

УДК 621.833:621.7

ВПЛИВ ПОХИБОК ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ТА ПРИСТРОЮ НА ТОЧНІСТЬ ЗУБОНАРИЗАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОЛІС ПРИВІДІВ БУРИЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ ШНЕКОВОЮ ФРЕЗОЮ

Е.М.Гуліда, А.М.Жаровський

Українська академія друкарства, 79020, м. Львів, вул. Підголоско, 19, тел. (0322) 527168, факс (0322) 599419, e-mail: uad@polygraf.lviv.ua

Рассмотрено влияние погрешностей, обусловленных неточностью установки заготовок и приборов, на конечную точность нарезанных зубчатых колес. Определены значения показателей точности зубчатых колес, на которые наиболее влияют эти погрешности. Определены факторы, уменьшением которых можно повысить степень точности нарезанных зубчатых колес.

Considered influence, which is conditioned by rack-wheels establishment inaccuracy and device, on final exactness of rack-wheels. Defined sense of exactness indexes of rack-wheels, on which most influence these errors. Set the factors, by underestimation of which one can be raised an exactness degree of cut rack-wheels.

Сучасний стан проблеми. Циліндричні зубчасті колеса є найбільш поширеними у приводах бурильного устаткування для передачі обертових моментів при заданому передавальному числі. Вони повинні відповідати вимогам точності згідно з ГОСТ 1643-81 в межах 8...9 ступенів міцності, зносостійкості, шорсткості бічних поверхонь тощо [1]. Точності та шорсткості бокових робочих поверхонь зубців можна досягти під час зубофрезерної операції з використанням шнекових фрез. При цьому треба враховувати значний вплив на точність зубооброблення внаслідок похибок встановлення заготовки та пристрою на столі зубофрезерного верстата. Ці похибки призводять до похибки кінематичної точності зубчастих коліс, плавності роботи та контакту зубців у передачі тощо [2].

Мета роботи — визначити вплив неточності встановлення оброблювальної заготовки та пристрою на столі зубофрезерного верстата на точність зубонаризання циліндричних коліс шнековою фрезою, а також заходів підвищення точності зубонаризання на цій операції.

Вплив похибок встановлення заготовки та пристрою на столі верстата на точність зубонаризання. У загальному випадку заготовка та пристрій, встановлені на верстаті, можуть бути зміщені в напрямі будь-якої з трьох координатних осей X , Y , Z чи повернуті відносно цих осей. Зміщення деталі та пристрою відносно осі Z , що співпадає з напрямом подачі, а також їх поворот при встановленні та закріпленні навколо цієї осі не впливають на точність зубооброблення. Тому вони не бралися до уваги при розгляді цього питання.

Зміщення зубчастого колеса, що обробляється, та пристрою в напрямі координатних осей X та Y призводить до виникнення похибок. Поворот зубчастого колеса з пристроєм навколо осі Z (рис. 1) викликає радіальне биття зубчастого вінця, перекіс та непаралельність осі

зубчастого колеса відносно напрямку подачі вздовж осі Z , а також похибку профілю зубця колеса та зміщення вихідного контура.

Радіальне биття F_{rr3} зубчастого вінця, яке зумовлене зміщенням заготовки зубчастого колеса в торцевій площині, буде

$$F_{rr3} = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2},$$

де δ_x , δ_y — відповідно зміщення осі колеса в напрямку осей X та Y ;

$$\delta_x = \delta \cdot \cos \varphi_{zn}, \quad \delta_y = \delta \cdot \sin \varphi_{zn}$$

δ — похибка встановлення заготовки;

φ_{zn} — кут повороту заготовки зубчастого колеса відносно осі Z (при $\varphi_{zn} = 45^\circ; 135^\circ; 225^\circ; 315^\circ$ величина $\delta_x = \delta_y$).

У свою чергу радіальне биття призводить до похибки профілю зубця

$$f_{fraz} = 2F_{rr3} \sin \alpha; \quad (1)$$

зміщення вихідного контура

$$E_{Hr3} = \pm F_{rr3}. \quad (2)$$

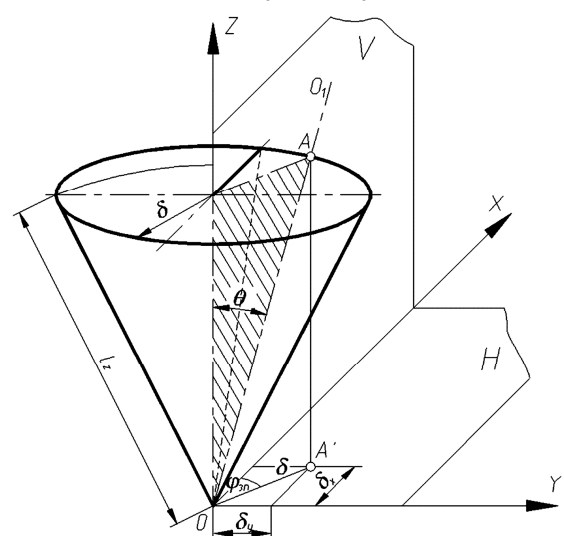


Рисунок 1 — Схема для визначення похибок обробки зубців виробу, зумовлених обертами осей зубчастого колеса та пристрою

