

УДК 621.81

В.Васильків; М.Пилипець, канд. техн. наук; Д.Радик, канд. техн. наук
Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ОПИС ГЕОМЕТРІЇ РІЗНОПРОФІЛЬНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

Подано математичний опис геометрії різнопрофільних гвинтових заготовок, аналітичні залежності та умови послідовності опису геометрії. Розглянуто приклад для еліптичних навитих заготовок.

Умовні позначення

\tilde{x}_i, \tilde{z}_i - координати точки поверхні у системі координат $\tilde{X}\tilde{Z}$;

α_i - кутова координата у площині поперечного перерізу профілю (система координат $\tilde{X}\tilde{Z}$);

r_o, r_1, r_2 - вектори багатоланника;

C - параметр кроку гвинтової лінії;

$r_o(t, \chi_o), r_1(t, \chi_1), r_2(t, \chi_2)$ - функціональні радіус-вектори;

χ_i - незалежна змінна відповідного i -го функціонального радіус-вектора;

$F(\tilde{A}, t, \chi_F)$ - періодична функція;

\tilde{A} - параметр амплітуди;

χ_F - незалежна змінна періодичної функції (наприклад, період);

α_p - кутова характеристика профілю;

$dv/dt, d\alpha/dt$ - кутові швидкості обертання відповідно площини N (радіус-вектора $r_o(t, \chi_o)$)
та радіус-вектора $r_1(t, \chi_1)$;

σ - ціле натуральне число;

x_S, y_S, z_S - координати профілю у фіксований момент часу, що розглядаються у площинах системи координат;

$x(t_S), y(t_S), z(t_S)$ - координати профілю у площині N (рис. 2);

β - кут нахилу гвинтової лінії;

a і b - півосі оправи, виконаної у формі еліптичного циліндра;

T - крок спіралі;

H_o - товщина стрічки, використаної для виготовлення навивної заготовки;

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

B - ширина стрічки;

ρ_o - радіус нейтрального шару деформації, довжина якого дорівнює довжині заготовки,

ρ - радіальний параметр;

ρ_R і ρ_r - радіуси кривини відповідно зовнішнього та внутрішнього контурів навивної заготовки;

$E(e) = E(e, \pi/2)$ - повний еліптичний інтеграл другого роду;

B_m - миттєва ширина гвинтової спіралі у площині N , визначена у певний момент часу t ;

τ - перехідна змінна часу;

2γ - кут профілю радіального поперечного перерізу витка.

Однією із важливих передумов подолання кризової ситуації у національній економіці є розвиток машинобудування, що сприяє зростанню продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва та поліпшенню якості продукції. Усе це вимагає принципово нових підходів до створення й використання високоефективних прогресивних технологій, що ґрунтуються на найсучасніших здобутках передових країн світу.

У цьому плані важливе місце належить розробленням та дослідженням прогресивних технологічних процесів виготовлення різнопрофільних гвинтових заготовок (РГЗ), що все більше використовуються у різних галузях народного господарства. Однак важливими умовами економічності формоутворення таких заготовок є використання для їх виготовлення автоматизованого обладнання, оснащеного системами ЧПК, оскільки цим умовам у світовій практиці приділяється значна увага [1, 2].

Так, зокрема італійські [3] та німецькі [4-6] фахівці, на основі аналізу світових тенденцій розвитку передових технологій виготовлення пружин та кільцевих заготовок відзначають, що однією із важливих умов впровадження нових технологій є можливість відтворення геометрії оброблюваних заготовок за допомогою ЕОМ з метою дальшого моделювання та оптимізації процесів формоутворення.

Аналіз праць вітчизняних та зарубіжних вчених щодо опису геометрії РГЗ виявив їх значну складність [7 - 11], а також відсутність просторових моделей опису окремої групи гвинтових заготовок – навивних (витих), конструктивні параметри яких визначаються особливостями технологічних схем їх формоутворення. Тому при виведенні характеристичних рівнянь опису профілю геометрії РГЗ необхідно базуватися на поняттях кінематики формоутворення, тобто подати параметричний зв'язок між можливими робочими рухами кінематики формоутворення і характеристичними лініями геометричних зображень поверхонь цих заготовок.

Для виявлення цих зв'язків розглянемо поверхню F РГЗ (рис.1), на якій у результаті перетину цієї поверхні із площиною P утворена крива $L - L$. На поверхні F вибраний вектор \overrightarrow{CA} , який є нормаллю до кривої $L - L$. Через цей вектор проведена нормальна площина N , яка, перетинаючись з поверхнею F , утворює іншу криву $L_{p1} - L_{p1}$.

