Invenţia se referă la construcţia de maşini şi anume la angrenaje precesionale.
Este cunoscută transmisia precesională în care pasul dinţilor profilului în arc de cerc diferă de pasul dinţilor cu profil curbiliniu, care este descris în secţiune normală de un sistem de ecuaţii parametrice [1]. Neajunsul transmisiei examinate constă în faptul că ecuaţiile parametrice ale profilului nu permit modificarea lui în scopul majorării capacităţii portante a transmisiei.
Este cunoscut procedeul de prelucrare a dinţilor modificaţi ai angrenajului precesional cu sculă care efectuează mişcări coordonate în raport cu sistemele de coordonate mobil (X_1, Y_1, Z_1) şi imobil (X, Y, Z), originea cărora coincide cu centrul mişcării de precesie, iar sculei i se comunică o deplasare suplimentară faţă de sistemele de coordonate X_1 şi Y_1, stabilită de ecuaţii parametrice [2]. Neajunsul procedeului cunoscut constă în posibilităţile tehnologice înguste condiţionate de imposibilitatea prelucrării dinţilor cu modificare reglabilă de profil.
Problema pe care o rezolvă prezenta invenţie este ridicarea capacităţii portante a angrenajului şi lărgirea posibilităţilor tehnologice pe contul modificării de profil a dinţilor cu valoarea reglabilă a modificării.
Problema formulată este rezolvată prin faptul că în angrenajul precesional cu diferenţa între numărul dinţilor angrenaţi egală cu unu, unul din profiluri este executat în arc de cerc, iar altul este curbiliniu, descris în secţiune normală de ecuaţii parametrice, profilul curbiliniu este descris în secţiune normală de ecuaţiile:

$$\xi^m = X_E^{''m} cos\frac{\pi}{Z_1} + \left[R_D cos\,(\delta+\theta+\beta) + Y_E^{''m}\right] sin\frac{\pi}{Z_1};$$

$$\xi^m = X_E^{''m} sin\gamma\, sin\frac{\pi}{Z_1} - \left[R_D cos(\delta+\theta+\beta) + Y_E^{''m}\right] sin\gamma\, cos\frac{\pi}{Z_1} +$$

$$+\left[R_D sin(\delta+\theta+\beta) + Z_E^{''m}\right] cos\gamma,$$

unde:

$$sin\gamma = tg\,(\delta+\theta+\beta)\Big/\left[cos^2\frac{\pi}{Z_1} + tg^2(\delta+\theta+\beta)\right]^{1/2};$$

$$cos\gamma = cos\frac{\pi}{Z_1}\Big/\left[cos^2\frac{\pi}{Z_1} + tg^2(\delta+\theta+\beta)\right]^{1/2},$$

în care: δ - unghiul axoidei conice pe care sunt amplasaţi dinţii în arc de cerc;
β - unghiul de conicitate a dinţilor în arc de cerc;
θ - unghiul de nutaţie, egal cu unghiul dintre axa OZ_1 şi axa OZ;
Z_1 - numărul dinţilor cu profil curbiliniu;
R_D - distanţa de la centrul de curbură a dintelui în arc de cerc până la centrul de precesie (originea sistemelor de coordonate $OXYZ$ şi $OX_1Y_1Z_1$).

$$X_E^{''m} = \varepsilon^m \cdot X_{1E}^m,$$

$$Y_E^{''m} = \varepsilon^m \cdot Y_{1E}^m,$$

$$Z_E^{''m} = \varepsilon^m \cdot Z_{1E}^m,$$

unde: $X_E^{''m}$, $Y_E^{''m}$, $Z_E^{''m}$ sunt coordonatele punctului E al profilului curbiliniu în secţiune transversală (indexul “*m*” înseamnă “modificat”);
X_{1E}^m, Y_{1E}^m, Z_{1E}^m - coordonatele punctului E al profilului curbiliniu pe sferă.

