

УДК 621.914.5

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНІЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ІЗ УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ ВИРОБНИЧИХ ТЕНДЕНЦІЙ

А. Г. Кузьменко¹, Є. В. Басова²

¹ магістрант кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

² доцент кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

e.v.basova.khpi@gmail.com

Конічні зубчасті передачі з круговими зубами, а також прямозубі конічні передачі знаходять широке застосування в авіаційних двигунах, трансмісіях вертольотів, в задніх мостах автомашин, сільгосптехніки, судах, обробному обладнанні, у тому числі і у верстатобудуванні та інших технічних пристроях, тобто там де висока точність є шуканою. Проте виготовлення кожної пари пов'язане зі значними труднощами, оскільки нарізування таких коліс можна віднести до одних з найбільш складних процесів зубообробки. Тому на стадії підготовки виробництва передач з наближеним зачепленням поряд із завданням синтезу необхідно вирішувати задачу аналізу зачеплення зубчастої пари, тобто проводити експертну оцінку набору значень геометричних параметрів пари і налагоджень з метою прогнозування експлуатаційних властивостей майбутньої передачі. Тільки за отриманими результатами вирішення чисельної задачі аналізу зубчастих зачеплень може бути винесене судження щодо придатності синтезованої передачі.

Метою роботи є надання рекомендацій щодо скорочення термінів і мінімізації витрат на підготовку виробництва конічних зубчастих передач шляхом розробки рекомендацій щодо перспективної технології виготовлення деталі з урахуванням точності виготовлення і монтажу на основі залучення математичного апарату для моделювання процесів формоутворення та зачеплення зубчастих передач в умовах одиничного виробництва малими та середніми машинобудівними підприємствами.

Із аналізу світової та вітчизняної літератури встановлено, що ефективність використання верстатів із ЧПУ можлива лише при умові виготовлення деталей, що у конфігурації мають складно-профільні поверхні, що, напевно, обумовлено можливістю істотного зменшення чисельності застосовуваного обладнання, пристосувань, схем базувань та закріплень. Саме тому при виготовленні деталей складної просторово-геометричної форми в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва використання верстатів з ЧПУ є практично єдиним економічно обґрунтованим рішенням. Однак застосування такого обладнання потребує обґрунтованого вибору інструменту та стратегій обробки складно-профільних поверхонь.

В результаті проведених досліджень були виділені бажані стратегії оброблення конічних зубчастих коліс на багатокоординатному керованому обладнанні. Серед таких стратегій особливий інтерес представляє стратегія 5^{ти} осьової синхронної обробки, що пояснюється впливом кількості осей обробки, задіяних в процесі формування якісних характеристик кінцевої поверхні виробу. Однак для прогнозування якості оброблюваних поверхонь необхідно розуміти особливості орієнтації інструменту при реалізації обраної стратегії. Тому нами була розроблена математична модель оцінки траєкторії руху кінцевої фрези із урахуванням її подачі при реалізації обробки зуба на 5^{ти} координатному токарно-фрезерному обробному центрі (1).

$$\begin{bmatrix} x_{p(i,k)}^3 \\ y_{p(i,k)}^3 \\ z_{p(i,k)}^3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_0^3 + \left(\frac{f_x \alpha}{2\pi}\right) \\ 0 & 1 & 0 & y_0^3 + \left(\frac{f_y \alpha}{2\pi}\right) \\ 0 & 0 & 0 & z_0^3 + \left(\frac{f_z \alpha}{2\pi}\right) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\gamma) & \sin(\gamma) & 0 & 0 \\ -\sin(\gamma) & \cos(\gamma) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\beta) & 0 & \sin(\beta) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\beta) & 0 & \cos(\beta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \\
 \times \begin{bmatrix} \cos(\alpha + \alpha_0) & \sin(\alpha + \alpha_0) & 0 & 0 \\ -\sin(\alpha + \alpha_0) & \cos(\alpha + \alpha_0) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{p(i,k)}^T \\ y_{p(i,k)}^T \\ z_{p(i,k)}^T \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

де α – кут повороту інструменту, що змінюється від 0 до $\alpha_I - \alpha_0$;

α_0 – кут повороту інструмента, коли центральна точка вістря інструменту знаходиться в точці O;

β – кут нахилу фрези;

γ – кут підйому гвинтової лінії стружквідводної канавки фрези;

f_x, f_y і f_z – складові подачі інструменту,

Така математична модель описує траєкторії руху різальної крайки кінцевої фрези, що дає можливість спрогнозувати геометричну складову якості поверхні зуба шестерні при його обробленні на верстаті із ЧПУ.

За допомогою пакетного математичного моделювання виконували дослідження теоретичного формування поверхневої мікрогеометрії зуба конічної шестерні. Що дозволило зазначити те, що мікрогеометрія поверхні зуба формується з послідовних положень точок різальної крайки фрези при її обертовому русі. Мікрогеометрія моделювалась у прямокутній області у продовж власної системи координат заготовки. Ця область ділилася на дискретну кількість площин, що є перпендикулярними осям координат системи координат заготовки X_3 та Y_3 . Для кожної площини, із урахуванням траєкторії переміщення точок різальної крайки (1) сформована математична модель передбачає теоретичну поведінку поверхні заготовки в області, що охоплюється різальними крайками інструменту під час його руху із урахуванням величини подачі. Результатом моделювання мікропрофілю зуба є перелік найнижчих позицій сліду інструменту в кожній площині із заданої їх множини. Це дозволило нам теоретично спрогнозувати тривимірний мікропрофіль обробленої поверхні зуба, обмежену прямокутною областю. Що дозволяє аналізувати профілі, та стратегії їх оброблення.

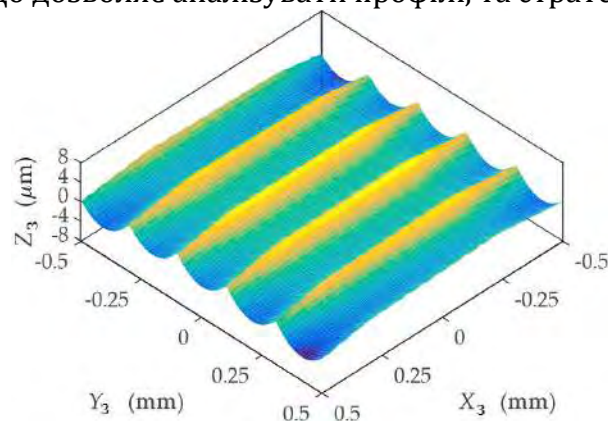


Рис. 1 – Тривимірне моделювання прогнозованого мікропрофілю зуба після обраної стратегії 5-ти-координатного фрезерування