

УДК 621.9.025.1 : 621.833.1

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО НАРІЗАННЯ ЗУБЦІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ДИСКОВИМИ ФРЕЗАМИ РАДІАЛЬНО-КОЛОВИМ КІНЕМАТИЧНО АДАПТОВАНИМ БЕЗПЕРЕРВНИМ ФОРМОУТВОРЕННЯМ

Я.М. Литвиняк

Кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, e-mail: ltvnkya@i.ua

Анотація. В роботі проведено теоретичне дослідження впливу конструктивних та технологічних чинників на отримання у циліндричних колесах зубців з модифікованим евольвентним профілем новим, перспективним радіально-коловим кінематично адаптованим способом безперервного формоутворення дисковими фрезами.

Ключові слова: зубчасті циліндричні колеса, нарізання зубців, дискові фрези, спосіб радіально-колового формоутворення.

SIMULATION EFFECTIVE CUTTING TEETH OF CYLINDRICAL GEAR-WHEELS WITH DISK MILLING CUTTERS BY RADIAL-AND-ROUND KINEMATICS ADAPTABILITY CONTINUOUSLY SHAPING PROCESS

Yaroslav Lytvyniak

PhD, Associated Professor of Manufacturing Engineering Department, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: ltvnkya@i.ua

Abstract. There are conducted theoretical research of influence design and technological factors on derivable in cylindrical gear-wheels with modification involute profile by new and perspective radial-and-round kinematics adaptability continuously shaping process method with disk milling cutters.

Keywords: cylindrical gear-wheels, cutting of tooth, disk milling cutters, radial-and-round shaping process.

Вступ. Сучасні машини, механізми та обладнання розроблення, видобування, транспортування, перероблення корисних копалин у гірничовидобувній промисловості споряджені приводами у яких зубчасті, зокрема циліндричні передачі, займають чільне місце. Важкі умови роботи, високі вимоги до довговічності, ремонтпридатності, а від так великі матеріальні вкладення визначають особливе ставлення до приводів, які в багатьох випадках визначають можливість виконання різноманітним технологічним та транспортним обладнанням відповідних функцій. Зубчасті колеса циліндричних зубчастих передач приводів належать до найбільш складних, як за фо-

рмою бокових поверхонь зубців, а від так за технологією виготовлення. Циліндричні зубчасті колеса належать до класу таких деталей, що повністю виготовляються заново і при виготовленні нових приводів і, здебільшого, при ремонті застосовуваних. Тому, загальна кількість зубчастих коліс, що виготовляються, є значною. Функціональні характеристики циліндричних зубчастих передач забезпечуються на технологічних операціях виготовлення зубчастих коліс зокрема на операціях зубонарізання, серед яких найбільш поширеними і вагомими є зубофрезерні операції - за вартістю металорізальних інструментів (черв'ячних фрез) та верстатів, відносно низькою продуктивністю, значними виробничими витратами, значною собівартістю та значним впливом на кінцеві параметри точності зубчастих коліс. Технологічні особливості суттєво ускладнюються при виготовленні циліндричних зубчастих коліс середніх та великих модулів.

Пошук, розроблення та впровадження нових процесів нарізання зубчастих коліс на зубофрезерних операціях для покращення техніко-економічних показників технологічних процесів виготовлення циліндричних зубчастих коліс, належить до важливих та актуальних задач у машинобудуванні.

