заявник ІФНТУНГ; заявка № a200613389, заявл. 18.12.2006; опубл. 25.11.2008., Бюл. № 22.

2 Низьев С.Г. «Современные материалы и покрытия, используемые для антикоррозионной защиты магистральных нефтепроводов». Ж. Коррозия территории НЕФТЕГАЗ. №2. 2007г.

3 ТУ У 26.1–02070855.003–2010 „Ізоляційне композитне покриття трубопроводів. Технічні умови".

УДК 621.9.025.1 : 621.833.1

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРЕСИВНОЇ РАДІАЛЬНО-КОЛОВОЇ ОБРОБКИ ДИСКОВИМИ ФРЕЗАМИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Я.М. Литвиняк, Є.М. Махоркін, І.І. Юрчишин

Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, 79013 ,ltvnkya@i.ua

Зубчасті передачі належать до найбільш широко застосовуваних у сучасному обладнанні передач, що використовується при розробленні, видобуванні, транспортуванні, переробці корисних копалин, а також в енергетичній, будівельній і машинобудівній галузях промисловості. Складність, значна працемісткість і великі обсяги виробництва зубчастих коліс дозволяють віднести їх до особливої групи деталей, які повністю виготовляються для нового та при реновації існуючого обладнання. Із всієї сукупності використовуваних зубчастих передач до найбільш поширених належать циліндричні зубчасті передачі, які повинні відповідати сучасним вимогам щодо точності, надійності та навантажувальної здатності. Циліндричні зубчасті колеса, що складають згадані передачі, належать до технологічно найбільш складних деталей, а їх виготовлення супроводжується великими витратами, значна частина яких зосереджена на операціях формоутворення зубців коліс зокрема на зубофрезерних операціях, які реалізуються на високовартісних зубофрезерних верстатах із застосуванням точних металорізальних інструментів – черв'ячних фрез. Незважаючи на достатньо високу технологічну собівартість, яку визначають значні тривалість і виробничі витрати, відносно низька продуктивність, висока вартість інструментів, що в значній мірі проявляється при нарізанні зубчастих коліс середніх і великих модулів, зубофрезерні операції все ж таки належать до найбільш поширених у машинобудуванні.

Покращення техніко-економічних показників технологічних процесів виготовлення циліндричних зубчастих коліс середніх та

великих модулів за рахунок застосування нових, інноваційних процесів зубонарізання належить до важливих і актуальних задач машинобудування.

Один із напрямків підвищення ефективності зубофрезерних операцій ґрунтується на застосуванні способу радіально-колового безперервного нарізання циліндричних зубчастих коліс (РК) відмінного від існуючого процесу зубонарізання із застосуванням черв'ячних фрез. Спосіб РК полягає у застосуванні дискової фрези, що встановлюється з ексцентриситетом на інструментальній оправці, закріпленій у шпинделі зубофрезерного верстата. Нарізання зубців дисковою фрезою здійснюється методом сліду або дотику. Налагодження зубофрезерного верстату аналогічне його налагодженню при застосуванні черв'ячної фрези.

Спосіб РК належить до перспективних і дозволяє здійснювати процес формоутворення зубців коліс при безперервному обертанні заготовки та надати інструментальній оправці разом з ексцентрично встановленою дисковою фрезою обертового руху формоутворення, що кінематично пов'язаний ланцюгом ділення зубофрезерного верстату з рухом обертання заготовки зубчастого колеса та надати безпосередньо дисковій фрезі на інструментальній оправці додаткового обертового руху різання із кутовою швидкістю, яка не залежить від кутової швидкості обертання заготовки колеса. Спосіб РК передбачає використання відносно менш вартісних дискових фрез, які оснащені змінними різальними пластинами із сучасних інструментальними матеріалів, що дозволяє підвищити продуктивність на зубофрезерній операції, а від так знизити технологічну собівартість.

Однак, процес формоутворення профілю зубців циліндричних коліс дисковими фрезами способом РК має такі особливості, які обмежують його застосування. До них належить: отримувані при нарізанні бокові поверхні зубців колеса мають синусоподібний профіль (в багатьох випадках зачеплення таких зубців коліс у передачі не справджується); нарізані зубці колеса мають товщину значно меншу від необхідної (внаслідок безпосередньої залежності товщини зубця колеса від ширини різальних зубців дискової фрези, яка повинна прийматися залежно від умови їх стійкості).

