

Н.С. Равська, д.т.н., проф.

С.П. Воробйов, студ.

Національний технічний університет України „КПІ”

ПИТАННЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ ТОРЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

У статті розглянуто питання зубонарізання зубчастих коліс торцевими фрезами методами обкочення та копіювання. Розв'язано задачі знаходження профілю різальної кромки зуба торцевої фрези та профілю затилувального різця при нарізанні коліс методом копіювання.

Вступ. Зубчасті колеса – найбільш розповсюдені в машинобудуванні. Вони застосовуються для передачі обертання між паралельними, перехресними, та мимобіжними осями за допомогою циліндричних, конічних, черв'ячних та гвинтових зубчастих передач. В залежності від конструкції зубчастого колеса, форми його зуба, вимогами до точності та шорсткості поверхонь та обсягу виробництва застосовуються різні способи виготовлення та різні зуборізні інструменти [1, 2].

Серед існуючих способів зубонарізання циліндричних коліс найбільше поширення знайшла обробка зубчастих коліс черв'ячними фрезами. Проте, не зважаючи на високу продуктивність цього способу застосування черв'ячних фрез, вносити відповідні похибки в профіль нарізаемого колеса, що викликано заміною теоретичного точного евольвентного черв'яка архімедовим або конволюнтним.

В той час відомо, що спосіб нарізання бочкоподібних зубчастих коліс торцевими фрезами [3–6] характеризуються не тільки високою продуктивністю, а й точністю.

Проте теорія формоутворення зубчастих коліс в достойній мірі не розроблена, зокрема не стосується їх оброблення торцевими фрезами по методу копіювання. Питання формоутворення зубчастих коліс торцевими фрезами по методу копіювання розглядаються в даній роботі.

Оброблення зубчастих коліс профілюючими колами методом обкочення. Схема обробки зубчастих коліс профілюючими колами торцевої фрези зображена на рисунку 1.

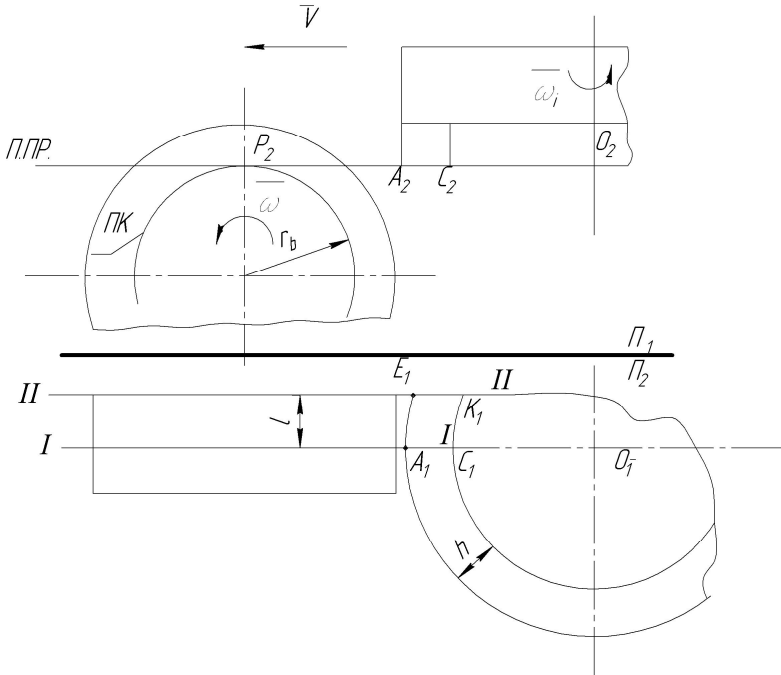


Рис. 1. Схема оброблення зубчастих коліс профілюючими колами торцевої фрези

Торцева фреза обертається навколо своєї осі з кутовою швидкістю ω_1 . В результаті цього обертання вершинні точки А і С зубів описують профілюючі кола. Поряд з обертанням фреза здійснює прямолінійно-поступальний рух зі швидкістю \bar{V} . Швидкість \bar{V} направлена перпендикулярно осі заготовки. Заготовка обертається навколо своєї осі зі швидкістю ω .

В цьому випадку рух профілюючих кіл відносно заготовки буде коченням без ковзання початкової площини по початковому циліндру. Радіус початкового циліндра приймається рівним радіусу основного кола r_b , тоді $\bar{V} = \omega \cdot r_b$. Розмір h дорівнює ширині западини зуба, виміряної по дузі основного кола. В перерізі I-I, що проходить через вісь фрези перпендикулярно осі заготовки в результаті руху обкочення профілюючі точки А і С утворюють евольвентні профілі, що

співпадають з теоретичними евольвентними профілями оброблюваного зубчастого колеса.

