

Ю.І. Адаменко, к.т.н., доц.

Р.П. Родін, к.т.н., с.н.с.

А.А. Матвієнко, студ.

Національний технічний університет України «КПІ»

ПРОЕКТУВАННЯ ЗУБОРІЗАЛЬНОЇ ГРЕБІНКИ, ЗАТИЛОВАНОЇ ПО КОЛУ

У статті розглянуті особливості оброблення зубчастих коліс за методом обкату зуборізальними гребінками. Запропонована методика проектування зуборізальних гребінок з задньою поверхнею, затилованою по колу.

Вступ. Зуборізальні гребінки призначені для обробки зубчастих коліс за методом обкату на спеціальних зубостругальних верстатах. Крива профілю зуба зубчастого колеса виходить як огинаюча послідовних положень (зрізів) прямої профілю рейки. Число зрізів при нарізуванні гребінкою не залежить від числа зубів інструменту, що має місце при нарізанні черв'ячною фрезою [1]. Воно залежить виключно від встановленої подачі, яка може бути вибрана у широкому діапазоні.

Викладення основного матеріалу. Метод обробки зубчастих коліс гребінками має низку переваг, порівняно з іншими, зокрема: простота профілю інструменту, що дозволяє виготовити її з високою точністю; можливість використання для нарізання коліс великих модулів і діаметрів (до $m = 60$ мм); відсутність накопичення похибки за кроком на відміну від довбача; висока якість обробленої поверхні і точності оброблюваних зубчастих коліс; можливість удосконалення профілю гребінки, а відповідно і зубчастого колеса.

Проте є і ряд недоліків, притаманних процесу зубонарізання гребінками, зокрема: неможливість нарізання коліс внутрішнього зачеплення, переривчастість процесу нарізання, складність конструкції та налагодження верстату.

Для обробки прямозубих та косозубих циліндричних зубчастих коліс використовують гребінки з прямими зубами. Особливістю гребінок такої конструкції є певна складність виготовлення, спричинена значною питомою вагою фрезерних операцій у загальному процесі виготовлення, та невелика кількість переточувань. Після зношення леза зуборізальної гребінки її переточують по передній поверхні. При цьому зменшується товщина гребінки, і для забезпечення жорсткості інструменту та підвищення її загальної

стійкості доводиться використовувати спеціальні підкладки з незагартованої сталі, що мають форму зубів гребінки, але менші за розмірами.

Окрім стандартних конструкцій зуборізальних гребінок запропонована і низка спеціальних інструментів у тому числі із змінними поворотними пластинами для підвищення сумарної стійкості інструменту.

На кафедрі інтегрованих технологій машинобудування НТУУ «КПІ» розроблена конструкція зуборізальної гребінки з задньою поверхнею, затилованою по колу (рис. 1).

Зуборізальна гребінка складається з корпусу 1 з посадочним отвором під оправку 2. Передня поверхня 3 вибрана у вигляді площини, а задня поверхня 4 утворюється шляхом обертання фасонної різальної кромки навколо осі гребінки. Вісь гребінки для отримання позитивного заднього кута α встановлюється нижче базової точки B на величину $h = R \cdot \sin \alpha$, де R – радіус кола вершинної точки гребінки; α – задній кут у вершинній точці леза гребінки. Виготовлення гребінки у формі тіла обертання суттєво спрощує виготовлення інструменту. Крім того, така форма задньої поверхні гребінки допускає значну кількість переточувань, що підвищує повний термін служби інструменту. Переточування інструменту здійснюється по передній площині. Для забезпечення незмінності профілю після переточувань витримують незмінним розмір l – відстань між передньою площиною та віссю гребінки.

Під час обробки зуборізальна гребінка встановлюється на оправці пристосування зубостругального верстата. Гребінка має вертально-поступальний рух вгору і вниз відносно заготовки, встановленої на вертикальній осі столу. Гребінка має контакт з оброблюваною деталлю тільки під час руху вниз. На зворотному холостому шляху вгору гребінка відводиться від зубчастого колеса. Для забезпечення руху обкатки стіл разом з закріпленою на ньому заготовкою бере участь одразу у двох рухах – прямолінійному і обертальному. Механізм обкатки працює лише під час холостого руху гребінки. Під час процесу нарізання стіл стоїть нерухомо. Оскільки гребінка має обмежену довжину, то періодично відбувається перезачеплення гребінки та зубчастого колеса. Таким чином за допомогою гребінки нарізається зубчасте колесо.