На нормальній площині N вибраний вектор \overrightarrow{CB} , утворений перетином цієї площини з дотичною до поверхні F у точці C з площиною W і спрямований вздовж дотичної до кривої $L_{p1} - L_{p1}$.

Контакт інструмента з поверхнею F здійснюється в межах криволінійної контактної поверхні K_1 , причому $L_{p1} - L_{p1} \in K_1$, а криві $L_{p1} - L_{p1}$ і $L - L$ можна вважати характеристичними лініями, які можна визначити координатами вектора $(\overrightarrow{r_o + r_1})$, тому поверхню K_1 можна описувати за допомогою послідовних переміщень дотичної площини W , яку, вважаючи нескінченно малою, назвемо контактною площиною.

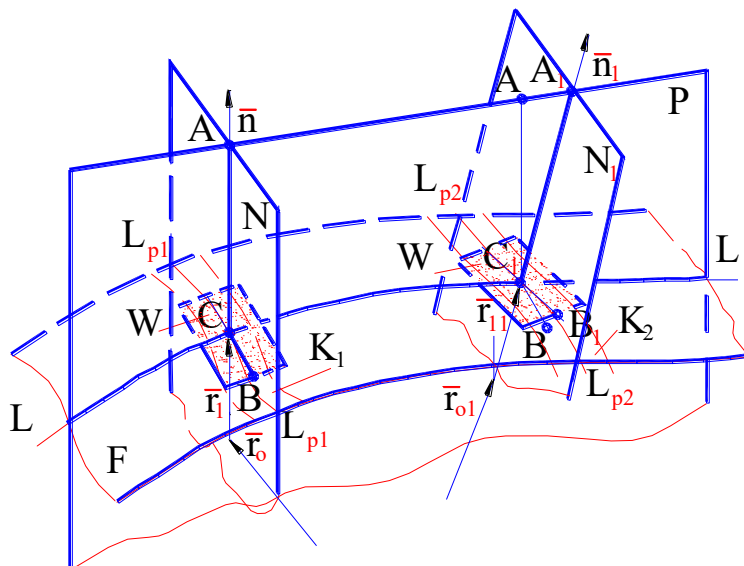


Рис. 1. Схема для графічного аналізу формування профільної поверхні гвинтової заготовки формівним інструментом.

Нехай у момент часу t_i контактна площина W розміщується у точці C , а в момент часу t_{i+1} , рухаючись вздовж лінії $L - L$, займе нове положення у точці C_1 . Переміщення площини W з точки C до C_1 , як бачимо, характеризується криволінійним переносом і двома кутами $\angle AC_1A_1$ і $\angle BC_1B_1$.

Таким чином, геометричне зображення довільної поверхні РГЗ можна розглядати як результат двох криволінійних і двох обертових рухів контактної площини.

Розклавши задані рухи формування контактною площиною гвинтової поверхні, у системах координат гвинтової заготовки XYZ та площини поперечного перерізу витка (профіля витка) $\tilde{X}\tilde{Z}$ (рис. 2), отримаємо матричне рівняння, яке описує цю поверхню при відомому значенні координати точки поверхні $[x_i; y_i; z_i]$:

$$\begin{pmatrix} x_{i+1} \\ y_{i+1} \\ z_{i+1} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (r_o + \tilde{x}_{i+1})\cos(v_i) \\ (r_o + \tilde{x}_{i+1})\sin(v_i) \\ z_i - r_1 \sin \alpha_1 + r_2 \cos \alpha_1 + \tilde{z}_{i+1} \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \tilde{a} & -\tilde{b} & 0 & 0 \\ \tilde{b} & \tilde{a} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \quad (1)$$

$$\times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & C(v_{i+1} - v_i) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} \tilde{x}_{i+1} \\ \tilde{z}_{i+1} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{a}_v & -\tilde{b}_v & 0 & 0 \\ \tilde{b}_v & \tilde{a}_v & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \tilde{x}_i \\ \tilde{z}_i \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

де $\tilde{x}_i = x_i / [\cos(\arctg(y_i/x_i))] - r_o$; $\tilde{z}_i = r_1 \sin \alpha_i - r_2 \cos \alpha_i$, α_i визначається розв'язком рівняння $r_1 \cos \alpha_i + r_2 \sin \alpha_i - \tilde{x}_i = 0$; $C = T/2\pi$; $\tilde{a}_v = \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i)$; $\tilde{b}_v = \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i)$; $\tilde{a} = \cos(v_{i+1} - v_i)$; $\tilde{b} = \sin(v_{i+1} - v_i)$.

