

СХЕМИ І ЯКІСТЬ ФОРМОУТВОРЕННЯ КОНІЧНИХ ЗУБЧАТИХ КОЛІС
З ПОСТІЙНИМ НОРМАЛЬНИМ КРОКОМ ДЛЯ ДВОПАРАМЕТРИЧНИХ
ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ

Миرونенко О.Л.,

доцент кафедри інтегрованих технологій машинобудування

Гуцаленко Ю.Г.,

ст. науковий співробітник кафедри

інтегрованих технологій машинобудування

Третьяк Т.Є.,

старший викладач кафедри

інтегрованих технологій машинобудування

Миرونенко С.О.,

студент факультету

комп'ютерних та інформаційних технологій

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

м. Харків, Україна

Визначення способів формоутворення неевольвентних зубчатих коліс для спеціальних передач і проведення віртуальних досліджень цих способів на стадії проектування для вибору переваг в інтересах забезпечення функціональної якості і довговічності таких коліс і механізмів є основоположним завданням розгортання та реновації відповідних виробництв механічної обробки в галузях промисловості, які традиційно визначають економічний уклад країн з розвиненою економікою, особливо авіаційно-космічної, військово-промислового комплексу, транспортному машинобудуванні.

Такі дослідження проводилися над двопараметричними передачами, основою яких є зубчаті колеса з постійним нормальним кроком і еквідистантними лініями зубів на різних поверхнях обертання, синтезу варіаторів на основі яких присвячена робота [1], виконана свого часу одним з видних конструкторів-танкобудівників В. Р. Ковалюхом [2, с. 91]. У таких передачах є можливість змінювати взаємне положення зубчатих коліс і кутів

схрещування їх осей під час передачі крутного моменту.

Математичною базою досліджень була теорія відображення афінного простору [3, с. 4, 35]. Це дозволило створити компактні, уніфіковані геометричні моделі формоутворення і складені на їх базі кінематичні схеми.

При створенні моделей формоутворення враховувалися конструкторські вимоги – забезпечення необхідної міжцентрової відстані і діапазону зміни кута схрещування осей, а також забезпечення показників якості – сталості плями контакту і використання всієї поверхні складного профілю зуба по всій його довжині, що забезпечує підвищення несучої здатності, зменшення шумності, маси і габаритів виробу.

У досліджуваних передачах зубчаті колеса мають близьку до точки пляму контакту, це викликає високі тиск і температуру в цій зоні, отже, при створенні моделей формоутворення цієї особливості приділено особливу увагу. При моделюванні вирішується зворотна задача формоутворення, при якій визначається не інструментальна поверхня, а поверхня зуба, що формоутворюється при заданих рухах інструменту щодо заготовки.

Застосований при моделюванні і дослідженнях математичний метод 3D моделювання дозволив провести паралель між утворюванням зрізу і формоутворенням. Формотворний елемент представлений перетином множин точок, що належать поверхні різання і заданої поверхні оброблюваної деталі [4, с. 16].

Досліджувалися три моделі формоутворення, засновані на копіючих і обкатних фасонних інструментах з лінійним торканням і обкатних із крапковим торканням.

Всі моделі включають рівняння вихідного положення гвинтової лінії зуба з постійним нормальним кроком і змінним кутом нахилу, формотворного елемента і руху вздовж лінії зуба, а всі описи представлені в операторній, матричній і параметричній формах запису. Це дозволило значно спростити процес їх порівняльного аналізу.

У першій моделі (таблиця 1, верхній рядок) формотворчим елементом є різуча кромка фасонного інструменту, що здійснює формотворний рух уздовж

лінії зуба оброблюваного колеса. Протягом усього циклу формоутворення формотворна лінія контактує з поверхнею зуба, що формоутворюється, усіма своїми точками, отже, ця поверхня є кінематичної і збігається з поверхнею різання. Ця модель в матричній формі представлена рівнянням (1):

$$m_{r_1} = m_{\psi} m_{\varepsilon} m_{\beta} m_{r_2} + m_{\psi} m_{\varepsilon} (m_u + m_{R_2}) + m_{\psi} m_{R_1}, \quad (1)$$

де m_{ε} m_{β} m_{R_1} m_{R_2} – матриці вихідного положення; m_{ψ} m_u – матриці рухів; m_{R_2} m_{R_1} – матриці опису кромки фасонного інструменту.

У другій моделі (таблиця 1, середній рядок) формоутворювальний елемент заснований на інструментальній поверхні обертання з фасонним профілем, що має миттєве лінійне торкання з поверхнею, що формоутворюється. У цьому випадку поверхня западини знаходиться як однопараметрична огинаюча сімейства поверхонь, що є виробляючими, при відносному русі. Була доведена необхідність і визначено інтервал значень для здійснення додаткового довороту формотворного елемента при пересуванні його уздовж лінії зуба. Ця модель представлена рівнянням (2):

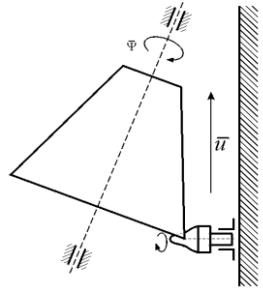
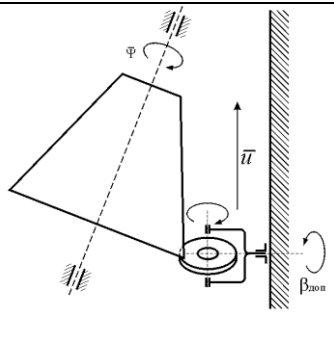
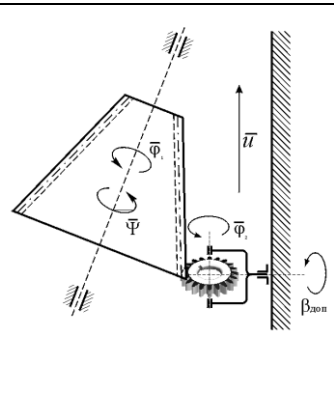
$$m_{r_1} = m_{\psi_2} m_{\psi_1} m_{\varepsilon} m_{\beta_{\text{дон}}} m_{\beta} m_{r_2} + m_{\psi_2} m_{\psi_1} m_{\varepsilon} (m_u + m_{R_2}) + m_{\psi_2} m_{\psi_1} m_{R_1}, \quad (2)$$

