

ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБООБРОБЛЮЮЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЧИСТОВОЇ ОБРОБКИ ЗУБЦІВ

©О.С.Вітренко

Запропановано інструмент для накатки прямозубих та косозубих зубчастих коліс. Подана методика його проектування. Виявлені основні геометрико-кінематичні параметри процесу накатки зубців за допомогою розробленого інструмента.

Instrument for spur and helical gears rolling was proposed. Methods of its design was presented. Major geometric and kinetic parameters of gear rolling process using developed instrument were determined.

Ключові слова: гіперболоїдний накатник, зубчасте колесо, накатка, геометро-кінематичні параметри, контактні лінії.

Вступ. У великій більшості існуючих машин та механізмів застосовуються циліндричні прямозубі та косозубі зубчасті колеса. Тому якість, надійність, довговічність, а також конкурентоспроможність деталей машин значною мірою визначаються якістю виготовлення та обладнання зубчастих коліс.

В теперішній час для чистової обробки зубчастих коліс на багатьох машинобудівних заводах, використовується шевінгування, хонінгування, притирка, обкатка, накатка, накатне вигладжування, шліфування та інші методи. Це дозволяє значно знизити шорсткість поверхні, що в значній мірі покращує експлуатаційні властивості та підвищує довговічність зубчастих коліс. При цьому усі перераховані методи, зокрема шліфування, виконують на спеціальних та спеціалізованих верстатах, в яких відсутні строго узгоджені обертові рухи. Таке положення призводить до того, що помилки колового кроку виправляються недостатньо якісно. Недоліком цих способів обробки є те, що неможливо одержати однакову якість обробки бічних поверхонь зубців внаслідок нерівномірного посилення обробки вздовж висоти оброблюваних зубців [3].

Технології чистового накатування, притирки, обкатки та інших методів, дозволяють без значних витрат значно підвищити втомну міцність, зносостійкість та довговічність зубчастих передач. Чистове накатування зубців за допомогою вище перерахованих методів обробки є найбільш розповсюдженим рішенням при розробці чистової технології, що робить ці процеси доступними для кожного машинобудівного підприємства.

Основна частина. У даній статі розглядається розробка нових технологій викінчувальної обробки зубців, до яких належать способи чистової накатки та притирки. Розглянуті інструменти та технології дозволили не тільки підвищити продуктивність перерахованих вище процесів обробки, але і значно зменшити шорсткість за рахунок явища відносної швидкості ковзання, яка з'явилася за рахунок схрещення осей циліндричних зубчастих коліс та розробленого інструмента.

Для розрахунку геометрії зубців гіперболоїдного накатного інструмента у просторовому верстатному зачепленні визначимо прямозубе чи косозубе колесо у рухомій системі координат $x_1y_1z_1$.

$$\begin{aligned}x_1 &= f_1(\theta) = -r_0(\cos \theta + \theta \sin \theta) \\ y_1 &= f_2(\theta) = r_0(\sin \theta - \theta \cos \theta)\end{aligned}\tag{1}$$

де: θ - кут розвороту евольвенти; μ - відстань вздовж осі z_1 від координатної площини $o_1x_1y_1$ до перерізу інструмента.

Виразимо в аналітичному вигляді гіперболоїдні накатники за допомогою циліндричного прямозубого колеса (рис.1).

Для нашого випадку обробки введемо наступні системи координат: рухомі системи $f_1(x_1y_1z_1)$ та $f_2(x_2y_2z_2)$, пов'язані з прямозубим циліндричним зубчастим колесом та шуканим гіперболоїдним зубчастим колесом, а також нерухома система $f(xyz)$, відносно якої будемо задавати положення рухомих систем координат [5]. Усі ці системи зображені на рис. 1, де введені наступні позначення: γ - кут схрещення осей, a_w - найменша міжосьова відстань.

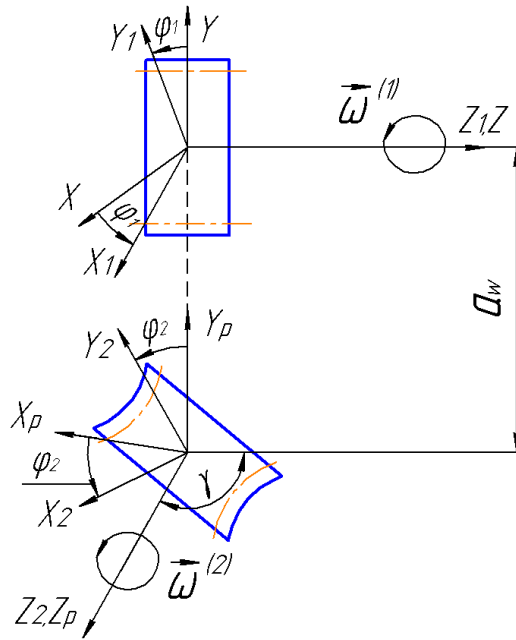


Рис. 1. Система перетворювання координат.