$$\varepsilon^m = -D\Big/\left[AX_{1E}^m + BY_{1E}^m + CZ_{1E}^m\right],$$

unde:

$$A = (Z_{E_2} - Z_{E_1})n_Y - (Y_{E_2} - Y_{E_1})n_Z;$$

$$B = (X_{E_2} - X_{E_1})n_Z - (Z_{E_2} - Z_{E_1})n_X;$$

$$C = (Y_{E_2} - Y_{E_1})n_X - (X_{E_2} - X_{E_1})n_Y;$$

$$D = (Y_{E_1}Z_{E_2} - Y_{E_2}Z_{E_1})n_X + (X_{E_2}Z_{E_1} - Z_{E_2}X_{E_1})n_Y +$$

$$+(X_{E_1}Y_{E_2} - X_{E_2}Y_{E_1})n_Z,$$

în care: X_{E_1}, Y_{E_1}, Z_{E_1} şi X_{E_2}, Y_{E_2}, Z_{E_2} sunt coordonatele punctelor minime ale profilului dintelui iniţial E_1 şi final E_2;

n_X, n_Y, n_Z - proiecțiile vectorului $\boldsymbol{n}$ colinear cu vectorul vitezei punctului $\boldsymbol{D}$ al profilului în arc de cerc.

$$n_X = Y_{E1}Z_{E2} - Y_{E2}Z_{E1};$$

$$n_Y = X_{E2}Z_{E1} - X_{E1}Z_{E2};$$

$$n_Z = X_{E1}Y_{E2} - X_{E2}Y_{E1},$$

iar conform procedeului de realizare a angrenajului precesional cu sculă care efectuează mişcări coordonate în raport cu sistemele de coordonate mobil (X_1, Y_1, Z_1) şi imobil (X, Y, Z), originea cărora coincide cu centrul mişcării de precesie, şi este legată cu partea imobilă cu ajutorul unui mecanism de legătură, sculei i se comunică o deplasare suplimentară faţă de coordonatele X_1 şi Y_1, generată de cama mecanismului de legătură şi stabilită de ecuaţiile parametrice

$$X_C^m = 0;$$

$$Y_C^m = \sqrt{R_C^2 - (Z_C^m)^2};$$

$$Z_C^m = Z_C,$$

unde R_C este distanţa de la punctul $\boldsymbol{C}$ al axei mecanismului de legătură până la centrul de precesie (originea $\boldsymbol{O}$ a sistemelor de coordonate **OXYZ** şi $OX_1Y_1Z_1$);

Z_C - componenta traiectoriei nemodificate a punctului $\boldsymbol{C}$ pe axa $\boldsymbol{Z}$,

totodată traiectoria modificată a centrului $\boldsymbol{D}$ al sculei este descrisă de ecuaţiile

$$X_D^m = -\sin\delta \sin\left[Y_C^m \sin\theta + Z_C^m (1-\cos\theta)\cos\psi\right];$$

$$Y_D^m = -Y_C^m \cos\delta + Z_C^m \sin\delta \left[\cos^2\psi + \cos\theta \sin^2\psi\right];$$

$$Z_D^m = -Y_C^m \sin\delta (\cos^2\psi + \cos\theta \sin^2\psi) - Z_C^m \cos\delta,$$

unde:

Ψ - unghiul de rotaţie a manivelei.

Angrenajul şi procedeul de realizare a lui, conform invenţiei, asigură următoarele avantaje:

- posibilitatea obţinerii profilurilor dinţilor cu capacitate portantă ridicată;
- posibilitatea realizării acestor profiluri cu valoare reglabilă a modificării;
- creşterea preciziei de prelucrare a dinţilor.

În continuare se prezintă exemple de realizare a invenţiei, cu referire la fig. 1 şi 2, care reprezintă: fig. 1 - modelul matematic al angrenajului precesional şi schema principială de realizare a procedeului de prelucrare; fig. 2 - profilul dintelui în secţiune normală.