В дозвольному перерізі II-II точки E_1 і K_1 профілюючих кіл так як і точки А і С сформуєть евольвентні профілі зубів. Проте відрізок E_1K_1 більше відрізка A_1C_1 . Тому ширина западини на основному колі в перерізі II-II буде на величину Δ перевищувати ширину западини в перерізі I-I. Тобто при зазначеному способі оброблення утворюється бочкоподібна форма зуба. Величина Δ при цьому дорівнює:

$$\Delta = K_1 E_1 - A_1 B_1$$

$$\Delta = \sqrt{R^2 - l^2} - \sqrt{(R - h)^2 - l^2}$$

Оброблення стандартних зубчастих коліс по методу обкочення можна вести торцевою збірною фрезою з прямолінійними кромками [7].

При обертанні навколо осі фрези прямолінійні різальні кромки, розташовані в осьових перерізах фрези описують конічні вихідні інструментальні поверхні.

Вихідні інструментальні поверхні перетинаючись з середнім перерізом I-I зубчастого колеса, утворюють профіль стандартної рейки. В результаті руху обкочення в перетині I-I буде утворений стандартний профіль западини зуба зубчастого колеса, якщо $\bar{V} = \omega \cdot r_{ю}$, де $r_{ю}$ – радіус ділильного кола, рівний радіусу початкового циліндра колеса.

В довільному перерізі II-II профіль вихідної інструментальної поверхні спряженої рейки буде криволінійним. Так як розміри, виміряні в перерізі II-II вздовж початкової прямої, перевищують відповідні розміри у вихідному перерізі I-I, то автоматично утворюється бочкоподібна форма зуба фланкованим профілем, що, як відомо, покращує роботу зубчастої передачі.

Оброблення зубчастих коліс торцевими фрезами методом копіювання. При обробленні зубчастих коліс методом обкочення виникає задача визначення профілю зуба фрези та його різальної кромки.

Вважається відомим профіль вихідної інструментальної поверхні (**i**) в системі $X_1 Y_1$.

Якщо проектувати фрези з кутами (рис. 2) $\gamma = 0$ та $\lambda = 0$, коли передня площина проходить через вісь фрези, форма різальної кромки і профіль зуба фрези в осьовому перерізі, що співпадає з формою

затилювального різця, будуть тотожні профілю вихідної інструментальної поверхні.

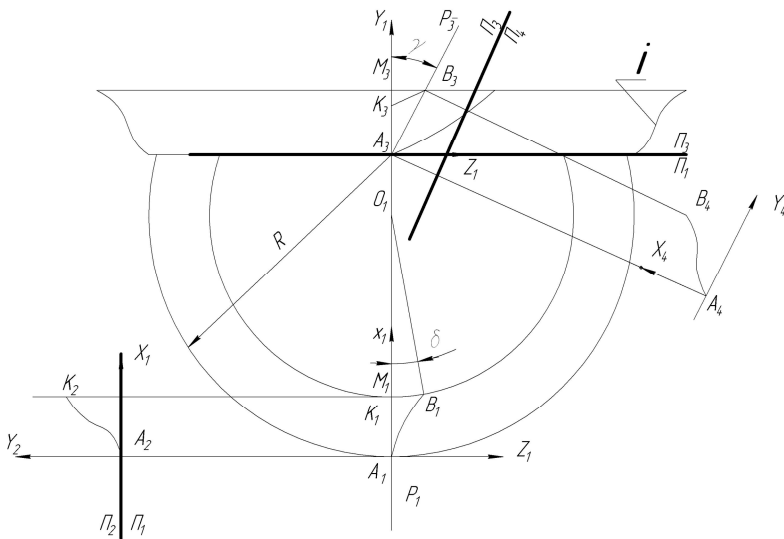


Рис. 2. Визначення профілів різальної кромки фрези на затилювального різця

Для підвищення стійкості фрез доцільно створювати на різальній частині додатні передні кути γ . В цьому випадку необхідно визначити профілі зуба фрези в передній площині, тобто форму різальної кромки, та профіль зуба фрези в осьовому перерізі, що співпадає з формою різальної кромки затилювального різця.

Визначення профілю різальної кромки зуба фрези. Різальна кромка, в цьому випадку знаходиться як лінія перетину вихідної інструментальної поверхні обертання, профіль котрої співпадає з профілем западали зуба оброблюваного колеса, з передньою плоскою поверхнею, положення якої визначається величиною переднього кута γ .

Профіль вихідної інструментальної поверхні в системі X_1 - Y_1 (рис. 2) вважається відомим. Координати довільної точки M будуть $X_1 Y_1 Z_1 = 0$. Радіус фрези в вершині точці A дорівнює R . Радіус обертання точки M навколо осі фрези дорівнює $R \cdot X_1$. Через базову точку A під кутом γ проведемо передню площину, перпендикулярну

площині Π_3 . Коло обертання точки М навколо осі фрези перетинається з передньою площиною в точці В, котра буде точкою різальної кромки.

Аналогічно точці В знаходяться інші точки різальної кромки АВ. В натуральну величину форма різальної кромки проектується на площину Π_4 (рис. 2), котра іде паралельно передній площині і визначається за відомими проекціями A_1B_1 та A_3B_3 різальної кромки в системі площин проекцію $\Pi_1\Pi_3$. Розглядаючи наведене графічне рішення можна записати формули для аналітичного визначення форми різальної кромки зуба фрези.