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволили встановити, що спосіб РК може практично застосовуватися за рахунок додаткового безперервного кінематичного впливу на рух формоутворення дисковою фрезою кожної бокової поверхні нарізуваних зубців колеса. Кінематичний вплив полягає у наданні інструментальній оправці, разом із встановленою на ній ексцентрично дисковою фрезою, нерівномірного обертового руху. Нерівномірний обертовий рух отримується за допомогою пристрою зміни кутової

швидкості (ПЗКШ), який є складовою частиною інструментального пристрою у способі РК. Сукупність нових ознак визначають новий спосіб нарізання зубчастих коліс на зубофрезерних верстатах - спосіб кінематично змінюваного радіально-колового безперервного формоутворення зубців колеса (КРКБФ).

Спосіб КРКБФ, при раціональному підборі технологічних факторів, забезпечує отримання зубців колеса із потрібною товщиною незалежно від ширини зубців дискової фрези, а також дозволяє отримати на бокових поверхнях нарізуваних зубців колеса модифікований синусоподібний профіль, який найбільш наближений до потрібного евольвентного профілю (в межах допуску профілю евольвентного зубчастого колеса).

Кінематична схема конструктивної реалізації способу КРКБФ, що частково відтворює кінематичні ланцюги зубофрезерного верстата та інструментального пристрою, відображена на рис. 1. Рівномірний обертовий рух ротора двигуна Д верстата використовується для отримання двох рівномірних обертових рухів шпинделя – інструментальної оправки 1 (кутова швидкість ω_{01}) та столу разом із заготовкою колеса 5 (кутова швидкість – ω_2) за допомогою коробок швидкостей i_V та ділення i_X . На інструментальній оправці 1, з можливістю кутового повороту відносно її осі, встановлена ексцентрикова частина 2 , на якій завчасно розташована обертова втулка 3 разом із закріпленою дисковою фрезою 4. Втулка 3 може вільно обертатися з кутовою швидкістю ω_3 на ексцентриковій частині 2. Обертовий рух втулка 3 отримує від окремого двигуна $Д_1$ за допомогою передачі i_1 , яка дозволяє змінювати ω_3 у певних межах згідно раціональної швидкості різання для дискової фрези 4. Вузол ПЗКШ (позначено (~ік)) отримує рівномірний обертовий рух від інструментальної оправки 1 який перетворює у змінний періодичний обертовий рух ексцентрикової частини 2. Вузол ПЗКШ складається із 2-4 пар однакових циліндричних шестерень ексцентрично зміщеними зубчастими вінцями відносно осей обертання шестерень, які в сукупності з забезпечують періодичне сповільнення ексцентрикової частини 2 при врізанні дискової фрези у заготовку колеса та її пришвидшення при наближенні дискової фрези до дна міжзубцевої западини.

Змінний кут φ_1 повороту ексцентрикової частини 2 інструментального пристрою визначається за такою залежністю –

$$\varphi_1 = 2 \cdot \operatorname{arctg}[\operatorname{tg}\frac{\varphi_{01}}{2} \cdot ((a_r - e_r)/(a_r + e_r))^k] \quad ,$$

де φ_1 та φ_{01} – кут повороту відповідно ексцентрикової частини інструментального пристрою та кут повороту шпинделя зубофрезерного верстату; міжосьової віддалі a_r та e_r – відповідно

міжосьова відстань та величина радіального зміщення зубчастих вінців циліндричних зубчастих коліс використовуваних у ПЗКШ; , де k – число пар однакових зубчастих коліс із зміщеними зубчастими вінцями у ПЗКШ (впливає на кривизну синусоподібного профіля бокової поверхні нарізаного зубця колеса).