Рівність (1) в узагальненому та доповненому вигляді можна подати так:

$$x = [r_o(t, \chi_o) + r_1(t, \chi_1) \cos(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_o)(dv/dt)) + r_2(t, \chi_2) \times \sin(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_o)(dv/dt))] \cos(v_o + t dv/dt);$$

$$y = [r_o(t, \chi_o) + r_1(t, \chi_1) \cos(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_0)(dv/dt)) + r_2(t, \chi_2) \times \sin(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_0)(dv/dt))] \sin(v_o + t dv/dt);$$

(2)

$$z = z_o + r_1(t, \chi_1) \sin(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_0)(dv/dt)) - r_2(t, \chi_2) \times \cos(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_0)(dv/dt)) + Cv + F(\tilde{A}, t, \chi_F),$$

де $b_0 = (dv/dt)/(d\alpha/dt)$.

Рівняння, що описує профіль поперечного перерізу витка спіралі у власній системі координат, виглядає так:

$$\begin{aligned} \tilde{x}(t) &\in [Q_1 \cos(\tilde{\alpha} + \Delta_1); Q_2 \cos(\tilde{\alpha} - \Delta_2)] \\ \tilde{z}(t) &\in [Q_1 \sin(\tilde{\alpha} + \Delta_1); Q_2 \sin(\tilde{\alpha} - \Delta_2)] \end{aligned} \quad (3)$$

$$Q_1 = \sqrt{[r_1(t, \chi_1)]^2 + [a_1(t, \chi_{a1})]^2}; Q_2 = \sqrt{[r_1(t, \chi_1)]^2 + [a_2(t, \chi_{a2})]^2}; \tilde{\alpha} = \alpha_o + \alpha_p + (t/b_0)(dv/dt); \Delta_1 = \arctg[a_1(t, \chi_{a1})/r_1(t, \chi_1)]; \Delta_2 = \arctg[a_2(t, \chi_{a2})/r_1(t, \chi_1)]$$

Рівняння гвинтової поверхні, що враховує координати профілю поперечного перерізу витка, визначені у власній системі координат, виглядає так:

$$R = [r_o(t, \chi_o) + \tilde{x}(t) \cos(v_o + t dv/dt)] \bar{i} + [r_o(t, \chi_o) + \tilde{x}(t) \sin(v_o + t dv/dt)] \bar{j} + \left[z_o + \frac{r_1(t, \chi_1) - \tilde{x}(t) \cos(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_0)(dv/dt))}{\sin(\alpha_o + \alpha_p + (t/b_0)(dv/dt))} + Cv + F(\tilde{A}, t, \chi_F) \right] \bar{k} \quad (4)$$