де введені додаткові матриці руху довороту $m_{\beta_{\text{дон}}}$ і відносного руху інструмента m_{ψ_2} .

У третій моделі (таблиця 1, нижній рядок) формоутворювальний елемент являє собою двопараметричне сімейство поверхонь, що є виробляючими, з крапковим торканням з бічною поверхнею зуба колеса, що формообразується. В цьому випадку моделюється верстатне зачеплення, яке збігається з робочим (3):

$$m_{r_1} = m_{\varphi_1} m_{\psi} m_{\varepsilon} m_{\beta_{\text{дон}}} m_{\beta} m_{\varphi_2} \left(m_{\varphi_2}^T m_{\beta}^T m_{\beta_{\text{дон}}}^T m_{\varepsilon}^T m_{\psi}^T m_{r_1} - m_{\psi_2}^T m_{\beta}^T m_{\beta_{\text{дон}}}^T (m_{\varepsilon}^T m_R + m_{R_2} + m_u) \right) + m_{\varphi_1} m_{\psi} m_{\varepsilon} (m_u + m_{R_2}) + m_{\varphi_1} m_{\psi} m_R \quad (3)$$

Таблиця 1 – Описи і вигляд кінематичних схем нарізання конічних коліс з постійним нормальним кроком [5, с. 222-225]

<p>Кінематична схема реалізує перший спосіб формоутворення. Інструментом є пальцева фреза з фасонним профілем, яка здійснює прямолінійний рух уздовж твірної конуса, а конічна заготовка від незалежного приводу робить обертовий рух.</p>	
<p>Кінематична схема реалізує другий спосіб формоутворення. Інструментом є дискова фреза з фасонним профілем, яка здійснює прямолінійний рух уздовж твірної конуса, обертання навколо своєї осі та обертальний рух довороту. Конічна заготовка обертається від незалежного приводу.</p>	
<p>Кінематична схема реалізує третій спосіб формоутворення. Інструментом є зуборізний довбач або хон, що здійснює обкатний рух, що повторює робоче зачеплення. Інструмент здійснює обертання навколо своєї осі, навколо заготовки, обертальний рух довороту і прямолінійний рух уздовж твірної конуса. Конічна заготовка здійснює реверсивне обертання навколо осі.</p>	

Всі розглянуті моделі включають початкове положення інструмента щодо заготовки, а також подачу вздовж лінії зуба з параметрами паралельного перенесення і одночасного обертання навколо осі заготовки. У них має місце постійне ускладнення кінематики шляхом нарощування кількості рухів при переході від першого до другого і до третього способу формоутворення. У реалізації цих кінематичних схем на верстатах з ЧПК відповідно досяжні різні якості і собівартість обробки.

Формоутворення за першим способом вельми проблемно по точносних можливостях, особливо в розгляді щодо більш інтенсивного зносу фасонного інструменту з втратою заданої форми і, відповідно, більш частотої його зміни,

установці і налагодженні на верстаті. Ця схема може служити для попередньої обробки.

Друга модель є більш точною, але має два суттєвих обмеження, присутніх і в першій моделі: лінійний контакт інструментальної поверхні обмежує отримання точного бокового профілю, а необхідність введення механізму поділу призводить до накопичення помилки на останньому зубі. Даний спосіб можна використовувати для виробництва коліс із середніми показниками якості.

Третій спосіб виключає всі перераховані вище недоліки, однак вимагає дорогого устаткування. Цей спосіб дозволяє отримувати теоретично точні профілі бічних поверхонь, а також вести обробку методом обкатки, що дозволяє виготовляти досліджувані колеса з високими показниками якості в розгляді в цілому.

Література:

1. Ковалюх, В. Р. Синтез зубчатых вариаторов на основе колес с равновысокоширокими зубьями и впадинами : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.18. – теория механизмов, машин и автоматических линий / В. Р. Ковалюх. – Харьков, 1982. – 206 с.

2. Танки и люди. Дневник главного конструктора А. А. Морозова / [авт.-сост. В. Л. Чернышев]. – Харьков : [ХИТВ], 2007. – 275 с.

3. Перепелица, Б. А. Отображения аффинного пространства в теории формообразования поверхностей резанием / Б. А. Перепелица. – Х. : Вища шк., 1981. – 152 с.

4. Перепелица, Б. А. Автоматизированное профилирование режущих инструментов (теория и алгоритмы) : Учеб. пособие / Б. А. Перепелица. – Харьков : ХПИ, 1985. – 107 с.

5. Создание теории унифицированной многопараметрической информационной базы для CAD/CAM систем зубчатых зацеплений, инструментов и процессов зубообработки : Отчет о НИР (заключит.) / Нац. техн. ун-т «Харк. политехн. ин-т»; рук. Б. Перепелица и В. Доброскок. – Харьков, 2009. – 452 с. – № ГР 0108U001445. – Инв. № 0210U001273.