Задані наступні величини:

Координати опорних точок X_1Y_1 профіля вихідної інструментальної поверхні;

R – радіус фрези в базовій точці;

γ - передній кут в базовій точці;

Z – число зубів в фрезі;

Тоді координати X_4Y_4 опорних точок різальної кромки фрези будуть

$$y_4 = \frac{y_1}{\cos \gamma}$$

$$x_4 = R - (R - V_1) \cos \delta = R - y_1 \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{ctg} \delta$$

де

$$\sin \delta = \frac{y_1 \operatorname{tg} \gamma}{R - x_4} \quad (1)$$

Координати точок X_1Y_1 опорних точок різальної кромки затилувального різця, передня площина котрого співпадає з площиною X_1Y_1 , будуть:

$$X_1 = X_1$$

$$Y_1 = y_1 - \frac{KZ}{2\pi} \delta$$

де кут δ вимірюється в радіанах.

Координати X_1 точок різальної кромки затилувального різця співпадають з координатами X_1 відповідних точок профілю вихідної інструментальної поверхні.

Визначення форми різальної кромки затилувального різця.

Приймемо, що задня поверхня зуба фрези утворюється при осьовому затилуванні різцем, передня площина котрого проходить через вісь фрези, паралельно площині Π_2 . При осьовому затилуванні траєкторією довільної точки В різальної кромки буде гвинтова лінія ВК, проекції якої позначені B_1K_1 та B_3K_4 (рис. 2). Цю гвинтову лінію за звичний називають кривою затилування. Крива затилування з площиною X_1Y_1 перетикаються в точці К. Аналогічно точці К знаходяться інші точки лінії АК перетину задньої поверхні зуба фрези з площиною X_1Y_1 .

Будемо вважати, що задня поверхня оброблюється затилувальним різцем, передня площина якого співпадає з площиною X_1Y_1 . Тоді різальною кромкою затилувального різця буде крива АК.

В натуральну величину різальна кромка затилувального різця A_2K_2 визначається в проекції на площину Π_2 за правилом зміни площин проекцій.

На основі графічного вирішення запишемо аналітичні формули для визначення різальної кромки затилувального різця:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_1 \\ Y_1 &= Y_1 - \frac{KZ}{2r_k} \delta \end{aligned}$$

де кут δ вимірюється в радіанах і розраховують за формулою (1); K – задана величина затилування.

Оскільки при нарізанні зубчастих коліс торцевими фрезами методом копіювання одна сторона западини зуба є випуклою поверхнею, а друга увігнутою, то в процесі зачеплення нарізаних таким чином коліс випукла поверхня дотикається з увігнутою поверхнею. В цьому випадку автоматично створюється, як при нарізанні зубчастих коліс по методу обкочення, бочкоподібність зубів колеса. Це пояснюється том, що радіуси увігнутої поверхні, які описуються зовнішнім різальними кромками фрези більші ніж радіуси випуклої поверхні.

Висновки. В статті розглянуті питання можливості оброблення зубчастих коліс торцевими фрезами методами обкочення і копіювання. Показано, що при нарізанні зубчастих коліс по методу обкочення вихідна інструментальна поверхня може мати прямолінійний профіль, в той час як при використанні методу копіювання профіль вихідної інструментальної поверхні повинен мати криволінійний профіль.

Вирішені графічно та аналітично задачі визначення профілю різальної кромки та профілю затилувального різця при осьовому затилуванні зуба фрези при обробці зубчастих коліс методом копіювання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Родин П.Р.* Металлорежущие инструменты [учебник] П.Р. Родин. – Вище школа, 1974. – 400 с.
2. *Иноземцев Г.Г.* Обработка цилиндрических зубчатых колес фрезерными головками методом непрерывного деления / *Г.Г. Иноземцев, Д.В. Варнаков.* – Саратов, Саратовского университета, 1972. – 166 с.

3. А.С. 227066 СССР МКИ В23 9/04. Способ нарезания криволинейных по длине зубьев цилиндрических зубчатых колес / *Г.И. Машиковский, М.И. Догода* / СССР / Опубл. 16.09.68., Бюл. № 27.
4. А.С. 1526935 СССР МКИ В23 9/00. Способ обработки зубчатых колес с криволинейной формой зубьев / *А.К. Сидоренко, С.П. Налетов, В.Д. Коротков* / Опубл. 07.12.89, Бюл. № 45.
5. *Коганов И.А.* Фрезерование цилиндрических колес с круговыми зубьями / *И.А. Коганов, Г.М. Шейкин* / [Известия ВУЗов №10]. – М. : Машиностроение, 1969. – С. 181.
6. *Лопато Г.А.* Конические и чаноидные передачи с круговыми зубьями / *Г.А. Лопато, Н.Ф. Кабатов, Н.Г. Сегаль*. – М. : Машиностроение, 1977. – 423 с.
7. *Полевой В.И.* Разработка инструмента для нарезания цилиндрических колес с арочными зубьями : дис. ... канд. тех. наук. – Киев, 1991. – С. 28–107.

РАВСЬКА Наталія Сергіївна – доктор технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- теорія проектування інструменту.

ВОРОБИЙОВ Сергій Петрович – студент кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування.

Подано 30.08.2011