Angrenajul precesional (fig. 1) include dinţii 1 cu profil curbiliniu şi dinţii 2 cu profil în arc de cerc, executaţi în roata satelit, instalată pe manivela 3 a arborelui conducător 4.

Angrenajul precesional funcţionează în modul următor: la angrenarea dinţilor curbilinii 1 şi în arc de cerc 2 roata dinţată cu dinţii 1 se va roti (roata cu dinţii 2 este legată cu partea imobilă) cu gradul de reducţie

$$i = \frac{Z_1}{Z_2 - Z_1},$$

unde Z_1 şi Z_2 sunt numărul de dinţi 1 şi 2, respectiv, stabiliţi de corelaţia

$Z_1 = Z_2 \pm 1.$

Pentru modificarea profilului dinţilor angrenajului precesional se propune schema principială de realizare a procedeului (fig. 1), în care scula 2 (care efectuează aceeaşi mişcare de precesie ca dinţii sau rolele conice) este legată cu partea imobilă prin mecanismul de legătură 5, căruia i se comunică microdeplasări în planul X_1Y_1 de la cama 6 prin intermediul pârghiei 7. Semifabricatul se prinde pe masa dispozitivului de realizare a procedeului cu ajutorul mecanismului de prindere 8.

Modificarea traiectoriei mişcării sculei se face prin comunicarea unei mişcări suplimentare de la cama 6 cu pârghia 7 şi mecanismul de legătură cinematică. Cama face ca coordonata X_C a punctului să fie nulă, iar aceasta prin modificare de profil a dinţilor face ca funcţia de transmitere a rotaţiilor să fie constantă.

Coordonatele punctului $\boldsymbol{C}$ al axei mecanismului de legătură după ce i se comunică o mişcare suplimentară de la camă devin

$$X_C^m = 0;$$

$$Y_C^m = \sqrt{R_C^2 - (Z_C^m)^2}; \qquad (1)$$

$$Z_C^m = Z_C.$$

Coordonatele punctului D^m modificat sunt

$$X_D^m = -\sin\delta\,\sin\left[Y_C^m \sin\theta + Z_C^m (1-\cos\theta)\cos\psi\right];$$
$$Y_D^m = -Y_C^m \cos\delta + Z_C^m \ \sin\delta\left[\cos^2\psi + \cos\theta\,\sin^2\psi\right]; \qquad (2)$$
$$Z_D^m = -Y_C^m \sin\delta(\cos^2\psi + \cos\theta\,\sin^2\psi) - Z_C^m \cos\delta,$$

θ - unghiul de nutație, egal cu unghiul dintre axa OZ_1 și axa OZ.

Mişcarea punctului D^m în raport cu sistemul de coordonate mobil legat rigid de semifabricat se descrie cu ajutorul formulelor

$$X_{1D}^m = X_D^m \cos\frac{\psi}{Z_1} - Y_D^m \sin\frac{\psi}{Z_1};$$
$$X_{1D}^m = X_D^m \sin\frac{\psi}{Z_1} + Y_D^m \cos\frac{\psi}{Z_1}; \qquad (3)$$
$$Z_{1D}^m = Z_D^m.$$

