

УДК 612.914.22

О.М. Герасимчук, к.т.н., доц.
Національний технічний університет України "КПІ"

ВИХІДНА ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ПОВЕРХНЯ ПРИ ОБРОБЦІ ГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ

Базуючись на загальній теорії визначення вихідних інструментальних поверхонь, визначена вихідна інструментальна поверхня торцевих фасонних фрез при обробці гвинтових поверхонь; на базі графічного розв'язання визначено алгоритм розрахунку розмірів вихідної інструментальної поверхні, спряженої з гвинтовою поверхнею деталі.

Вступ. Різальний інструмент можна вважати тілом, обмеженим вихідною інструментальною поверхнею, якій надана можливість зрізати в процесі обробки матеріал. Процес проектування різноманітних інструментів, призначених для обробки заданої поверхні деталі, включає [1]: визначення вихідної інструментальної поверхні, спряженої з поверхнею деталі, при вибраній схемі формоутворення; перетворення тіла, обмеженого вихідною інструментальною поверхнею, в працездатний різальний інструмент.

При фрезеруванні фасонних поверхонь торцевими фрезами рух поверхні деталі відносно інструмента можна представити як обертання навколо осі інструмента. У цьому випадку характеристикою або лінією контакту спряжених поверхонь буде ортогональна проєкція осі інструмента на поверхню деталі. Форма характеристики в процесі обробки не змінюється. Тому при цій схемі формоутворення можна обробити тільки поверхні, що допускають ковзання "самих по собі". До таких поверхонь належать і гвинтові поверхні постійного кроку.

Основна частина. При обробці гвинтових поверхонь торцевими фрезами кінематична схема обробки включає: обертання фрези навколо своєї осі (головний рух різання) та гвинтовий рух подачі фрези відносно заготовки (рис. 1). Вісь гвинтового руху подачі співпадає з віссю деталі. Параметр p гвинтового руху подачі дорівнює параметру оброблюваної гвинтової поверхні деталі D . Тому в результаті гвинтового руху подачі гвинтова поверхня деталі ковзає "сама по собі". При визначенні вихідної інструментальної поверхні як огинаючої поверхні деталі D гвинтовий рух подачі не враховується.

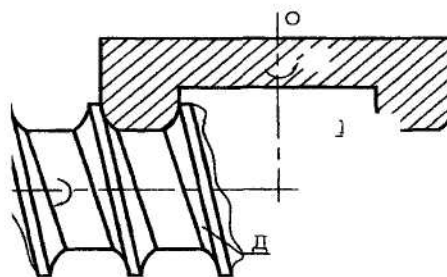


Рис. 1. Кінематична схема обробки торцевими фрезами гвинтових поверхонь

Вихідна інструментальна поверхня буде огинаючою поверхні D при її обертанні навколо осі фрези. Із заданою гвинтовою поверхнею пов'яжемо систему координат XYZ , направивши вісь Y по осі гвинтової поверхні (рис. 2), а вісь Z – паралельно осі торцевої фрези. Відомим будемо вважати профіль гвинтової поверхні в її осьовому перерізі, що співпадає з площиною $X = 0$.

Рівняння профілю гвинтової поверхні у загальному вигляді буде:

$$Z_0 = f(Y_0).$$

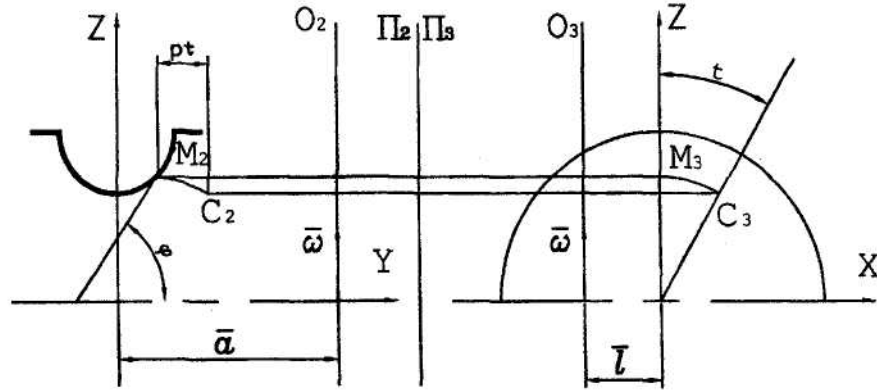


Рис. 2. Визначення вихідної інструментальної поверхні при обробці фасонних гвинтових поверхонь

