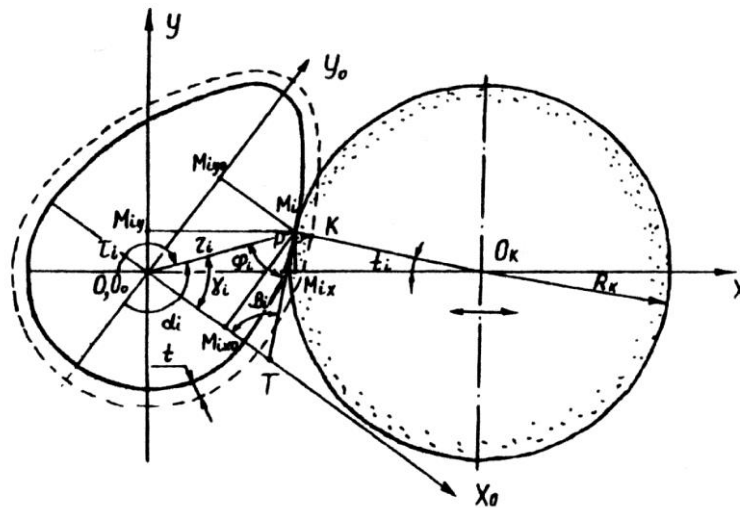


Рисунок 2 – Схема обробки при зворотно-поступальному русі

З трикутника ΔOM_iO_k видно, що $|OO_k|$ дорівнює:

$$|OO_k| = \sqrt{|OM_i|^2 + |M_iO_k|^2 - 2 \cdot |OM_i| \cdot |M_iO_k| \cdot \cos OM_iO_k}, \quad (2)$$

де $|OM_i|$ – радіус-вектор точки M_i , який дорівнює:

$$|OM_i| = r_i. \quad (3)$$

$|M_iO_k|$ – нормаль у точці M_i , яка дорівнює радіусу круга, тобто:

$$|M_iO_k| = R_k. \quad (4)$$

OM_iO_k – кут між радіус-вектором r_i нормаллю $N=R_k$, тобто:

$$OM_iO_k = OM_iT + 90^\circ = \varphi_i + 90^\circ. \quad (5)$$

З урахуванням вище сказаного (2) можна записати у такому вигляді:

$$|OO_k| = \sqrt{r_i^2 + R_k^2 - 2 \cdot r_i \cdot R_k \cdot \cos(\varphi_i + 90^\circ)} = \sqrt{r_i^2 + R_k^2 + 2 \cdot r_i \cdot R_k \cdot \cos \varphi_i}, \quad (6)$$

де φ_1 – кут між радіус-вектором r_l та дотичною в точці M_l .
З трикутника ΔOM_iT можна визначити величину кута φ_l :

$$\varphi_i = 180^\circ - \gamma_i - \beta_i, \quad (7)$$

де γ_i – кут між радіус-вектором r_l та віссю OX_o ;
 β_i – кут між дотичною M_iT та віссю OX_o .

Для визначення кута γ_i можливі наступні варіанти:

- а) для кутів α_i від 0 до 90: $\gamma_i = 90 - \alpha_i$;
- б) для кутів α_i від 90 до 180: $\gamma_i = \alpha_i - 90$; (8)
- в) для кутів α_i від 180 до 270: $\gamma_i = 270 - \alpha_i$;
- г) для кутів α_i від 270 до 360: $\gamma_i = \alpha_i - 270$.

З трикутника ΔOM_iT можна за теоремою синусів записати:

$$\frac{|OM_i|}{\sin \beta_i} = \frac{|M_iT|}{\sin \gamma_i} \Rightarrow \beta_i = \arcsin\left(\frac{|OM_i| \cdot \sin \gamma_i}{|M_iT|}\right) = \arcsin\left(\frac{r_i \cdot \sin \gamma_i}{|M_iT|}\right), \quad (9)$$

де $|M_iT|$ – відрізок дотичної від точки дотику M_i до точки перетину з віссю OX_o – T , яку згідно з [2] можна визначити за формулою:

$$|M_iT| = \left| \frac{Y_{mio}}{Y'_{mio}} \cdot \sqrt{1 + (Y'_{mio})^2} \right|, \quad (10)$$

де Y'_{mio} – похідна в точці M_i в системі координат $X_oO_oY_o$ (її можна знайти, використовуючи чисельні методи знаходження похідної);

Y_{mio} – проекція точки M_i на вісь OX_o .

Величини Y_{mio} та X_{mio} можна визначити за наступними формулами:

$$\begin{aligned} X_{mio} &= r_i \cdot \sin \alpha_i, \\ Y_{mio} &= -r_i \cdot \cos \alpha_i. \end{aligned} \quad (11)$$

З рисунка 1 видно, що $Q_i = t_i$. З трикутника ΔOM_iO_k за теоремою синусів можна скласти такі пропорції:

$$\begin{aligned} \frac{|OM_i|}{\sin t_i} &= \frac{|OO_k|}{\sin \angle OM_iO_k} = \frac{|M_iO_k|}{\sin \lambda_i} \\ \frac{r_i}{\sin t_i} &= \frac{|OO_k|}{\sin(90^\circ + \varphi_i)} = \frac{R_k}{\sin \lambda_i}. \end{aligned} \quad (12)$$

або

З (12) знайдемо значення кутів t_i та λ_i :

$$t_i = \arcsin\left(\frac{r_i \cdot \sin(90^\circ + \varphi_i)}{|OO_k|}\right) = \arcsin\left(\frac{r_i \cdot \cos \varphi_i}{|OO_k|}\right) \quad (13)$$

$$\lambda_i = \arcsin\left(\frac{R_k \cdot \sin(90^\circ + \varphi_i)}{|OO_k|}\right) = \arcsin\left(\frac{R_k \cdot \cos \varphi_i}{|OO_k|}\right) \quad (14)$$

Величина кута $Q_i = t_i$ (для кутів α_i від 0° до 180°) і $Q_i = -t_i$ (для кутів α_i від 180° до 360°).