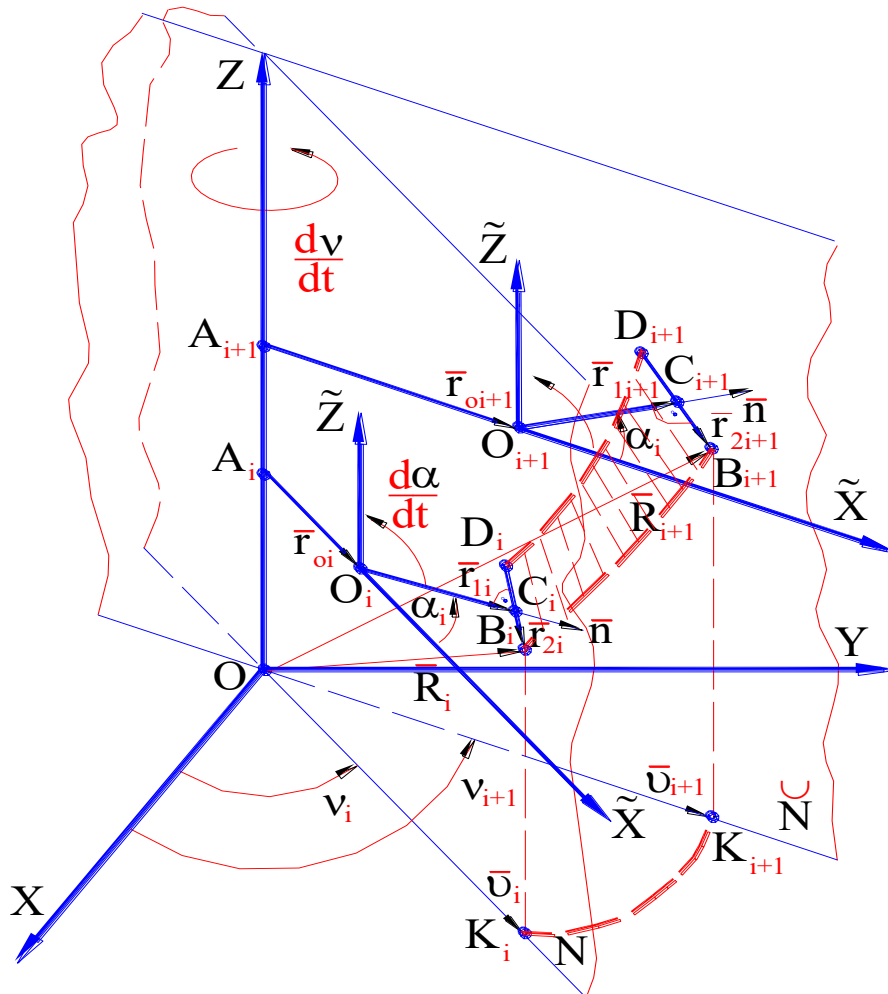


Рис. 2. Розрахункова схема моделювання геометрії профільної гвинтової поверхні.

Профіль поперечного перерізу витка гвинтової заготовки у певний фіксований момент часу t_S можна розглядати також у площинах ZOX або ZOY , використовуючи матричне перетворення:

$$\begin{pmatrix} x(t_S) \\ y(t_S) \\ z(t_S) \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \cos(\nu_S) & -\sin(\nu_S) & 0 & 0 \\ \sin(\nu_S) & \cos(\nu_S) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де $\nu_S = \pi\sigma/2 - (v_o - t dv/dt)$, $\sigma \rightarrow \min$, $\nu_S \geq 0$.

При моделюванні форми поверхонь РГЗ доцільно розглядати проекції функцій профілю у спеціальній системі координат, вміщеній у розгортці огиначаючої твірної. Тоді зв'язок між змінними різних систем координат визначається співвідношеннями:

$$\tilde{W}_1 = W_1 \cos \beta - W_2 \sin \beta; \quad \tilde{W}_2 = W_1 \sin \beta + W_2 \cos \beta, \quad (6)$$

де $W_1 = z$; $W_2 = \int_0^{t_i} \sqrt{(dx/dt)^2 + (dy/dt)^2} dt$;

Як відомо, технологічні параметри процесів формоутворення РГЗ визначаються за конструктивними особливостями геометрії профілю. Значну роль у цьому плані відіграє та геометрія профілю, що виявляє його граничні відхилення. Реальний розмір профілю повинен лежати у межах допуску на розмір $T = \delta_1 - \delta_2$, де δ_1 і δ_2 - верхнє та нижнє граничні відхилення від розміру. Для гарантії отримання оброблюваних поверхонь РГЗ у межах заданого допуску, технологічні параметри слід визначати з урахуванням значень δ_T . Величина δ_T враховує припуски на дальших операціях механічної обробки, похибку форми, похибку налагоджування, похибку встановлення і базування, а також ряд інших технологічних похибок. Для проміжних операцій значення δ_T треба відкладати від кривих нижнього та верхнього граничних відхилень вгору, тобто у бік збільшення розміру. При викінчувальних операціях – від кривої верхнього граничного відхилення, тобто у бік зменшення розміру.

Ввівши поняття розрахункових відхилень і позначивши їх через δ_{p1} і δ_{p2} , при відомих значеннях δ_1 , δ_2 і δ_T отримаємо:

$$T = \delta_{p1} - \delta_{p2} \quad (7)$$

$$\delta_{p1} = \delta_1 \pm \delta_T \quad (8)$$

$$\delta_{p2} = \delta_2 + \delta_T \quad (9)$$

У рівнянні (8) знак “+” належить до проміжних, а “-“ до викінчувальних операцій. Із рівняння (8) видно, що розрахункове відхилення δ_{p1} залежно від значень δ_1 і δ_T може бути як від'ємним, так і додатнім, тобто еквідистантні криві граничних відхилень розміру можуть розміщуватися нижче і вище від номінальної. Припустивши, що відоме рівняння кривої номінального профілю витка РГЗ $\tilde{z} = \tilde{z}(\tilde{x})$, тоді рівняння кривих граничних відхилень цього профілю виглядають так:

$$\tilde{x}_1 = \tilde{x} + \delta_{p1} \sin[\arctg(d\tilde{z}(\tilde{x})/d\tilde{x})]; \quad \tilde{z}_1 = \tilde{z} - \delta_{p1} \cos[\arctg(d\tilde{z}(\tilde{x})/d\tilde{x})]; \quad (10)$$

$$\tilde{x}_2 = \tilde{x} - \delta_{p2} \sin[\arctg(d\tilde{z}(\tilde{x})/d\tilde{x})]; \quad \tilde{z}_2 = \tilde{z} + \delta_{p2} \cos[\arctg(d\tilde{z}(\tilde{x})/d\tilde{x})], \quad (11)$$

де \tilde{x} , \tilde{z} , \tilde{x}_1 , \tilde{z}_1 , \tilde{x}_2 , \tilde{z}_2 - координати кривих, що описують відповідно номінальний розмір, верхнє та нижнє граничні відхилення розмірів профілю.

