

UTILIZAREA TEHNOLOGIILOR NECONVENȚIONALE LA PRELUCRAREA ROȚILOR DINȚATE PRECESIONALE.

Ion Dicusară, dr.conf.univ.

Universitatea Tehnică a Moldovei

GENERALITĂȚI

Necesitatea căutării metodelor și procedurilor noi de prelucrare a materialelor este dictată de tendința lărgirii posibilităților tehnologului în alegerea soluțiilor tehnologice optime. Prelucrarea fizico-chimică a materialelor este un grup de metode, proceduri și tehnologii de prelucrare a materialelor, care nu sunt bazate pe solicitarea mecanică a semifabricatului și conceput pentru rezolvarea celor mai dificile probleme tehnologice. Astfel, metodele fizico-chimice de prelucrare sunt baza elaborării tehnologiilor scientintensive, deseori unice, care în ansamblu cu prelucrarea tradițională prin așchiere, asigură industria constructoare de mașini cu scule în stare să soluționeze practic orice problemă de producere.

1. ASPECTE TEHNOLOGICE ALE PRELUCRĂRII PRIN ELECTROEROZIUNE

Prelucrarea prin electroeroziune [1, 2] constă în dislocarea de materie din două obiecte prin topirea și vaporizarea unor zone mici de metal prin impulsuri de energie electrică, declanșate periodic de generatoare speciale. Prelucrarea are loc într-un mediu lichid și forțele hidrodinamice care se dezvoltă în spațiul inter-electrozi în momentul descărcării împing cantitatea topită de metal din zona prelucrării. Astfel electrodul poate să erodeze treptat metal din piesa legată cu polul la care se degajă mai multă căldură. În prelucrarea materialelor prin electroeroziune, fenomenul distructiv este optimizat și controlat prin feedback.

Prin metoda de electroeroziune se pot prelucra piese de formă complexă, de exemplu, locașurile ștanțelor și formelor de presare, găurile de formă necilindrică etc. De obicei, metodele de electroeroziune se utilizează în principal pentru prelucrări de precizie ale suprafețelor spațiale complexe.

Productivitatea prelucrării prin electroeroziune și rugozitatea suprafeței depind de energia, durata și frecvența impulsurilor comunicate sculei-

electrod. La sporirea energiei impulsului unitar, crește cantitatea de metal înlăturată și, implicit, crește dimensiunea cavității formate, deci și rugozitatea suprafeței. În funcție de regimul de prelucrare, se pot obține rugozități de diferite dimensiuni, care definesc calitatea suprafeței prelucrate.

Referindu-ne la prelucrarea danturilor roților dințate cu precizie și calitate înaltă a suprafețelor, este necesar ca la elaborarea procedurii să se țină cont de anumite aspecte ale interacțiunii electrod – piesă.

2. ELABORAREA SCULEI – ELECTROD MASIV ȘI PROCEDEU DE REALIZARE A EI

Roata dințată – sculă cu profil curbiliniu, descris în secțiune normală de ecuațiile parametrice:

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

$$\zeta^m = X_E^{nm} \sin \gamma \sin \frac{\pi}{Z_1} - [R_D \cos(\delta + \theta + \beta) + Y_E^{nm}] \times \\ \times \sin \gamma \cos \frac{\pi}{Z_1} + [R_D \sin(\delta + \theta + \beta) + Z_E^{nm}] \cos \gamma.$$

unde:

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

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

coordonata ξ^m se modifică cu valoarea $\Delta_i(\psi)$ și este descris de ecuația parametrică modificată:

$$\xi^m = X_E^{nm} \cos \frac{\pi}{Z_1} + [R_D \cos(\delta + \theta + \beta) + Y_E^{nm}] \sin \frac{\pi}{Z_1} - \Delta_i(\psi),$$

unde: $\Delta_i(\psi)$ este valoarea modificării profilului dinților roții dințate – sculă

$$\Delta_i(\psi) = a \left(\frac{1}{\cos \alpha_i(\psi)} - 1 \right),$$

unde: $a = (0,08...0,76) \text{ mm}$ – valoarea interstițiului la prelucrarea cu roata dințată – sculă prin eroziune electrochimică a matrițelor,

$$\alpha_i(\psi) = \arctg \frac{\xi_{i+1}^m - \xi_i^m}{\zeta_{i+1}^m - \zeta_i^m} - \text{unghiul dintre tangenta}$$

la punctul considerat al profilului dintelui roții dințate – sculă și direcția de avans la prelucrarea ei.