Proiecțiile vitezelor punctelor C^m şi D^m se calculează după formulele

$$\dot{Z}_C^m = -R_C \sin\theta\,\sin\psi\cdot\dot{\psi};$$
$$\dot{Y}_C^m = -\frac{Z_C^m}{Y_C^m}\dot{Z}_C^m;$$
$$\dot{X}_D^m = -\sin\delta\,\cos\psi\left[Y_C^m \sin\theta + Z_C^m (1-\cos\theta)\cos\psi\right]\dot{\psi} -$$
$$-\sin\delta\,\sin\psi\left[\dot{Y}_C^m \sin\theta + \dot{Z}_C^m (1-\cos\theta)\cos\psi - Z_C^m (1-\cos\theta)\sin\psi\cdot\dot{\psi}\right]; \qquad (4)$$
$$\dot{Y}_D^m = -\dot{Y}_C^m \cos\delta + \dot{Z}_C^m \sin\delta\left[\cos^2\psi + \cos\theta\,\sin^2\psi\right] +$$
$$+ Z_C^m \sin\delta\left[-2\cos\psi\,\sin\psi + 2\cos\theta\,\sin\psi\,\cos\psi\right]\dot{\psi};$$
$$\dot{X}_{1D}^m = \dot{X}_D^m \cos\frac{\psi}{Z_1} - \frac{\dot{\psi}}{Z_1} X_D^m \sin\frac{\psi}{Z_1} - \dot{Y}_D^m \sin\frac{\psi}{Z_1} - \frac{\dot{\psi}}{Z_1} Y_D^m \cos\frac{\psi}{Z_1};$$
$$\dot{Y}_{1D}^m = \dot{X}_D^m \sin\frac{\psi}{Z_1} + \frac{\dot{\psi}}{Z_1} X_D^m \cos\frac{\psi}{Z_1} + \dot{Y}_D^m \cos\frac{\psi}{Z_1} - \frac{\dot{\psi}}{Z_1} Y_D^m \sin\frac{\psi}{Z_1}.$$

Coordonatele punctului E^m pe sferă se calculează după formulele

$$X_{1E}^m = K_2^m Z_{1E}^m + d_2^m;$$
$$Y_{1E}^m = K_1^m Z_{1E}^m - d_1^m; \qquad (5)$$
$$Z_{1E}^m = \Big\{ (K_1^m d_1^m - K_2^m d_2^m) - [(K_1^m d_1^m - K_2^m d_2^m)^2 + (K_1^{m^2} + K_2^{m^2} + 1) \times$$
$$\times (R_D^2 - d_1^{m^2} - d_2^{m^2})]^{1/2} \Big\} \Big/ (K_1^{m^2} + K_2^{m^2} + 1),$$

unde:

$$K_1^m = \left[X_{1D}^m\left(X_{1D}^m \dot{X}_{1D}^m + Y_{1D}^m \dot{Y}_{1D}^m\right) + Z_{1D}^{m\,2}\ \dot{X}_{1D}^m\right] \Big/ \left[Z_{1D}^m\left(X_{1D}^m \dot{Y}_{1D}^m - Y_{1D}^m \dot{X}_{1D}^m\right)\right];$$
$$K_2^m = -(K_1^m Y_{1D}^m + Z_{1D}^m) / X_{1D}^m;$$
$$d_1^m = R_D^2 \cos\beta\ \dot{X}_{1D}^m \Big/ \left(X_{1D}^m \dot{Y}_{1D}^m - \dot{X}_{1D}^m\ Y_{1D}^m\right);$$
$$d_2^m = \left(R_D^2 \cos\beta + d_1^m Y_{1D}^m\right) / X_{1D}^m.$$

Proiecția punctului E^m pe planul transversal al dintelui are coordonatele

$$X''^{m}_{E} = \varepsilon^{m} \cdot X^{m}_{1E}, \quad Y''^{m}_{E} = \varepsilon^{m} \cdot Y^{m}_{1E}, \quad Z''^{m}_{E} = \varepsilon^{m} \cdot Z^{m}_{1E} \qquad (6)$$

unde: $\varepsilon^{m} = -D/\left[AX^{m}_{1E} + BY^{m}_{1E} + CZ^{m}_{1E}\right]$,