Вилучивши з поданих рівнянь змінні \tilde{z} і \tilde{x} , отримаємо рівняння еквідистантних кривих у неявному вигляді $F_1(\tilde{x}_1, \tilde{z}_1) = 0$, $F_2(\tilde{x}_2, \tilde{z}_2) = 0$. Ввівши їх у рівняння (2) або (3), отримаємо вирази, які дозволяють описувати геометрію РГЗ з урахуванням їх граничних відхилень.

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Послідовність опису геометрії РГЗ складається з таких етапів:

1. Розподіл профілю радіального поперечного перерізу заготовки на твірні, кожна з яких може бути однозначно визначена відповідною функцією f_i :

$$\Pi_{РГЗ} = \{ \tilde{x}, \tilde{z} | f_i, \dots, i = \overline{1, n} \} \quad (12)$$

2. Визначення основних та допоміжних поверхонь РГЗ.

3. Подання основних поверхонь у вигляді математичних залежностей (2) або (3) та аналіз їх складових:

3.1. Визначення функціональних закономірностей змін складових функцій загального рівняння з урахуванням особливостей технології формоутворення розглядуваної поверхні.

3.2. Виявлення інтервалів змін та допускових значень варійованих змінних відповідних функцій, що є складовими опису поверхонь, та встановлення взаємозв'язків між ними.

4. Подання допоміжних поверхонь у формі математичних залежностей (2) або (3) та аналіз їх складових:

4.1. Визначення функціональних закономірностей змін функцій складових записаних рівнянь з урахуванням особливостей технології формоутворення розглядуваної поверхні та інтервалів змін складових функцій та їх змінних у рівняннях опису основних поверхонь.

4.2. Визначення інтервалів допускових значень варійованих змінних відповідних функцій у рівняннях опису допоміжних поверхонь.

5. Відтворення геометрії РГЗ із застосуванням сучасних технічних засобів.

Розглянемо приклад подання аналітичного опису геометрії одного з найпоширеніших типів профільних витих заготовок – еліптичних, що мають все більше використання, наприклад, в очисних механізмах.

Вихідними даними для розрахунку приймемо: $a = const$; $b = const$; $T = const$; $H_o = const$; $B = const$. Для спрощення розрахунків приймемо $v_o = 0$, $z_o = 0$.

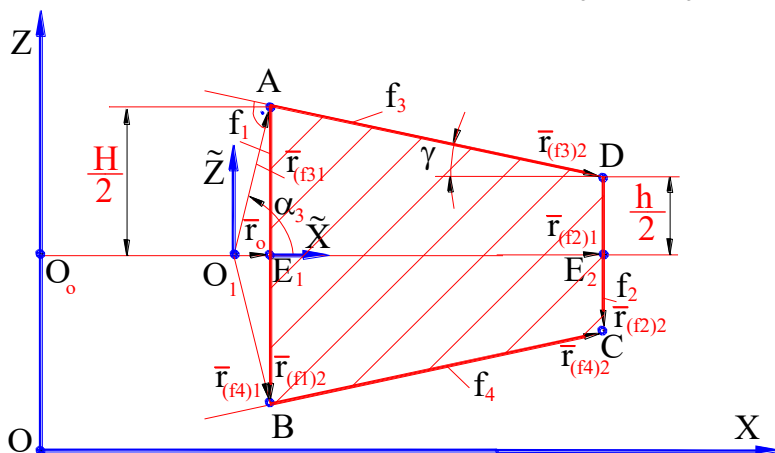


Рис. 3. Розрахункова схема векторного подання геометрії радіального перерізу витка спіралі.

Відповідно до п. 1 умов рівняння виті заготовки у формалізованому вигляді подання згідно з формулою (12) виглядає так:

$$\Pi_{ЕВЗ} = \{ \tilde{x}, \tilde{z} | f_1, f_2, f_3, f_4 \} \quad (13)$$

Аналіз системи рівнянь (2) на відповідність описові вказаних поверхонь виявив, що $d\alpha/dt = 0$, $dv/dt = \omega_1 = const$; $\chi_i = 0$, $i = \overline{1, 3}$; $F(\tilde{A}, t, \chi_F) = 0$.