Перехід від системи координат $x_1y_1z_1$ до системи координат $x_2y_2z_2$ зробимо за допомогою матричного переходу:

$$M_{21} = (M_{2p} M_{p0}) M_{01} \quad (2)$$

Тоді зв'язок між координатами $x_1y_1z_1$ та $x_2y_2z_2$ з урахуванням (1) можна визначити за допомогою наступного рівняння:

$$\begin{aligned} x_2 &= -r_0(\cos \theta + \theta \sin \theta)(\cos \varphi_2 \cos \varphi_1 + \cos \gamma \sin \varphi_2 \sin \varphi_1) + r_0(\sin \theta - \\ &\theta \cos \theta)(\cos \gamma \sin \varphi_2 \cos \varphi_1 - \cos \varphi_2 \sin \varphi_1) - \mu \sin \gamma \sin y_2 + a_w \cos \varphi_2 \\ y_2 &= -r_0(\cos \theta + \theta \sin \theta)(\sin \varphi_1 \cos \gamma \cos \varphi_2 - \sin \varphi_2 \sin \varphi_1) + r_0(\sin \theta - \\ &\theta \cos \theta)(\sin \varphi_2 \sin \varphi_1 + \cos \gamma \cos \varphi_2 \cos \varphi_1) - \mu \sin \gamma \cos \varphi_2 - a_w \sin \varphi_2 \end{aligned} \quad (3)$$

$$z_2 = -r_0(\cos \theta + \theta \sin \theta) \sin \gamma \sin \varphi_1 + r_0(\sin \theta - \theta \cos \theta) \sin \gamma \cos \varphi_1 + \mu \cos \gamma$$

Рівняння (3) являє собою сімейство поверхонь зубців шуканого багатозахідного гіперболоїдного інструмента [1,2]. Для зв'язку параметрів φ_1 , θ та μ знайдемо рівняння зв'язку у наступному вигляді:

$$\vec{N} \cdot \vec{V}^{(12)} = 0 \quad (4)$$

де: $\vec{N}$ - вектор нормалі до контактуючих поверхонь; $\vec{V}^{(12)}$ - відносна швидкість ковзання контактуючих поверхонь.

Сукупність рівнянь (3) та (4) описує геометрію поверхні зубців шуканого гіперболоїдного інструмента. За допомогою методів диференційного числення, одержимо рівняння зв'язку (5) у наступному вигляді:

$$F(\theta, \mu, \varphi_1) = 0 \quad (5)$$

Якість обробки зубчастих коліс в значній мірі залежить від відносної швидкості ковзання, кута між вектором відносної швидкості та напрямом контактних ліній, приведеної кривизни, а також від сумарної швидкості переміщення поверхонь у напрямку перпендикулярному контактним лініям. У зв'язку з цим проведено дослідження та одержані відносні швидкості ковзання інструмента по зубчастому колесу у вигляді:

$$\begin{aligned} V_x^{(12)} &= y(u_{21} \cos \gamma - 1) - zu_{21} \sin \gamma; \\ V_y^{(12)} &= x(1 - u_{21} \cos \gamma) - Au_{21} \cos \gamma; \\ V_z^{(12)} &= (x + A)u_{21} \sin \gamma; \end{aligned} \quad (6)$$

Чисельний аналіз наведених вище виразів показує, що на накатниках, одержаних у різноманітних перетинах тіла типу однополосного гіперболоїду відносні швидкості ковзання, сумарні швидкості, кути між контактною лінією та швидкістю ковзання змінюються у широких межах. Головне значення для формування цих показників має вибір перетину гіперболоїда для шуканого інструмента, а також передавальне відношення u_{21} і кут схрещення осей γ .

Таким чином, у кожному конкретному випадку обробки можливо керувати швидкостями $\vec{V}^{(12)}$, U_r , а також змінювати кут $\text{tg}V_r$, та приведену кривизну $x_{\text{пр}}$, які впливають на технологію обраної обробки у широких межах.

Висновки. В аналітичному вигляді одержані принципово нові гіперболоїдні інструменти для накатки зубців циліндричних зубчастих коліс за допомогою інструментальних привідних циліндричних зубчастих коліс з евольвентним профілем. Знайдені основні геометричні та кінематичні параметри накатки зубців зубчастих коліс. Визначені оптимальні конструктивні параметри розробленого накатного інструмента. Знайдені особливі точки, які дозволяють ще на стадії проектування проаналізувати правильність виготовлення розробленого інструмента. Знайдені особливості технології виготовлення зубчастих коліс за допомогою розробленого гіперболоїдного інструмента. Визначені основні режими обробки таких зубчастих коліс.

1. Витренко В.А. Гиперболоидные инструменты для обработки и отделки цилиндрических прямозубых зубчатых колёс. Докт. диссертация, - Луганск, 1995. - 305с. 2. Давыдов Я.С. Неэвольвентное зацепление. - М., „Машигиз”, 1950, 121 с. 3. Инструмент для современных технологий. Справочник / Под общей редакцией А.Р. Маслова/- М. Изд-во «ИТО». 2005,-248с. технологічних систем», Краматорск, 2007, вып. 21, с. 298-302. 4. Коростелев Л.В. Кинематические показатели несущей способности пространственных зацеплений. - Изв. вузов. Машиностроение, 1964, №10, с. 15-21. 5. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. - М., Наука, 1968, 584 с.