УДК 621.83

Ветренко Д. В., Шебалков О. В.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОФІЛЮВАННЯ ФРЕЗ ЗА РАХУНОК ЗАМІНИ ТЕОРЕТИЧНО ТОЧНОГО СИНУСОЇДАЛЬНОГО ЧЕРВ'ЯКА ДУГАМИ КІЛ

Стаття висвітлює питання заміни теоретично точного синусоїдального черв'яка дугами кіл при проектуванні синусоїдальних черв'ячних фрез.

Ключові слова: *синусоїда, дуга кола, заміна, черв'як.*

Статья освещает вопросы замены теоретически точного синусоидального червяка дугами окружностей при проектировании синусоидальных червячных фрез.

Ключевые слова: *синусоида, дуга окружности, замена, червяк.*

Article takes up questions of replacement of theoretically exact sinusoidal worm arches of circles at designing of sinusoidal worm mills.

Key words: *a sinusoid, a circle arch, replacement, a worm.*

Постановка проблеми. Точність профілю зубчастого колеса характеризується максимальним значенням похибки на профілі його зуба і, як показав аналіз, при нарізанні коліс стандартними фрезами вона нерівномірна вздовж профілю зуба колеса. Для того щоб у голівки та ніжки профілю зуба колеса, що нарізується, вирівняти відхилення профілю від теоретично точного синусоїдального профілю, а також для можливості виготовлення та контролю такого профілю пропонуються контури вихідного утворюючого контуру вибирати за різноманітними критеріями. У сучасної науці є багато підходів до цієї проблеми. Однак ці підходи відносяться до евольвентних зубчастих коліс. Для синусоїдальних коліс це питання не достатньо вивчено.

Аналіз літератури. В роботі [1] наводяться формули для розрахунку геометричних параметрів синусоїдальних зубчастих передач, однак не приведені розрахунки заміни теоретично точного синусоїдального черв'яка. В роботі [2] приведена уточнена методика розрахунку синусоїдального профілю зуба. У роботі [3] пропонується заміна теоретично точного евольвентного черв'яка прямими за критерієм мінімальної площі. Однак ця робота посвячена евольвентним зачепленням і не розглядує питання синусоїдальних зачеплень. У роботах українських дослідників Е. М. Благута, І. Є. Грицая [4; 5] – другий підхід до проблеми впровадження синусоїдальних передач та способу їх нарізання. В цих роботах наведена синусоїдальна зубчата передача, що містить зубчаті колеса з криволінійними боковими профілями зубів, яка відрізняється тим, що профіль зуба окреслений синусоїдою, віссю абсцис якої є коло певного радіуса, причому в зчепленні бере участь не вся синусоїда, а тільки нижня частина її верхньої (додатної) вітки, і тільки на цій частині синусоїда збігається з евольвентою. Однак у приведених роботах не розглядаються питання виготовлення синусоїдальних зубчастих коліс зуборізними черв'ячними фрезами. У підручнику [6] відображений спосіб заміни теоретичної кривої будь-якого профілю одній чи двома спряженими дугами кіл. Однак цій спосіб не враховує особливості синусоїдальних коліс.

Мета статті – надати подальший розвиток теорії синусоїдальних зубчастих передач в галузі підвищення точності профілювання синусоїдальних черв'ячних фрез за рахунок заміни теоретично точного синусоїдального черв'яка дугами кіл.

Викладення основного матеріалу. Для того щоб у голівки та ніжки профілю зуба колеса, що нарізується, вирівняти відхилення профілю від теоретично точного синусоїдального профілю, пропонується контур вихідного утворюючого контуру вибирати за критерієм мінімальної площі, обмеженої теоретично-точним черв'яком та його заміною.

Заміна теоретично точного синусоїдного черв'яка за критерієм мінімальної площі показана на рис. 1.

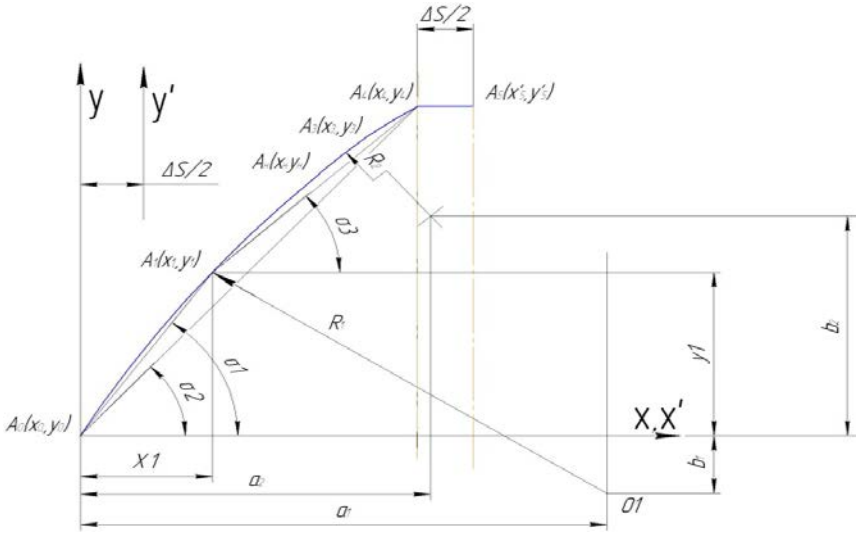

Рис. 1. Заміна теоретично точного синусоїдного черв'яка за критерієм мінімальної площі.