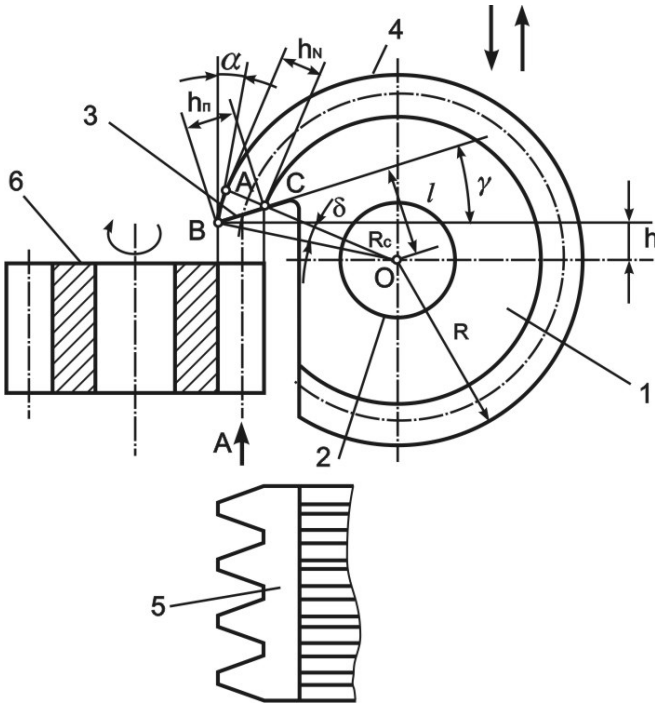


Рис. 1. Схема обробки гребінкою, затилюваною по колу

Висотні параметри профілю зуборізальної гребінки визначають, знаючи вихідний профіль інструментальної рейки. Шляхом профілювання визначаються розміри профілю гребінки у передній площині та у нормальному перерізі – діаметральній площині (рис. 1).

У передній площині висота профілю h_f визначається за формулою:

$$h_f = \frac{h_0}{\cos \gamma}, \quad 1)$$

де h_0 – висота профілю вихідного контуру; γ – передній кут гребінки. Для визначення висоти h_N профілю гребінки в осьовому перерізі розглянемо трикутник BOC , у якому кут при вершині B дорівнює $\alpha + \gamma$, кут при вершині O позначимо δ і тоді кут при вершині C

дорівнює $180^\circ - (\alpha + \gamma + \delta)$. Відповідно відрізок $OB = R_B$, відрізок $BC = h_f$, а відрізок OC позначимо R_C . Тоді

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{h_f \cdot \sin(\alpha + \gamma)}{R_B - \cos(\alpha + \gamma)}. \quad (2)$$

Радіус R_C у довільній точці профілю гребінки визначається залежністю:

$$R_C = \frac{h_f \cdot \sin(\alpha + \gamma)}{\sin \delta}. \quad (3)$$

Висота профілю гребінки в осьовому перерізі $h_N = R_B - R_C$.

Таким чином, за наведеними залежностями можна визначити профіль інструменту у передній площині та у нормальному перерізі.

Геометрія леза зуборізальної гребінки характеризується кутами: α_B – задній кут на вершині зуба; α_N – задній кут на бічній поверхні зуба; γ_B і γ_N – передні кути відповідно на вершині леза та на бічній поверхні.