Таким чином, рівняння поверхні f_1 можна подати так:

$$\bar{R}_{f1} = r_o(t) \cos(\omega_1 t) \bar{i} + r_o(t) \sin(\omega_1 t) \bar{j} + (C\omega_1 t - r_{(f1)2}(t)) \bar{k}, \quad (14)$$

де $r_o(t) = \sqrt{a^2 b^2 / (b^2 \cos^2(\omega_1 t) + a^2 \sin^2(\omega_1 t))}$.

Величина вектора $r_{(f1)2}(t)$ для даного випадку визначається умовами формоутворення виткої заготовки. Згідно з [12] закон зміни поперечного перерізу стрічки і враховуючи те, що при навиванні максимальне радіальне напруження σ_ρ мале порівняно з напруженням текучості σ_s при використанні умови нестикування, виражається залежністю:

$$h_\rho = H_o(\rho_o/\rho)^u \quad (15)$$

Припускаючи, що для розглядуваного випадку при наближених розрахунках $\rho_o = \sqrt{\rho_R \rho_r}$, $u = 0,5$ [12], отримаємо:

$$H(t) = H_o \sqrt[4]{1 + B \sqrt{\left(\overline{R}'_{f1}{}^2 \overline{R}''_{f1}{}^2 - \left(\overline{R}'_{f1} \overline{R}''_{f1} \right)^2 \right) / \left(\overline{R}'_{f1}{}^2 \right)^3}} = H_o (1 + B \times \left(\left(S \left(r_o''^2 + 4r_o'{}^2 \omega_1^2 + r_o^2 \omega_1^4 - 2r_o r_o'' \omega_1^2 \right) - (r_o' r_o'')^2 \right) / S^3 \right)^{0,5})^{0,25}, \quad (16)$$

де $\overline{R}_{f1} = r_o(t) \cos(\omega_1 t) \bar{i} + r_o(t) \sin(\omega_1 t) \bar{j} + C \omega_1 t \bar{k}$; $S = r_o'^2 + r_o^2 \omega_1^2 + C \omega_1^2$.

У виразі (14) $r_{(f1)2}(t) \in [-0,5H(t)\cos(\alpha_H); 0,5H(t)\cos(\alpha_H)]$. Тут

$$\alpha_H = \arctg\left(\frac{\pi C}{2aE(e)}\right) = \arctg\left(2C / \left((a+b) \left(1 + \frac{\lambda^2}{4} + \frac{\lambda^4}{64} + \frac{\lambda^6}{256} + \frac{25\lambda^8}{16384} + \dots \right) \right)\right),$$

або $\alpha_H \approx \arctg(2C / (1,5(a+b) - \sqrt{ab}))$; $\lambda = (a-b)/(a+b)$.

Рівняння поверхні f_2 виводиться аналогічно:

$$\overline{R}_{f2} = r_R(\tau) \cos(\omega_1 \tau) \bar{i} + r_R(\tau) \sin(\omega_1 \tau) \bar{j} + (C \omega_1 \tau - r_{(f2)2}(\tau)) \bar{k} \quad (17)$$

де $r_R(\tau) = r_o(t) + r_{(f2)1}(t) = r_o(t) + B_m = \sqrt{r_o^2(\tau) + B^2 + 2r_o(\tau)B \sin(\mu + \omega_1 \tau)}$;

$r_o(\tau) = \sqrt{a^2 b^2 / (b^2 \cos^2(\omega_1 \tau) + a^2 \sin^2(\omega_1 \tau))}$; $\mu = \arctg[(b/a)^2 \operatorname{ctg}(\omega_1 \tau)]$.

Величина τ визначає положення вектора $r_R(\tau)$, суміщеного з вектором $r_o(t)$, положення якого визначено в момент часу t (рис. 4): $\tau = \tau(t) \leq t$, τ визначається з розв'язку рівняння:

$$\omega_1(t - \tau) - \arcsin(B \cos(\mu + \omega_1 \tau) / r_R(\tau)) = 0$$

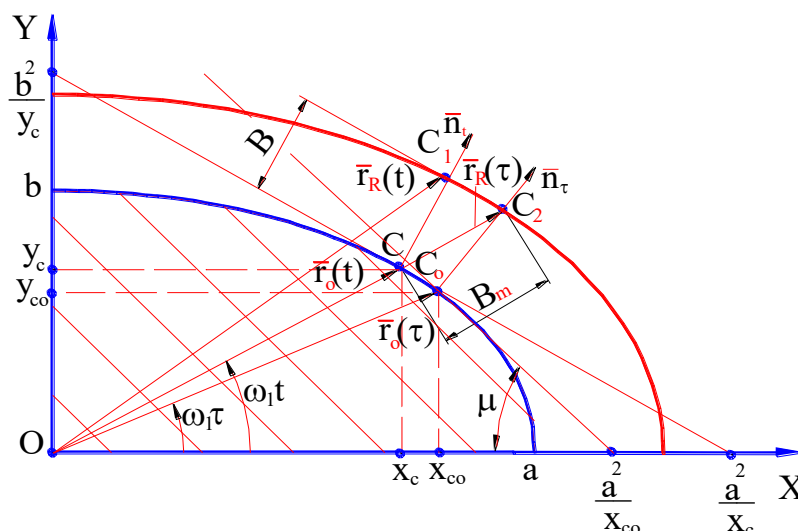


Рис. 4. Розрахункова схема векторного подання контурів навивної заготовки.

