

кут нахилу зубців на гіперболоїдному інструменті, вибраному із верхньої частини односмугового гіперболоїда, повинен бути правим. За кута схрещування осей $0^\circ < \gamma < 90^\circ$ кут нахилу зубців на гіперболоїдному інструменті, вибраному із нижньої частини односмугового гіперболоїда, повинен бути лівим.

Отже, у цій роботі вдалося нарізати зубці на односмуговому гіперболоїді, що до сьогодні не вдавалося через конструкцію зубообробного верстата, яка впливає на їх кінематику. Тому у попередніх дослідженнях нарізували зубці на квазігіперболоїдній заготовці та заготовці типу односмуговий гіперболоїд.

Висновки. Вперше отримані у теоретичному вигляді та обґрунтовані гіперболоїдні обкатні інструменти, одержані за допомогою інструментальної поверхні, що повністю збігається з поверхнею формоутворювального зубчастого колеса. Доведено, що під час утворення поверхонь зубців зубчастих коліс зубонарізного інструмента на зубофрезерному верстаті вони повинні мати такий самий відносний рух, який вони мають під час нарізання зубців за допомогою цього інструмента. На практиці вдалося спроектувати та виготовити такі зубчасті інструменти на серійному зубооброблювальному обладнанні без його модернізації. Вдалося на зубофрезерному верстаті пересувати зубчасте колесо уздовж прямолінійної кривої формотвірного односмугового гіперболоїда.

1. Цвис Ю.В. Профилирование режущего обкатного инструмента. – М.: Машиз, 1961. – 156 с. 2. Кириченко И.А. Создание гиперболоидных передач с линейным контактом зубьев на базе специальных режущих инструментов: дисс. ... докт. тех. наук.: 05.02.02 – “Машиноведение”. – Луганск, 2004. – 350 с. 3. Родин П.Р., Климов В.И. Технология изготовления зуборезного инструмента. – К.: Техника, 1982. – 207 с.

УДК 621.9

О.С. Вітренко

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБООБРОБНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЧИСТОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗУБЦІВ

© Вітренко О.С., 2013

Запропоновано інструмент для накатки прямозубцевих та косозубцевих зубчастих коліс. Подано методику його проектування. Виявлено основні геометрично-кінематичні параметри процесу накатки зубців за допомогою розробленого інструменту.

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.

Вступ. У багатьох існуючих машинах та механізмах застосовуються циліндричні прямозубцеві та косозубцеві зубчасті колеса. Тому якість, надійність, довговічність та конкурентоспроможність деталей машин значною мірою визначаються якістю виготовлення та обладнання зубчастих коліс.

Сьогодні для чистового оброблення зубчастих коліс на багатьох машинобудівних заводах використовується шевінгування, хонінгування, притирка, обкатка, накатка, накатне вигладжування,

шліфування та інші методи. Це дає змогу знизити шорсткість поверхні, що значною мірою покращує експлуатаційні властивості та підвищує довговічність зубчастих коліс. При цьому усі перераховані методи, зокрема шліфування, виконують на спеціальних та спеціалізованих верстатах, в яких відсутні чітко узгоджені обертові рухи. Таке положення призводить до того, що помилки колового кроку виправляються недостатньо якісно. Недоліком цих способів оброблення є те, що неможливо одержати однакову якість оброблення бічних поверхонь зубців внаслідок нерівномірного посилення оброблення вздовж висоти оброблюваних зубців [3].

Технології чистового накатування, притирки, обкатки та інших методів дають змогу без значних витрат підвищити втомну міцність, зносостійкість та довговічність зубчастих передач. Чистове накатування зубців за допомогою вищеперерахованих методів оброблення є найрозповсюдженішим рішенням під час розробки чистової технології, що робить ці процеси доступними для кожного машинобудівного підприємства.

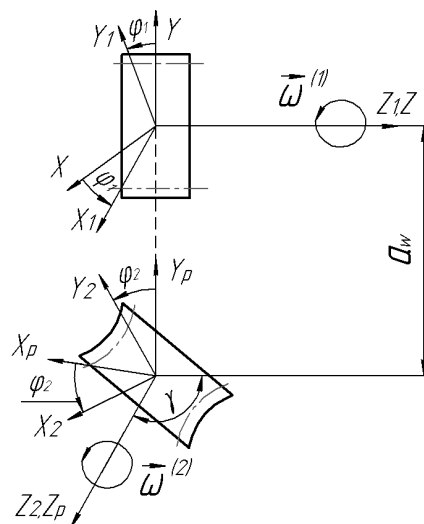
Основна частина. У цій роботі розглядається розробка нових технологій викінчувального оброблення зубців, до яких належать способи чистової накатки та притирки. Розглянуті інструменти та технології дали змогу не тільки підвищити продуктивність вищеперерахованих процесів оброблення, але й значно зменшити шорсткість за рахунок явища відносної швидкості ковзання, яка з'явилася через схрещення осей циліндричних зубчастих коліс та розробленого інструменту.

Для розрахунку геометрії зубців гіперболоїдного накатного інструменту у просторовому верстатному зачепленні визначимо прямозубцеве чи косозубцеве колесо у рухомій системі координат $x_1y_1z_1$:

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

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 прямозубцевого колеса (рисунок).