iar

$$A = \left(Z_{E_2} - Z_{E_1}\right)n_Y - \left(Y_{E_2} - Y_{E_1}\right)n_Z;$$

$$B = \left(X_{E_2} - X_{E_1}\right)n_Z - \left(Z_{E_2} - Z_{E_1}\right)n_X;$$

$$C = \left(Y_{E_2} - Y_{E_1}\right)n_X - \left(X_{E_2} - X_{E_1}\right)n_Y;$$

$$D = (Y_{E_1}Z_{E_2} - Y_{E_2}Z_{E_1})n_X + (X_{E_2}Z_{E_1} - Z_{E_2}X_{E_1})n_Y + (X_{E_1}Y_{E_2} - X_{E_2}Y_{E_1})n_Z;$$

$$n_X = Y_{E_1}Z_{E_2} - Y_{E_2}Z_{E_1};$$

$$n_Y = X_{E_2}Z_{E_1} - X_{E_1}Z_{E_2};$$

$$n_Z = X_{E_1}Y_{E_2} - X_{E_2}Y_{E_1}$$

în care: $X_{E_1}, Y_{E_1}, Z_{E_1}$ şi $X_{E_2}, Y_{E_2}, Z_{E_2}$ sunt coordonatele punctelor minime ale profilului dintelui inițial E_1 şi final E_2;

n_X, n_Y, n_Z - proiecțiile vectorului n coliniar cu vectorul vitezei punctului D al profilului în arc de cerc.

Profilul modificat al dintelui se descrie de ecuațiile

$$\xi^m = X''^{m}_{E}\cos\frac{\pi}{Z_1} + \left[R_D\cos(\delta+\theta+\beta) + Y''^{m}_{E}\right]\sin\frac{\pi}{Z_1};$$

$$\xi^m = X''^{m}_{E}\sin\gamma\sin\frac{\pi}{Z_1} - \left[R_D\cos(\delta+\theta+\beta) + Y''^{m}_{E}\right]\sin\gamma\cos\frac{\pi}{Z_1} +$$

$$+\left[R_D\sin(\delta+\theta+\beta) + Z''^{m}_{E}\right]\cos\gamma, \qquad (7)$$

unde:

$$sing\,\gamma = tg(\delta+\theta+\beta)\Big/\left[\cos^2\frac{\pi}{Z_1} + tg^2(\delta+\theta+\beta)\right]^{1/2};$$

$$\cos\gamma = \cos\frac{\pi}{Z_1}\Big/\left[\cos^2\frac{\pi}{Z_1} + tg^2(\delta+\theta+\beta)\right]^{1/2}.$$

Cama pentru realizarea modificării va fi descrisă în coordonate polare r, φ.

Raza r se calculează conform formulei

$r = C_1 + C_2 \bullet X_C$ (8)

unde C_1 este o constantă egală cu raza camei în punctele unde $X_C=0$, iar C_2 este raportul dintre brațele pârghiei de transmitere a valorii modificării sculei. Coordonata X_C este funcție de unghiul de precesie Ψ.

Ecuațiile parametrice ale camei sunt:

$X_{Ca} = r\cos\varphi;$

$Y_{Ca} = r\sin\varphi,$

în care: φ - unghiul de rotație a camei, variază de la 0 până la 2π rad.

Angrenajul propus permite ridicarea capacității portante a transmisiei datorită realizării la stadiul de fabricare a modificării de profil, valoarea de modificare a căruia este dictată de nivelul tensiunilor care apar la solicitarea dinților nemodificați.

Metoda de realizare a angrenajului propus permite lărgirea posibilităților tehnologice exprimată prin prelucrarea întregii game de profiluri ale dinților cu valoarea de modificare dictată de fiecare caz concret de solicitare.