Положення осі O торцевої фрези в системі XYZ задано векторами l та \bar{a} . Вісь фрези та вісь гвинтової поверхні деталі є взаємно перпендикулярними. Під час гвинтового руху профілю $Z_0 = f(Y_0)$ з відомим параметром p створюється гвинтова поверхня деталі D . Рівняння гвинтової поверхні деталі можна записати:

$$\bar{r} = \bar{i}f(Y_0)\sin t + \bar{j}(Y_0 + p \cdot t) + \bar{k}f(Y_0)\cos t. \quad (1)$$

Вектори, дотичні до гвинтової поверхні, можна представити:

$$\bar{A} = \frac{\partial \bar{r}}{\partial t} = \bar{i}f'(Y_0)\cos t + \bar{j}p - \bar{k}f'(Y_0)\sin t; \quad (2)$$

$$\bar{B} = \frac{\partial \bar{r}}{\partial Y_0} = \bar{i}\operatorname{tg}\varphi \sin t + \bar{j} + \bar{k}\operatorname{tg}\varphi \cos t \quad (3)$$

де $\operatorname{tg}\varphi = f'(Y_0)$.

Вектор \bar{N} , нормалі до гвинтової поверхні деталі D , запишеться, як:

$$\bar{N} = [\bar{A} \times \bar{B}] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ f'(Y_0)\cos t & p & -f'(Y_0)\sin t \\ \operatorname{tg}\varphi \sin t & 1 & \operatorname{tg}\varphi \cos t \end{vmatrix}; \quad (4)$$

розкривши визначник, отримуємо:

$$\bar{N} = \bar{i}[p\operatorname{tg}\varphi \cos t + f'(Y_0)\sin t] - \bar{j}[f'(Y_0)\operatorname{tg}\varphi + k[f'(Y_0)\cos t - p\operatorname{tg}\varphi \sin t]]. \quad (5)$$

Радіус-вектор $\bar{\rho}$, який з'єднує вісь O фрези з довільною точкою гвинтової поверхні D , буде:

$$\bar{\rho} = \bar{r} - \bar{l} - \bar{j}a = \bar{i}[f(Y_0)\sin t - l] + \bar{j}[Y_0 + pt - a] + \bar{k}f(Y_0)\cos t. \quad (6)$$

Якщо прийmemo, що швидкість обертання гвинтової поверхні деталі D навколо осі O торцевої фрези дорівнює $\bar{\omega} = \bar{k}$, то швидкість \bar{V} обертання точок гвинтової поверхні D навколо осі O , буде:

$$\bar{V} = [\bar{\omega} \times \bar{\rho}] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 0 & 0 & 1 \\ [f(Y_0)\sin t - l] & [Y_0 + pt - a] & f(Y_0)\cos t \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Розкривши визначник, отримуємо:

$$\bar{V} = \bar{i}(-Y_0 - pt + f) + \bar{j}[f(Y_0) - l]. \quad (8)$$

Тоді рівняння контакту $(\bar{N} \cdot \bar{V}) = 0$ буде мати вигляд:

$$[p\operatorname{tg}\varphi \cos t + f'(Y_0)\sin t](a - Y_0 - pt) - f'(Y_0)\operatorname{tg}\varphi[f(Y_0) - l] = 0. \quad (9)$$

Рівняння контакту є трансцендентним і розв'язується одним з наближених методів. У результаті розв'язку, вибравши величину Y_0 , визначаємо t . Координати точок характеристики

X^1 , Y^1 , Z^1 на гвинтовій поверхні D в системі XYZ визначаються при сумісному розгляді рівняння контакту та рівняння гвинтової поверхні D :

$$\begin{aligned} X^1 &= f(Y_0) \sin t \\ Y^1 &= Y_0 + pt \\ Z^1 &= f(Y_0) \cos t \end{aligned} \quad (10)$$

При обертанні точок контакту спряжених поверхонь навколо осі фрези створюється вихідна інструментальна поверхня обертання. В перерізах, перпендикулярних до осі Z , радіуси R_i вихідної інструментальної поверхні будуть визначатись, таким чином:

$$R_i = \sqrt{(X_1 + l)^2 + (a - Y_1)^2} \quad (11)$$

Крива $R_i = f(Z_i)$ буде профілем вихідної інструментальної поверхні обертання, спряженої з гвинтовою поверхнею деталі.