У виразі (17) $r_{(f2)2} \in [-0,5h(\tau)\cos(\alpha_h); 0,5h(\tau)\cos(\alpha_h)]$, де

$$h(\tau) = H_o \sqrt[4]{1 - B \sqrt{\left(\bar{R}'_{f2}{}^2 \bar{R}''_{f2}{}^2 - (\bar{R}'_{f2} \bar{R}''_{f2})^2 \right) / \left(\bar{R}'_{f2}{}^2 \right)^3}} = H_o (1 - B \times \quad (18)$$

$$\times \left(\left(\tilde{S} (r_R''^2(\tau) + 4r_R'^2(\tau)\omega_1^2 + r_R^2(\tau)\omega_1^4 - 2r_R(\tau)r_R''(\tau)\omega_1^2) - (r_R'(\tau)r_R''(\tau))^2 \right) / \tilde{S}^3 \right)^{0,25};$$

$$\alpha_h = \arctg \left(0,5\pi C / \int_0^{\pi/2\omega_1} \sqrt{r_R^2(\tau) + r_R'^2(\tau)} d\tau \right); \quad \tilde{S} = r_R'^2(\tau) + r_R^2(\tau)\omega_1^2 + C\omega_1^2.$$

Рівняння поверхонь f_3 і f_4 визначаються з розрахункової схеми (рис. 3):

$$\bar{R}_{f3} = (r_o(t) + r_{(f3)2} \cos(\gamma)) \cos(\omega_1 t) \bar{i} + (r_o(t) + r_{(f3)2} \cos(\gamma)) \sin(\omega_1 t) \bar{j} +$$

$$+ (0,5H(t) - r_{(f3)2} \sin(\gamma) + C\omega_1 t) \bar{k}; \quad r_{(f3)2} \in [0; (H(t) - h(\tau)) / 2 \sin(\gamma)];$$

$$\bar{R}_{f4} = (r_o(t) - r_{(f4)2} \cos(\gamma)) \cos(\omega_1 t) \bar{i} + (r_o(t) - r_{(f4)2} \cos(\gamma)) \sin(\omega_1 t) \bar{j} +$$

$$+ (C\omega_1 t - 0,5H(t) - r_{(f4)2} \sin(\gamma)) \bar{k}; \quad r_{(f4)2} \in [-(H(t) - h(\tau)) / 2 \sin(\gamma); 0],$$

де $\gamma = \arctg(0,5[H(t) - h(\tau)] / [r_R(\tau) - r_o(t)])$.

Запропонована математична модель відтворення геометрії РГЗ реалізується із застосуванням сучасних математичних програмних продуктів, таких, як Maple v7.0, Mathematica 4.1, MatLab v6.1, Microsoft Origin 6.10.52. Так, зокрема у середовищі програмного пакету Mathematica 4.1 складена програма, яка на основі запропонованих математичних залежностей дозволяє відтворювати та досліджувати геометрію РГЗ. На рис. 5 а і б зображено в аксонометрії різнопрофільні гвинтові заготовки – відповідно еліпсна та гофрована.