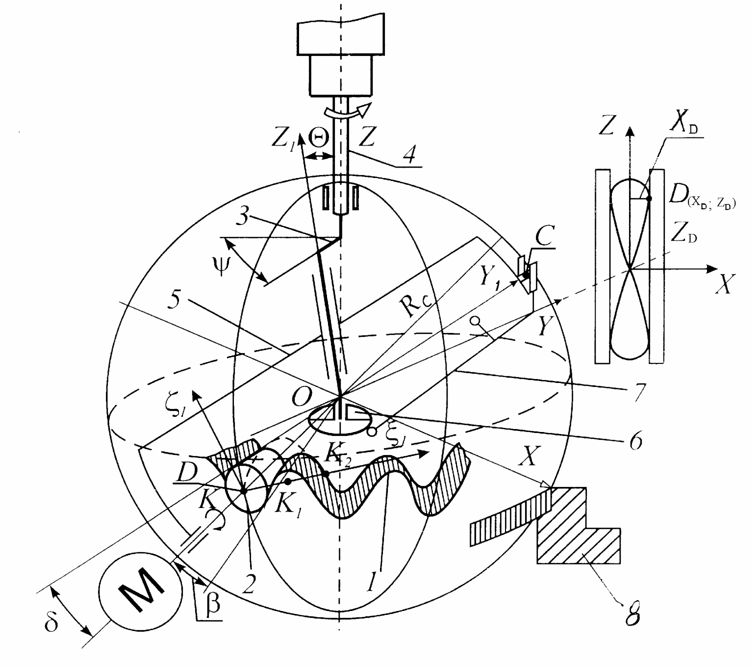
Z
X_D
D(X_D; Z_D)
Z_D
X
C
Y_1
Rc
Y
Z_1
Θ
Z
4
3
Ψ
5
O
7
6
ζ_1
ξ_1
K_2
X
D
K
K_1
2
1
8
M
β
δ

Fig. 1

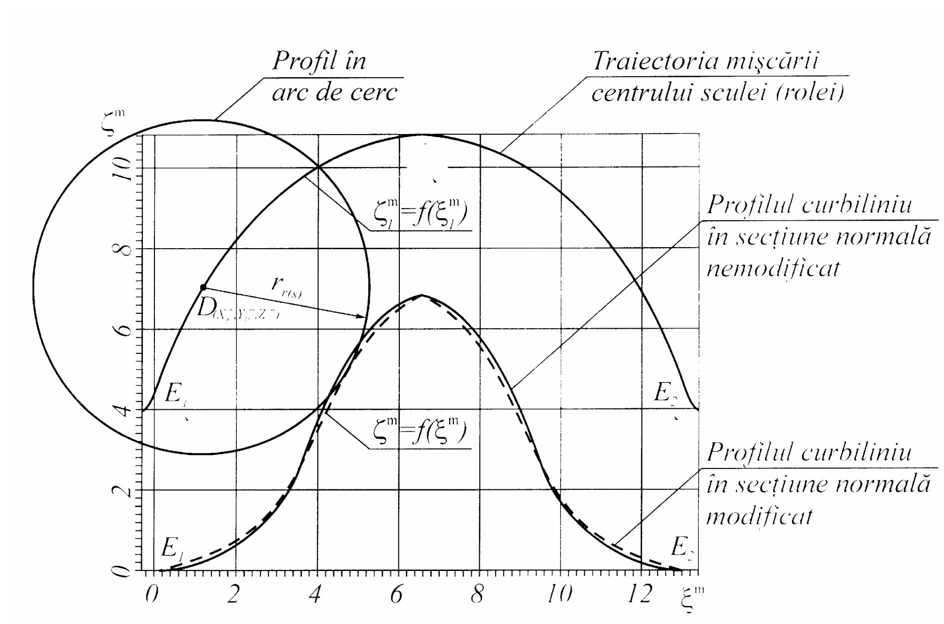
Profil în
arc de cerc
Traiectoria mişcării
centrului sculei (rolei)
ζ^m_1=f(ξ^m_1)
Profilul curbiliniu
în secţiune normală
nemodificat
r_r(s)
E_1
E_2
ζ^m=f(ξ^m)
Profilul curbiliniu
în secţiune normală
modificat
ζ^m
ξ^m
0
2
4
6
8
10
12

Fig. 2