Визначимо величину заднього кута на бічній поверхні прямозубої гребінки для такого випадку: модуль $m=5\text{мм}$; $\alpha_B = 5^\circ 30'$; $\gamma_B = 6^\circ 30'$; $\varphi = 20^\circ$ за формулою [4]

$$\operatorname{ctg} \alpha_N = \frac{\operatorname{ctg} \alpha_B - \operatorname{tg} \gamma_B \cdot \cos^2 \varphi}{\sin \varphi} \quad (4)$$

При цьому уздовж всієї різальної кромки леза $\alpha_N = 2^\circ 6'$. Така величина заднього кута бічної кромки може бути прийнятною лише для гребінок малих модулів, для гребінок великих модулів необхідно виконувати додаткове підточування передньої поверхні, що ускладнює технологію відновлення інструменту. Встановимо вплив форми задньої поверхні на величину заднього бічного кута. Розглянемо гребінку, у якій задня поверхня є затиловою по колу. Тоді величину бічного заднього кута визначимо за залежностями:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_i \cdot \sin \varphi; \quad (5)$$

$$\alpha_i = \delta - \gamma_B; \quad (6)$$

$$\sin \delta = \frac{R}{r} \cdot \sin(\alpha_B + \gamma_B) \quad (7)$$

де R та r – радіуси кривих затилювання відповідно вершинної точки, та деякої проміжної точки, що розглядається. Визначимо величину бічного кута за тих же умов, що і в попередньому прикладі. Виявляється, що при затилюванні по колу величина заднього бічного кута є змінною і значення кута збільшується у напрямку від вершини зуба до його основи (рис. 2)

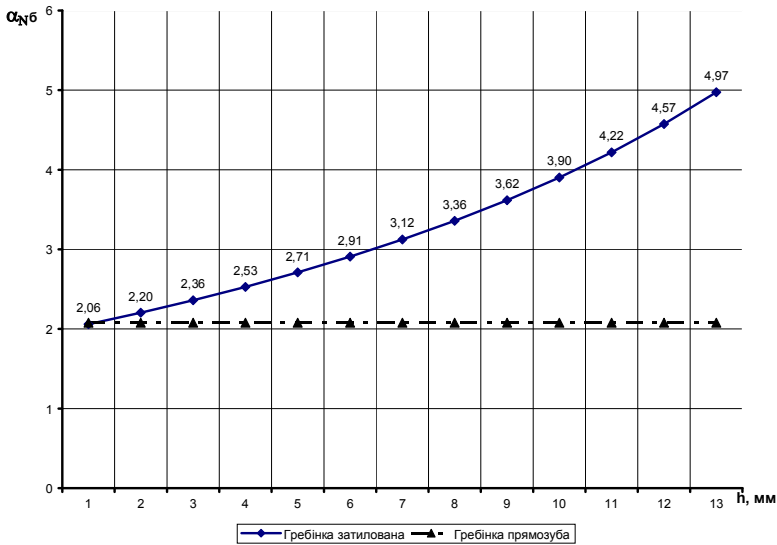


Рис. 2. Залежність заднього бічного кута від координати висоти зуба

Як видно з графіків, на вершині зуба значення бічних нормальних кутів незалежно від форми задньої поверхні мають практично однакове значення, а біля основи зуба у другому випадку збільшується практично до 5°. Це позитивно впливає на умови обробки даної ділянки леза інструменту.

Висновки. Запропонована нова конструкція зуборізальної гребінки, а саме гребінки з задньою поверхнею затилюваною по колу. Отримані залежності для визначення висоти профілю гребінки у передній площині та в осьовому перерізі. Виконаний порівняльний

аналіз бічних задніх кутів стандартної прямозубої гребінки та гребінки з круглою задньою поверхнею, встановлено що гребінки, затиловані по колу мають більші задні кути вздовж різальної кромки, що сприяє поліпшенню умов роботи інструменту.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Семенченко І.І., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н.* Проектирование металлорежущих инструментов. – М. : Машгиз, 1962. – 952 с.
2. *Родин П.Р.* Основы проектирования режущих инструментов : учебник. – К. : Вища школа, 1990. – 424 с.

АДАМЕНКО Юрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- теорія проектування інструменту;
 - інструменти для обробки полімерних композиційних матеріалів.
- Тел.: (044) 454-95-28.

РОДІН Родіон Петрович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- теорія проектування інструменту.
- Тел.: (044) 454-95-28.

МАТВІЄНКО Артур Анатолійович – студент кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування.

Подано 10.08.2011