До перспективних процесів, що можуть забезпечити підвищення ефективності зубофрезерних операцій, належить спосіб радіально-колового нарізання циліндричних зубчастих коліс (РК). Цей спосіб виконується на зубофрезерному верстаті за допомогою дискової фрези, що встановлюється з ексцентриситетом на інструментальній оправці (замість черв'ячної фрези). Обертання інструментальної оправки та заготовки нарізаного циліндричного зубчастого колеса здійснюється безперервно, а сам процес зубонарізання полягає у періодичному вифрезеровуванні ексцентрично встановленою дисковою фрезою міжзубцевої западини з послідовним оминанням зубця колеса. Зубофрезерний верстат налагоджується аналогічно застосовуваним черв'ячним фрезам. Відмінність способу РК від традиційного зубонарізання черв'ячними фрезами полягає у відносно меншій вартості дискових фрез, можливості здійснити збільшення частоти обертання дискової фрези відносно частоти обертання інструментальної оправки (шпинделя) зубофрезерного верстата. Однак, використання результатів проведених досліджень не забезпечує отримання циліндричних зубчастих коліс придатних для застосування у реальних зубчастих передачах [1], оскільки, нарізані зубці колеса мають синусоподібний профіль, який в багатьох випадках не забезпечує взаємну спряжуваність зубців коліс в передачі, а товщина окремого нарізаного зубця колеса значно менша від потрібної товщини зубця на ділільному діаметрі на величину, що приблизно рівна подвійній ширині різальних зубців використовуваної дискової фрези. Отже, практичне застосування перспективного способу радіально-колового формоутворення для отримання

профілю зубців циліндричних коліс придатних для застосування в реальних передачах можливе за рахунок детального дослідження кінематичних, технологічних та конструктивних особливостей процесу зубонарізання.

Мета роботи. Моделювання впливу конструктивно-технологічних чинників на отримання у циліндричних колесах зубців з модифікованим евольвентним профілем новим способом радіально-колового кінематично адаптованого безперервного формоутворення дисковими фрезами.

Матеріал і результати досліджень. Досліджуваний процес нарізання зубців характеризується тим, що миттєва вісь обертання системи заготовка зубчастого колеса – дискова фреза, що обертається з ексцентриситетом навколо осі інструментальної оправки із періодичною змінною кутовою швидкістю, розташована у площині зміщеній відносно площини, що проходить через міжосьовий перпендикуляр, що з'єднує осі обертання нарізуваного зубчастого колеса та обертання інструментальної оправки, а отримані параметричні рівняння модифікованого евольвентного профілю прямозубого колеса мають такий вигляд:

$$X_2 = (R_m + r \cdot (1 - \sin \alpha_2)) \cdot \cos \varphi_2 + [(\delta - r) + r \cdot \cos \alpha_2] \cdot \sin \varphi_2 ;$$

$$Y_2 = (R_m + r \cdot (1 - \sin \alpha_2)) \cdot \sin \varphi_2 - [(\delta - r) + r \cdot \cos \alpha_2] \cdot \cos \varphi_2 ,$$

де δ - половина загальної товщини зубця дискової фрези; Z та φ_2 – відповідно число зубців та кут повороту нарізуваного зубчастого колеса ($\varphi_2 = \varphi_1 / Z$); φ_1 – змінний кут повороту ексцентрикової частини інструментального пристрою; R_m – радіус периферійної точки дискової фрези ($R_m = 0,5 \cdot m \cdot Z + e \cdot \cos \varphi_1$); e – ексцентриситет встановлення дискової фрези; $h = ((a_r - e_r) / (a_r + e_r))^k \cdot (\cos^2(\varphi_1 / 2) / \cos^2(\varphi_{01} / 2)) \cdot e \cdot Z \cdot \sin \varphi_1$ - відстань від осі обертання заготовки до миттєвої осі обертання; r - радіус заокруглення різальної частини зубця дискової фрези; $\alpha_2 = \arctg((R_m + r) / (h - \delta + r))$ - кут точки контакту на різальному зубці.

Висновок. Застосування сукупності математичних моделей процесу радіально-колового кінематично адаптованого формоутворення дисковими фрезами забезпечує гарантоване отримання працездатного профілю зубців циліндричних зубчастих коліс

ЛІТЕРАТУРА

1. Громнюк С.І. Технологічне забезпечення якості нарізання зубчастих коліс радіально-коловим способом / Громнюк С.І. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Львів. - 2016.- 25 с.