При такій заміні обов'язковою умовою є контакт профілів, що замінюються у точках $A_н$ початку та кінця контакту, та у точці A_0, котра є полюсом зачеплення. Тоді залежності розрахунків для синусоїдальних черв'яків будуть:

$$\begin{cases} S = \int_{X_0}^{X_h} (r \times \sin(2\pi x / p_\Sigma) - \sqrt{R_1^2 - (x_1 - a_1)} + b_2)dx - \int_{X_h}^{X_k} (r \times \sin(2\pi x / p_\Sigma) - \sqrt{R_1^2 - (x_2 - a_2)} + b_2)dx \\ \dfrac{\partial S}{\partial x_н} = 0 \quad \dfrac{\partial S}{\partial y_н} = 0 \\ \dfrac{\partial S}{\partial x_0} = 0 \quad \dfrac{\partial S}{\partial y_0} = 0 \end{cases}, \qquad (1)$$

де $x_н$, $y_н$ – координати точок контакту профілів;

R_i – радіус кола, котрий заміняє синусоїдну твірну.

Розв’язок системи (1) отримуємо чисельним методом, так як дана система не має аналітичного розв’язку.

Розв’язок рівняння заміни теоретично точного синусоїдального черв’яка дугами окружностей. Розглянемо частку синусоїди $A_0A_1A_н$. Проведем хорду $A_0A_н$ (рис. 2).

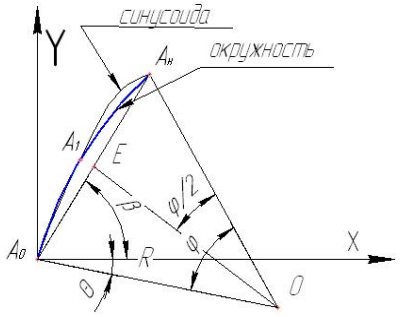

Рис. 2. Розв’язок рівняння заміни теоретично точного синусоїдного черв’яка.

Знаходимо площину $A_0A_1A_н$, тобто площину, котра утворюється хордою та синусоїдою:

$$S_{A_0A_1A_{н}\sin} = \int_0^{x_н} r\sin(\frac{2\pi x}{p_{\sin}})dx\,. \qquad (2)$$

$$S_{A_0A_1A_{н}\,окр} = \frac{R^2\varphi}{2} - \frac{R^2\sin\varphi}{2} \qquad (3)$$

По критерію мінімальної площі $\Delta S \to 0$, тобто:

$$S_{A_0A_1A_{н}\sin} = \int_0^{x_н} r\sin(\frac{2\pi x}{p_{\sin}})dx = S_{A_0A_1A_{н}\,окр} = \frac{R^2\varphi}{2} - \frac{R^2\sin\varphi}{2}. \qquad (4)$$

Будемо уявляти, що нам відомі радіус твірного кола синусоїди r та координати точки $A_н$ ($X_н$, $Y_н$).

Рівняння для знаходження φ та R:

$$y = \frac{\varphi}{2\sin^2(\frac{\varphi}{2})} - \operatorname{ctg}\frac{\varphi}{2} - 4\frac{\frac{rl}{2\pi}(1-\cos\frac{2\pi X_н}{P_{\sin}}) - \frac{X_н Y_н}{2}}{X_н^2 + Y_н^2}. \qquad (5)$$

$$R = \frac{\sqrt{X_н^2 + Y_н^2}}{2\sin\frac{\varphi}{2}}, \qquad (6)$$

де $P_{\sin} = \pi m$ – крок синусоїди;
m – модуль зачеплення.

Рівняння (5) будемо вирішувати за допомогою одного із приблизних методів, наприклад, метода хорд. Після знаходження φ та R проведемо побудову синусоїдального твірного профілю. Профіль будуємо у програмі КОМПАС-3D.

Висновки. Таким чином, розглянуто питання підвищення точності профілювання синусоїдальних черв’ячних фрез за рахунок заміни теоретично точного синусоїдального черв’яка дугами кіл за критерієм мінімальної площі.

Також розглянуто розв’язок рівняння заміни теоретично точного синусоїдального черв’яка дугами кіл.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аникин Ю. В. Синусоидальное зацепление. Основы геометрокинематической теории / Ю. В. Аникин. – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1975. – 60 с.
2. Баталин А. С. Методика расчета профиля зуба синусоидального зубчатого колеса / А. С. Баталин, Д. В. Ветренко // Збірник наукових праць Севастопольського військово-морського ордена Червоної зірки інституту ім. П. С. Нахімова. – Севастополь : СВМІ ім. П.С. Рахімова, 2008. – Вип. І(14). – С. 58–63.
3. Охріменко О. А. Підвищення точності та працездатності черв’ячних зуборізних фрез : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. тех. наук / О. А. Охріменко. – К., 2006. – 21 с.
4. Пат. 73550 Україна, МПК В 23 Р 15/14. Спосіб нарізки зубчастих коліс синусоїдальної передачі Благута / Е. М. Благут (Україна). – № 2002097213 ; заявл. 15.09.2002 ; опубл. 15.08.2005 ; Бюл. № 8/2005.
5. Пат. 24173 Україна, МПК В 23 F 21/00. Спосіб нарізання циліндричних синусоїдальних зубчастих коліс / І. Є. Грицай, А. М. Кук, Ю. В. Франт (Україна); заявник та патентовласник – Національний університет «Львівська Політехніка». – № u200700138 ; заявл. 04.01.2007 ; опубл. 25.06.2007 ; Бюл. № 9/2007.
6. Металлорежущие инструменты : учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / [Г. Н. Сахаров, О. Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 328 с.