Радіальне биття зубчастого вінця колеса F_{rrn} , яке зумовлене похибкою встановлення пристрою, визначається експериментально при контролі точності налагодження верстата і може знаходитися в межах 0,01...0,05 мм ($F_{rrn} = 0,01...0,05$ мм). Ця похибка призводить до похибки профілю зубця

$$f_{fran} = 2F_{rrn} \cdot \sin \alpha ; \quad (3)$$

зміщення вихідного контура

$$E_{Hrn} = \pm F_{rrn} .$$

Для розгляду похибок, зумовлених поворотом зубчастого колеса та пристрою навколо координатних осей X та Y , скористаємося рис. 1. Нехай, наприклад, вісь зубчастого колеса при нарізанні зубців прийме положення OO_1 під кутом θ до координатної осі Z , тобто до осі обертання заготовки. Кут θ визначається так:

$$\theta = \arctg \frac{\sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}}{h} ,$$

де h – відстань від стола верстата до торцевої площини зубчастого колеса, в якій розглядається похибка.

Біжучі координати проекції точки A на горизонтальну площину H , відраховані по осі X та Y , відповідно рівні перекосу осі зубчастого колеса δ_x та непаралельності δ_y . Їх найбільші значення за абсолютною величиною є рівними

$$\delta_{xmax} = \delta_{ymax} = \delta + F_{rrn} .$$

Похибка профілю зубця виробу, зумовлена перекосом його осі, буде

$$f_{fr\delta_x} = 2\delta_x \sin \alpha . \quad (4)$$

Крім того, перекис осі викликає похибку осьового кроку F_{Pxn} та похибку напряду зубця $F_{\beta r}$, які визначаються так:

$$F_{Pxn} = P_x \left[\frac{tg\theta(1 + tg^2\beta)}{tg\beta \pm tg\theta} \right] \sin \beta , \quad (5)$$

де P_x – осьовий крок зубчастого колеса;

$$F_{\beta r} = b[tg\beta - tg(\beta - \theta)] , \quad (6)$$

де b – ширина зубчастого вінця.

Похибка профілю зуба виробу від непаралельності його осі напряду подачі може бути визначена за залежністю

$$f_{fr\delta_y} = 2\delta_y \cos \alpha . \quad (7)$$

Крім вказаних вище похибок, будуть виникати кутові похибки φ_{Frr} в межах одного оберту зубчастого колеса, зумовлені його сумарним радіальним биттям F_{rrz} , що викликане неточністю встановлення деталі та пристрою на верстаті,

$$F_{rrzn} = K \sqrt{\lambda_{rrz} F_{rrz}^2 + \lambda_{rrn} F_{rrn}^2} ,$$

де λ_{rrz} , λ_{rrn} – коефіцієнти, що враховують закон розподілу елементарних похибок; при нормального закону розподілу $\lambda = 0,111$ [3];

$$\Delta\varphi'_{Frr} = F_{rrzn} \frac{\sin(\varphi + \varphi_{Frr})}{d} ;$$

$\varphi = 0^\circ \dots 360^\circ$ – кут оберту зубчастого колеса від деякого умовного початкового положення;

d – дільний діаметр зубчастого колеса;

φ_{Frr} – початкова фаза кривої зміни даних похибок, що відповідає умовному початковому положенню нарізованого зубчастого колеса.

Похибки в межах одного оберту колеса будуть визначатися як різниця граничних значень функцій

$$\Delta\varphi_{Frr} = \left| \Delta\varphi'_{Frr \max} - \Delta\varphi'_{Frr \min} \right| = \frac{2}{d} F_{rrzn} .$$

Оскільки значення F_{rrzn} зручніше виражати в мікрометрах, d – в міліметрах, а $\Delta\varphi_{Frr}$ – в кутових секундах, множимо даний вираз на 206,265. Отримаємо

$$\Delta\varphi_{Frr} = \frac{412,5}{d} F_{rrzn} . \quad (9)$$

Сумарне значення похибки оброблення, зумовлене неточністю встановлення заготовки та пристрою на верстаті. Сумарні значення похибок f_{frzn} профілю зубця та радіальне биття зубчастого вінця F_{rrzn} і сумарне зміщення E_{Hrz} вихідного контура, зумовлені неточністю встановлення заготовки та пристрою, можна визначити так [3]:

$$f_{frzr} = K \cdot \left(\lambda_{fr\delta_x} f_{fr\delta_x}^2 + \lambda_{fr\delta_y} f_{fr\delta_y}^2 + \lambda_{fran} f_{fran}^2 + \lambda_{faz} f_{faz}^2 \right)^{1/2} ; \quad (10)$$

$$E_{Hrz} = K \cdot \left(\lambda_{Hrz} E_{Hrz}^2 + \lambda_{Hrn} E_{Hrn}^2 \right)^{1/2} ; \quad (11)$$

$$F_{rrzr} = K \cdot \left(\lambda_{rrz} F_{rrz}^2 + \lambda_{rrn} F_{rrn}^2 \right)^{1/2} . \quad (12)$$