Розглянемо графічний розв'язок задачі визначення огинаючої поверхні при обертанні гвинтової поверхні деталі (рис. 3). Вибираємо систему площин проєкцій $\Pi_1\Pi_2\Pi_3$. Площину Π_1 проводимо перпендикулярно до осі обертання Z , тобто перпендикулярно до осі торцевої фрези, призначеної для обробки гвинтової поверхні деталі. Площину Π_3 проводимо перпендикулярно до осі Y гвинтової поверхні деталі. Площину Π_2 проводимо через осі Z та Y , вона є осью площинною оброблюваної гвинтової поверхні деталі D . На площину Π_2 в натуральну величину зображується профіль A_2M_2 гвинтової поверхні деталі D . Проекція профіля AM на площину Π_3 лежить на осі Z . В результаті гвинтового руху профіля AM з параметром p , вісь якого співпадає з віссю заготовки, створюється гвинтова поверхня деталі. Визначимо лінію перетину гвинтової поверхні деталі з площиною $I-I$, яка проходить перпендикулярно до осі Z через вибрану точку A профілю гвинтової поверхні деталі D . Як першу точку лінії перетину будемо визначати положення точки A . На профілі поверхні D розглянемо довільну точку M . Під час гвинтового руху точка M описує гвинтову лінію MC . Гвинтовий рух точки M будемо розглядати як сукупність обертання навколо осі Y і поступального руху вздовж осі Y . Для того, щоб переміститись в січну площину $I-I$, точка M повинна повернутись на кут t . Кут t в натуральну величину проєктується на площину Π_3 . Поступальне переміщення точки M , яке відповідає її повороту на кут t , буде дорівнювати pt . При графічній побудові для того, щоб визначити величини pt , на площині Π_3 будується Архімедова спіраль L_3F_3 . Відстань від цієї спіралі до кола $E_3L_3B_3$, виміряна по радіальній прямій, і буде розміром pt . Відкладаючи розмір pt від точки M_2 вздовж осі деталі, тобто вздовж осі Y , визначається положення проєкції C_2 – точки перетину гвинтової лінії, що створена при гвинтовому русі точки M , з площиною $I-I$. Знаючи положення точки, в системі $\Pi_2\Pi_3$ за правилом заміни площин проєкцій знаходиться проєкція точки C на площину Π_1-C_1 . Аналогічно знаходяться інші точки (B, E, \dots) лінії перетину площини $I-I$ та гвинтової поверхні деталі D .

В натуральну величину лінія перетину площини $I-I$ та гвинтової поверхні деталі D проєктується на площину Π_1 . Це – лінія $B_1C_1A_1E_1\dots$ Лінію $B_1C_1A_1E_1$ замінюємо дугою кола і визначаємо положення осі торцевої фрези, тобто точку O_1 (відстань l та a) і радіус R вихідної інструментальної поверхні в перерізі $I-I$. Аналогічно перерізу $I-I$ розглядаються інші січні площини ($Z = \text{const}$), в яких визначаються лінії S_i – їхнього перетину з гвинтовою поверхнею деталі. Знаючи положення осі фрези, тобто розміри l та a , знаходяться відстані від різних точок лінії S до осі фрези O , найбільша відстань R_i приймається за радіус вихідної інструментальної поверхні в площині $Z = \text{const}$.