Система перетворювання координат

Для нашого випадку оброблення введемо такі системи координат: рухомі системи $f_1(x_1y_1z_1)$ та $f_2(x_2y_2z_2)$, пов'язані з прямозубцевим циліндричним зубчастим колесом та

шуканим гіперболоїдним зубчастим колесом, а також нерухому систему $f(xyz)$, стосовно якої задаватимемо положення рухомих систем координат [5]. Усі ці системи зображені на рисунку, де введені такі позначення: γ – кут схрещування осей, a_w – найменша міжосьова відстань.

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 такого рівняння:

$$\begin{aligned} x_2 &= -r_0(\cos\theta + \theta\sin\theta)(\cos\varphi_2\cos\varphi_1 + \cos\gamma\sin\varphi_2\sin\varphi_1) + r_0(\sin\theta - \\ &\theta\cos\theta)(\cos\gamma\sin\varphi_2\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2\sin\varphi_1) - \mu\sin\gamma\sin\varphi_2 + a_w\cos\varphi_2 \\ y_2 &= -r_0(\cos\theta + \theta\sin\theta)(\sin\varphi_1\cos\gamma\cos\varphi_2 - \sin\varphi_2\sin\varphi_1) + r_0(\sin\theta - \\ &\theta\cos\theta)(\sin\varphi_2\sin\varphi_1 + \cos\gamma\cos\varphi_2\cos\varphi_1) - \mu\sin\gamma\cos\varphi_2 - a_w\sin\varphi_2 \\ z_2 &= -r_0(\cos\theta + \theta\sin\theta)\sin\gamma\sin\varphi_1 + r_0(\sin\theta - \theta\cos\theta)\sin\gamma\cos\varphi_1 + \mu\cos\gamma. \end{aligned} \quad (3)$$

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 такому 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 такому вигляді:

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

Якість оброблення зубчастих коліс значною мірою 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 до контактних ліній. У зв'язку з цим проведено дослідження щодо відносних швидкостей 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 вищенаведених виразів показує, що на накатниках, одержаних у різноманітних перетинах тіла типу односмугового гіперболоїда, 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 схрещування осей γ .

Отже, у кожному конкретному випадку оброблення 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 обраного оброблення у широких межах.

Висновки. В аналітичному вигляді одержано принципово нові гіперболоїдні інструменти для накатки зубців циліндричних зубчастих коліс за допомогою інструментальних привідних циліндричних зубчастих коліс з евольвентним профілем. Знайдено основні геометричні та

кінематичні параметри накатки зубців зубчастих коліс. Визначено оптимальні конструктивні параметри розробленого накатного інструменту. Знайдено особливі точки, які дають змогу ще на стадії проектування проаналізувати правильність виготовлення розробленого інструменту. Знайдено особливості технології виготовлення зубчастих коліс за допомогою розробленого гіперболоїдного інструменту. Визначено основні режими оброблення таких зубчастих коліс.

1. Витренко В.А. Гиперболоидные инструменты для обработки и отделки цилиндрических прямозубых зубчатых колёс: дис. ... д-ра техн. наук. – Луганск, 1995. – 305 с. 2. Давыдов Я.С. Незвольвентное сцепление. – М.: Машигиз, 1950. – 121 с. 3. Инструмент для современных технологий: справочник / под общ. ред. А.Р. Маслова. – М.: Изд-во “ИТО”, 2005. – 248 с. 4. Коростелев Л.В. Кинематические показатели несущей способности пространственных сцеплений // – Изв. вузов. Машиностроение. – 1964. – №10. – С. 15–21. 5. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых сцеплений. – М.: Наука, 1968. – 584 с.

УДК 621.941.2-229.323

І.В. Луців, В.Н. Волошин, Р.О. Бица

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АДАПТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІЗМІВ ЗАТИСКУ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТОКАРНОГО ОБРОБЛЕННЯ

© Луців І.В., Волошин В.Н., Бица Р.О., 2013

Наведені результати теоретичних досліджень адаптивних затискних елементів токарних патронів, які створені навмисним введенням до їх конструкції зон деформації. З використанням САД/САЕ-систем проведена оцінка умов затиску у зоні контакту між адаптивними затискними елементами та поверхнею затиску. Проаналізовано напружений стан зони адаптації запропонованих затискних кулачків.

The scientific paper deals with the theoretical investigations results of turning clamping chucks adaptive clamping elements made by intentional imposition of deformation zones in their design. The estimation of clamping conditions in the contact zone between adaptive clamping elements and clamping surface was carried out with a help of CAD/CAE systems. The stress state of the given clamping cam adaptive zone was analyzed.

Постановка проблеми. Існуючі сьогодні способи охоплення розмірів заготовок під час затиску по циліндричних поверхнях затискними патронами (ЗП) на автоматизованому обладнанні для токарного оброблення та модулів на його основі реалізуються за трьома основними схемами: дискретній; неперервній; дискретно-неперервній. Під час реалізації таких схем охоплення затискний елемент (ЗЕ) має так звану “фіксовану” геометрію поверхні затиску. Затиск по циліндричній поверхні більшого чи меншого діаметра призводить до того, що прилягання ЗЕ відбувається по певних зонах контакту, в яких виникають високі поверхневі тиски. За затиску заготовки по чорнових базах – це допустиме явище, проте за затиску по оброблених чистових базах на кінцевих операціях технологічного процесу відбувається