Параметричні рівняння які визначають синусоподібний профіль бокової поверхні нарізаного дисковою фрезою зубця циліндричного колеса мають такий вигляд:

$$X_2 = (R_m + r\cdot(1-\sin\alpha_2))\cdot\cos\varphi_2 + [(\delta - r) + r\cdot\cos\alpha_2]\cdot\sin\varphi_2 \ ;$$
$$Y_2 = (R_m + r\cdot(1-\sin\alpha_2)\cdot\sin\varphi_2 - [(\delta - r) + r\cdot\cos\alpha_2]\cdot\cos\varphi_2 \ ;$$
$$Z_2 = e\cdot\sin(Z\cdot\varphi_2) \ ;$$
$$\sin\alpha_2 = (R_m + r)\cdot[\left(R_m + r\right)^2 + \left(h - (\delta - r)\right)^2]^{-1/2} ;$$
$$\cos\alpha_2 = (\mathrm{h} - \delta + \mathrm{r})\cdot[\left(R_m + r\right)^2 + \left(h - \delta + r\right)^2]^{-1/2} ,$$

де Z та φ_2 – відповідно число зубців та кут повороту нарізуваного зубчастого колеса ($\varphi_2 = \varphi_1 / Z$); R_m – радіус периферійної точки дискового інструмента найближчої до осі заготовки зубчастого колеса ($R_m = 0{,}5\cdot m\cdot Z + e\cdot\cos\varphi_1$); e – ексцентриситет встановлення дискової фрези на інструментальній оправці;

$$h = ((a_r - e_r)/(a_r + e_r))^k \cdot (\cos^2(\varphi_1/2)/\cos^2(\varphi_{01}/2))\cdot e\cdot Z\cdot\sin\varphi_1 _$$

відстань від осі обертання до миттєвої осі обертання заготовки зубчастого колеса; r - радіус заокруглення різальної частини зубця дискової фрези; δ – половина загальної товщини зубця дискової фрези.

Порівняння профілів зубців з евольвентним і модифікованими синусоподібним профілями відображено на рис. 2. Раціональний підбір змінного технологічного чинника – ексцентриситету е забезпечує практично повне співпадання евольвентного та синусоподібного профілів зубців.

Проведені дослідження підтверджують перспективність застосування на зубофрезерних операціях нового способу зубонарізання, який забезпечує суттєвий приріст продуктивності, зниження витрат при досягненні очікуваних показників точності профілю зубців коліс.

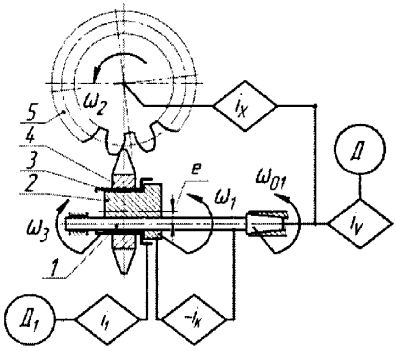

Рисунок 1 – Кінематична схема реалізації процесу нарізання циліндричних зубчастих коліс

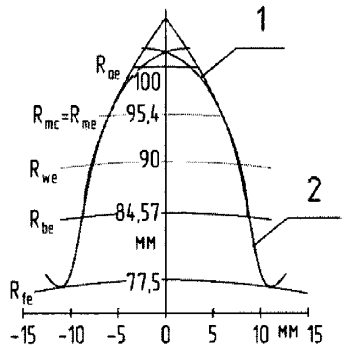

Рисунок 2 – Евольвентний (1) та модифікований синусоподібний (2) профілі зубців(Z=18, m=10 мм, e=12,22 мм

УДК 662.758.2

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОЕТАНОЛУ НА ДВЗ

В.М. Мельник, Т.Й. Войцехівська

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, vasjamel1380@gmail.com

Україна належить до країн, які мають дефіцит власних енергоносіїв. Забезпечення своїми енергоносіями лишень на 50 %, а в нафті на 10-12 %, в природному газі – до 30 %.

Спиртова промисловість України може забезпечити енергетичну безпеку України шляхом переобладнання своїх виробничих потужностей для виробництва біопалива.

Розширення виробництва і застосування біоетанолу та його похідних пов'язане насамперед з державною підтримкою цієї галузі.

Існує два основні критерії оцінки альтернативних видів моторного палива, а саме:

– відповідність їх властивостей властивостям стандартних моторних палив;

– низька собівартість їх виготовлення порівняно з існуючими моторними паливами.

Перспективним альтернативним паливом для використання в двигунах є спирти та відходи від їх виробництва у чистому вигляді, та в сумішах з бензинами та дизельними паливами у певних співвідношеннях [1, 2].