Для обробки точки кулачка M_i потрібно, щоб його було повернуто на кут τ_i , який можна знайти з таких залежностей:

а) для α_i від 0° до 180° : $\tau_i = \alpha_i - Q_i - \lambda_i$;

б) для α_i від 180° до 360° : $\tau_i = \alpha_i + Q_i + \lambda_i$.

Проаналізуємо вплив кута Q_i на схему обробки. Якщо задано, що $Q_i = 0$, то схема обробки буде за координатою X (рисунок 2), а якщо $Q_i \neq 0$, – то за осями X та Y (рисунок 1). Таким чином, якщо знати координати точки M_i , яка оброблюється, то можна за формулами (1) - (15) одержати координати керування центра шліфувального круга.

Розглянемо переваги та недоліки наведених схем. Під час обробки точки кулачка M_i шліфувальний круг здійснює рух за двома осями OX та OY (рисунок 1). При цьому глибина різання $|M_iK| = t$ та буде величиною постійною, а відповідно під час обробки за цим варіантом будуть рівномірні навантаження на круг.

При обробці кулачка за другим методом (рисунок 2), тобто під час переміщення шліфувального круга тільки вздовж осі OX , глибина різання в точці M_i буде величиною змінною. З рисунка 2 видно, що глибина різання в цій точці буде дорівнювати:

$$t_{mi} = |PK| = \frac{|M_iK|}{\cos(M_iKP)} = \frac{t}{\cos \lambda_i}, \quad (16)$$

де λ_i – кут між нормаллю в точці M_i та напрямком подачі S (при цьому кут ϵ змінним).

З (16) видно, що величина глибини різання у різних точках буде величиною змінною. Відповідно, це буде впливати на процес обробки: змінні сила різання, деформації та інше.

Формоутворююча система верстата з ЧПК моделі ВЗ-208-ФЗ, дозволяє також обробляти криволінійні поверхні прокатних валків, наприклад, у вигляді гіперболоїда обертання 1 (рисунок 3). При цьому метою отримання постійної глибини різання t по координаті обробки OK_i (рисунок 3) шліфувальний круг 2 переміщують вздовж прямолінійної твірної 3, яка розташована під кутом α до осі обертання OZ валка. Для підвищення продуктивності обробку виконують у режимі глибинного шліфування кругом 2, вісь обертання O_kZ_k якого розташована під кутом φ відносно твірної 3. Значення кута φ залежить від величини знімаємого припуску за один прохід і розраховується за методикою,

яка наведена у роботі [3]. В процесі обробки криволінійної поверхні валка 1 вісь обертання $O_k Z_k$, круга 2, при його переміщенні вздовж твірної 3, залишається у площині, яка паралельна YOZ , і знаходиться на відстані

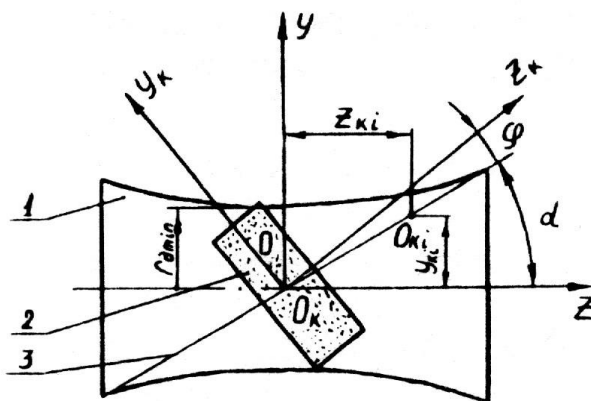
$$|OO_k| = R_k + r_{\partial min}, \quad (17)$$

де $r_{\partial min}$ – мінімальний радіус деталі 1 (рисунок 3).

Координати Y_{ki} та Z_{ki} переміщення початку координат O_k круга дорівнюють

$$\begin{aligned} Y_{ki} &= |O_k O_{ki}| \cdot \sin \alpha; \\ Z_{ki} &= |O_k O_{ki}| \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \quad (18)$$

Метод шліфування зі схрещеними осями круга і деталі [3] використовують також при обробці циліндричних поверхонь прокатних валків, а також робочих валиків текстильних машин з голчатою поверхнею. При цьому кут $\alpha=0$ (рисунок 3), а φ розраховують за методикою [3], приймаючи у (18) $Y_{ki} = 0$ та $Z_{ki} = O_k O_{ki}$.



1 – гіперboloїд обертання; 2 – шліфувальний круг; 3 – твірна

Рисунок 3 – Схема шліфування поверхні валка зі схрещеними осями його та круга

На кафедрі металорізальних верстатів та систем розроблена програма розрахунку необхідних параметрів, які можна використовувати при складанні керуючої програми для обробки деталей типу кулачків розподільчих валів, криволінійних поверхонь прокатних валків, робочих валиків текстильних машин з голчатою поверхнею та інших.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прогрессивные процессы обработки фасонных поверхностей / В.В. Кулик, Ю. В. Петраков, В. В. Иотов. – К.: Техника, 1987, – 176 с., ил.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. Л. Справочник по математике: Для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд., испр. – М.: Наука, 1986. – 544 с., ил.
3. Ас 1234163 SU. МКИ В24В1/00 Способ круглого шлифования с продольной подачей / В.И. Кальченко (СССР), Опубл. 1986, Бюл. № 20.