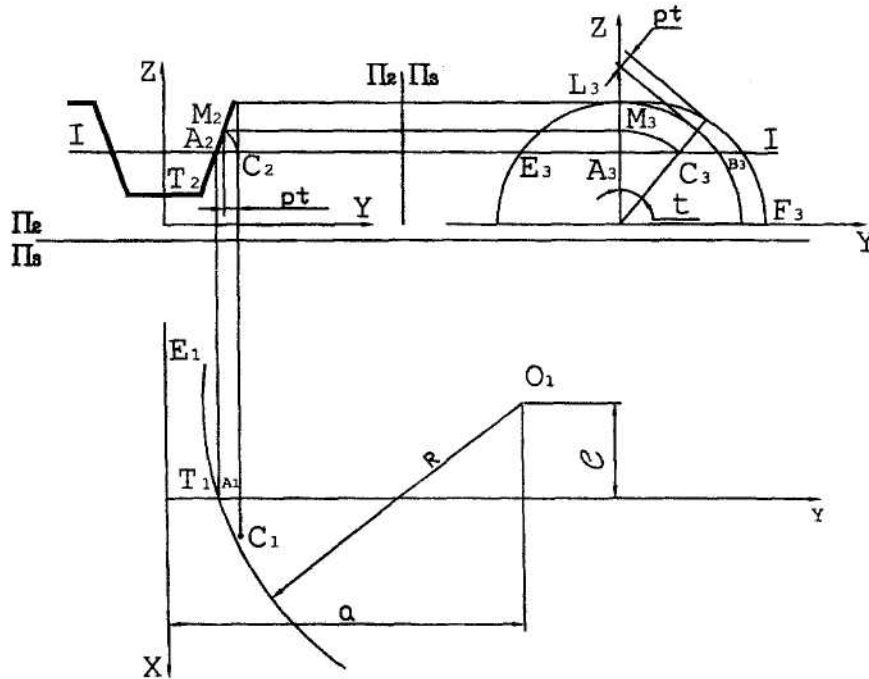


Рис. 3. Графічне визначення вихідної інструментальної поверхні при обробці гвинтової поверхні деталі

Відповідно до розглянутого графічного розв'язку алгоритм розрахунку розмірів вихідної інструментальної поверхні, спряженої з гвинтовою поверхнею деталі, може бути таким:

- вибирається розмір Z_A , що характеризує положення перерізу I-I, перпендикулярного до осі фрези і проходить через вибрану точку A;
- відповідно до рівняння профілю $Z_0 = f(Y_0)$ знаходиться координата Y_A точки A;
- на профілі деталі, відповідно до рівняння $Z_0 = f(Y_0)$, вибирається ряд точок з координатами $Z_M Y_M$;
- для кожної вибраної точки визначається кут t_i :

$$\cos t_i = \frac{Z_A}{Z_M}; \tag{12}$$

- розраховуються координати X_C, Y_C, Z_C точок лінії перетину гвинтової поверхні деталі та перерізу $Z = Z_A$:

$$\begin{aligned} X_C &= Z_A \sin t \\ Y_C &= Y_M + pt; \\ Z_C &= Z_A \end{aligned} \tag{13}$$

- визначається радіус замінюючого кола та положення його центра, тобто радіус фрези в даному перерізі та положення її осі;
- в межах заданого профілю визначаються радіуси кіл, розташованих на вихідній інструментальній поверхні, сукупність яких і буде вихідною інструментальною поверхнею.

Перевагою даного способу визначення вихідних інструментальних поверхонь обертання торцевих фасонних фрез, призначених для обробки гвинтових поверхонь, є простота аналізу умов дотикання спряжених профілів у проекції на площину Π_1 . Це дозволяє при визначенні вихідної інструментальної поверхні одночасно виконувати умови формування поверхонь і забезпечувати обробку заданої гвинтової поверхні згідно з кресленням.

Аналізуючи процес формування заданої поверхні D , можна провести переріз, перпендикулярний до осі фрези через крайню точку T профілю (рис. 3). У цьому перерізі визначити лінію перетину його з гвинтовою поверхнею деталі, потім замінити цю лінію колом обертання крайньої точки різальної кромки фрези. У цьому випадку крайня точка різальної кромки буде

формувати профіль деталі, і можна буде спроектувати фрезу з більш доцільною схемою зрізання припуску, коли одна з бічних різальних кромки буде допоміжною і можна буде перейти від П-подібного перерізу до більш доцільного Г-подібного.

Висновки. Аналітично і графічно розв'язана задача визначення вихідної інструментальної поверхні при обробці гвинтових поверхонь торцевими фасонними фрезами, що дозволяє розширити область використання таких фрез.

Розроблений алгоритм визначення розміру і положення вихідної інструментальної поверхні відносно заготовки з урахуванням умов формоутворення і забезпечення обробки заданої поверхні деталі відповідно до технічних умов її виготовлення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Родін П.Р.* Основы проектирования режущих инструментов: Учебник. – К.: Выща школа, 1990. – 424 с.
2. *Родін П.Р., Равська Н.С., Ніколаєнко Т.П., Мельничук П.П.* Основы формоутворення поверхонь при механічній обробці. – Житомир: ЖІТІ, 2000. – 332 с.
3. *Марданян М.Е., Мецераков Г.Н., Родін П.Р.* Новый метод обработки винтовых поверхностей торцевыми фрезами // Вестник технической информации. – 1953. – № 3.

ГЕРАСИМЧУК Олена Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- теорія проектування торцевих фрез;
- процеси торцевого фрезерування.

Тел.: (044) 454-95-28.

Подано 21.01.2008