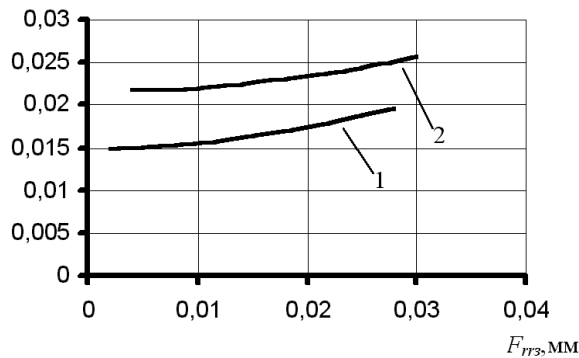
Результати досліджень засвідчили, що при збільшенні величини радіального биття заготовки F_{rrz} в 7,5 разів в межах 0,003...0,028 мм для модуля $m = 4$ мм та в межах 0,004...0,030 мм для модуля $m = 8$ мм (рис. 2), призводить до зростання значення сумарної похибки профілю f_{frzn} в 1,3 та в 1,2 рази відповідно.

Зростання значення радіального биття пристрою F_{rrn} у 5 разів (рис. 3) в межах 0,005...0,025 мм для модуля $m = 4$ мм та в межах 0,006...0,030 мм для модуля $m = 8$ мм призводить до зростання значення сумарної похибки профілю зуба f_{frzn} в 1,3 та в 1,2 рази відповідно.

При збільшенні перекосу осі зубчастого колеса δ_x та непаралельності δ_y в 5 разів (від 0,004 до 0,020 мм для $m = 4$ мм, та від 0,005 до

0,025 мм для $m = 8$ мм) сумарне радіальне биття зубчастого вінця зростає в 2,46 та 2,21 рази для модулів $m = 4$ мм та $m = 8$ мм відповідно.

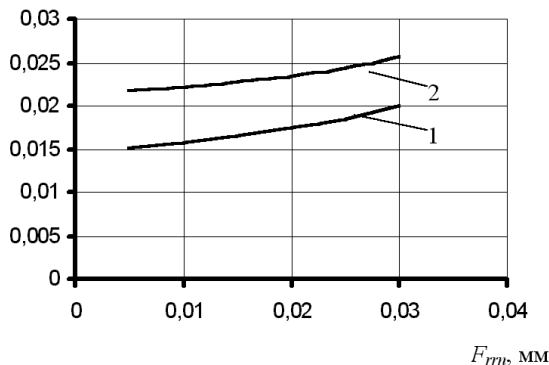
f_{fr3n} , мм



1 — для зубчастих коліс $m = 4$ мм;
2 — для зубчастих коліс $m = 8$ мм

Рисунок 2 — Вплив радіального биття заготовки на сумарну похибку профілю зуба зубчастого колеса

f_{fr3n} , мм



1 — для зубчастих коліс $m = 4$ мм;
2 — для зубчастих коліс $m = 8$ мм

Рисунок 3 — Вплив радіального биття пристрою на сумарну похибку профілю зуба зубчастого колеса

Сумарне зміщення вихідного контура E_{Hr3n} за величиною та характером зміни є подібним до сумарного радіального биття зубчастого вінця F_{rr3n} .

Аналізуючи результати виконаних досліджень, можна зробити такі **висновки**.

1. Похибки встановлення заготовки та пристрою на верстаті значно впливають на величину радіального биття зубчастого вінця колеса F_{rr3n} , похибку профілю зуба зубчастого колеса f_{fr3n} та зміщення вихідного контура E_{Hr3n} . Так, при зростанні величини радіального биття осі заготовки F_{rr3} в 5 разів радіальне биття зубчастого вінця збільшується в 2...2,5 рази.

2. Найбільше на похибку профілю зуба зубчастого колеса f_{fr3n} впливає похибка встановлення заготовки та пристрою на столі верстата: так, при зростанні величини зміщення осі оброблюваного зубчастого колеса δ відносно осі Z обертання стола верстата у 5 разів величина f_{fr3n} зростає від 4 до 6 разів відповідно для зубчастих коліс з модулем $m = 4...8$ мм.

3. При збільшенні похибок встановлення зубчастого колеса та пристрою у 5 разів сумарне зміщення вихідного контура E_{Hr3n} зростає у 2,3...3 рази.

4. Доцільно продовжити роботу в напрямку оптимізації технологічних чинників з метою підвищення точності виготовлення зубчастих коліс на зубофрезерній операції.

Література

1. Гулида Э.Н. Управление надежностью цилиндрических зубчатых колес. — Львов: Изд-во при Львов. ун-те "Вища школа", 1983. — 136 с.
2. Сухоруков Ю.Н. Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колес. — К.: Техніка, 1992. — 197 с.
3. Ковшов А.Н. Технология машиностроения. — М.: Машиностроение, 1987. — 320 с.

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !

МІСЦЕ
ВАШОЇ
РЕКЛАМИ

З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися:
м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15, ІФНТУНГ,
Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ", тел.: (03422) 42002, тел./факс: (03422) 42139,
ел. пошта: rozvidka@ifdtung.if.ua