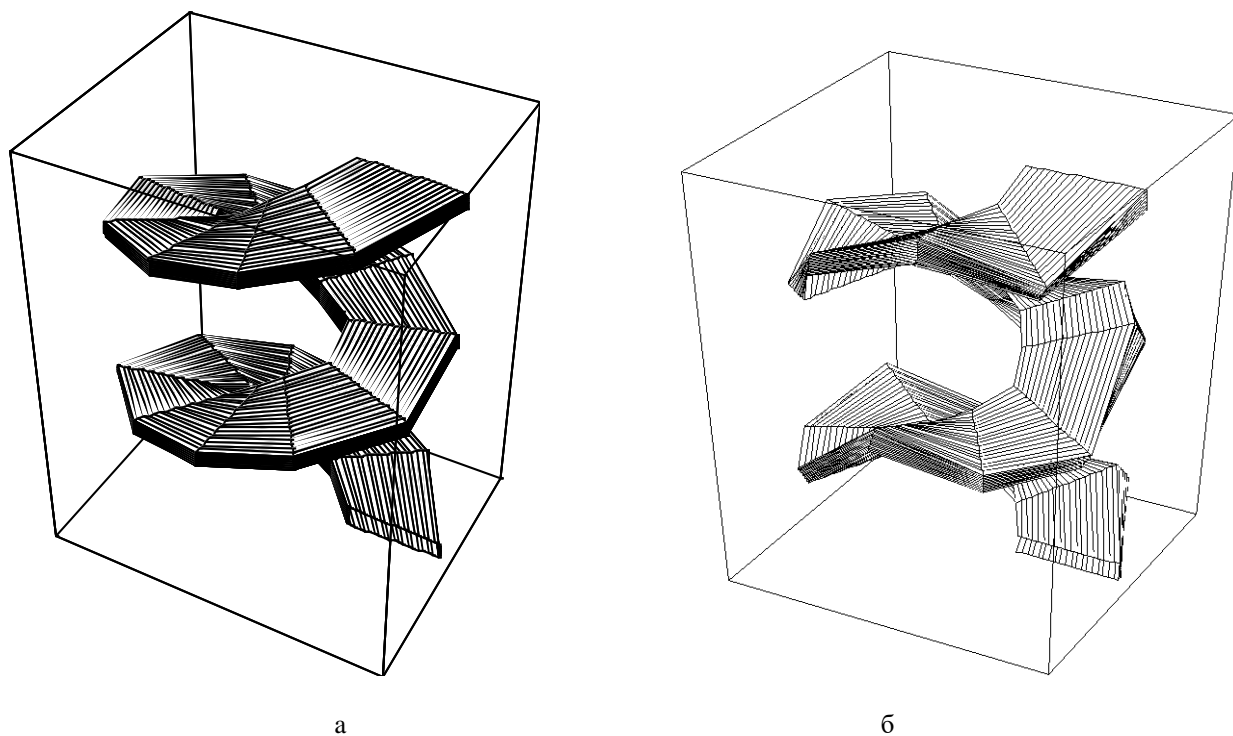


Рис. 5. Різнопрофільні гвинтові заготовки: еліпсна (а) та гофрована (б).

Таким чином, подана у роботі методика опису та математичного моделювання геометрії РГЗ є однією з ланок комплексного розв'язання теоретичних задач функціонування та відпрацювання їх

онструкцій на технологічність та оптимізації, що дозволить створювати найраціональніші конкурентні конструктивні схеми виконання профілів, використовуючи сучасні технічні засоби.

The thesis deals with problem of mathematical geometry description of different profile screw blanks. Analytical dependencies and condition of succession description are determinate. Example of description for screw ellipse blanks is presented.

Література

1. Top quality bending // TM Int. – 1989. - № 2. – P. 58 –62.
2. Roberto M. Pieghe a volonta. - Lamiera. – 1990. - № 6. – S. 48 – 54.
3. Boscchiero E. Avvolgitriei di mollei jcchio alla scelta // Tecnol. filo. – 1990. - № 1. – S. 44 - 46.
4. Geiger M., Hoffinan M. Datenorganisation in einem wissensbasierten System zur Biegestadien planung // ZF. – 1990. - № 11. – S. 593 – 597.
5. Ehrismann R., Huwiler B., Reissner J.Einsatz von regel und algorithmen-basierten Verfahren bei der Bestimmung von Biegefoigen // Blech Rohre Profile. – 1991. - № 8. – S. 289 – 293.
6. Entwicklungen und Trends bei Maschinen zur Herstellung ron Federn // Federn-Ketten-Biegeteile. – 1989. - № 1, I. 18 – 20.
7. Дружинский И. А. Сложные поверхности: математическое описание и технологическое обеспечение: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1985. – 263 с.
8. Капаціла Ю. Б. Розробка і дослідження технологічних процесів багатофункціональних агрегатів для кормовиробництва: Дис... канд. техн. наук: 05.20.01, – Луцьк, 1999. – 145 с.
9. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: Дис... докт. техн. наук: 05.20.01, 05.05.05. – К., 1997.- 502 с.
10. Радзевич С.П. Формообразование сложных поверхностей на станках с ЧПУ. – К.: Выща шк., 1991. – 192 с.
11. Пилипець М. І., Васильків В. В., Радик Д. Л. Багатоваріантні структури класифікації особливостей виконання різнопрофільних гвинтових заготовок. – Луцьк : ЛДТУ, 2001. – с. 204 – 213.
12. Данильченко Л. М. Технологічне забезпечення точності формоутворення витих заготовок: Дис... канд. техн. наук: 05.02.08. – Львів, 2001. – 175 с.

Одержано 08.12.2001 р.