Conform procedeeului de prelucrare a roții dințate – sculă cu profil convex – concav al dinților, care include efectuarea cu scula a unor mișcări coordonate în raport cu sistemele de coordonate mobil (X_I, Y_I, Z_I) și imobil (X, Y, Z), originea cărora coincide cu centrul mișcării de precesie, și este legată cu partea imobilă cu ajutorul unui mecanism de legătură sculei i se comunică deplasare suplimentară față de coordonatele X_I și Y_I , generată de cama mecanismului de legătură și stabilită de ecuațiile parametrice:

$$X_C^{*m} = 0; Y_C^{*m} = Y_C^m - \Delta(i\psi); Z_C^{*m} = Z_C^m,$$

$$\text{unde: } \Delta i(\psi) = a \left(\frac{1}{\cos \alpha_i(\psi)} - 1 \right),$$

iar traiectoria modificată a centrului D al sculei este descrisă de ecuațiile:

$$\begin{aligned} X_D^{*m} &= -\sin \delta \sin [Y_C^{*m} \sin \theta + Z_C^{*m} (1 - \cos \theta) \cos \psi]; \\ Y_D^{*m} &= -Y_C^{*m} \cos \delta + Z_C^{*m} \sin \delta [\cos^2 \psi + \cos \theta \sin^2 \psi]; \\ Z_D^{*m} &= -Y_C^{*m} \sin \delta (\cos^2 \psi + \cos \theta \sin^2 \psi) - Z_C^{*m} \cos \delta. \end{aligned}$$

Roțile dințate – scule cu profil convex – concav al dinților asigură prelucrarea matrițelor formelor de turnare a roților dințate din mase plastice cu precizie înaltă a profilului dinților roților dințate și diferiți parametri geometrici.

Roata dințată – sculă (fig. 1) include coroana danturată 1 cu dinți curbilini 2, profilul cărora (fig. 2) este descris de ecuațiile parametrice:

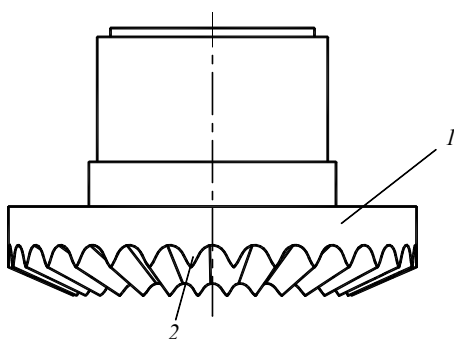


Figura 1. Roata dințată sculă. 1 – coroana danturată; 2 – dinți curbilini.

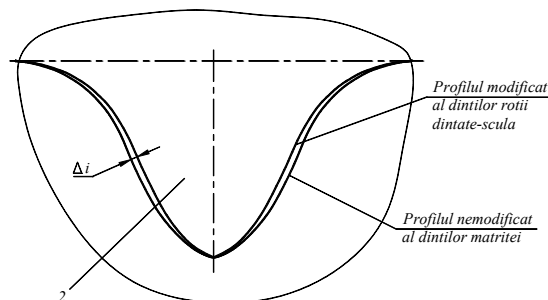


Figura 2. Modificarea profilului dinților.

$$\xi^m = X_E^{*m} \cos \frac{\pi}{Z_I} + [R_D \cos(\delta + \theta + \beta) + Y_E^{*m}] \sin \frac{\pi}{Z_I} - \Delta i(\psi);$$

$$\begin{aligned} \zeta^m &= X_E^{*m} \sin \gamma \sin \frac{\pi}{Z_I} - [R_D \cos(\delta + \theta + \beta) + Y_E^{*m}] \sin \gamma \cos \frac{\pi}{Z_I} + \\ &+ [R_D \sin(\delta + \theta + \beta) + Z_E^{*m}] \cos \gamma, \end{aligned}$$

unde:

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

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

$X_E^{*m}, Y_E^{*m}, Z_E^{*m}$ – proiecțiile punctului E^m pe planul transversal al dinților;

R_D – distanța de la centrul de curbură a dintelui în arc de cerc până la centrul de precesie;

Z_I – numărul dinților roții dințate – sculă cu profil convex – concav;

θ – unghiul de nutație;

β – unghiul de conicitate a sculei (pietrei de rectificat) pentru prelucrarea roții dințate – sculă;

δ – unghiul axoidei conice;

$\Delta i(\psi)$ – valoarea modificării profilului dinților roții dințate – scule.

Pentru determinarea valorii modificării profilului dinților $\Delta i(\psi)$ analizăm schemele (fig. 3 și 4).

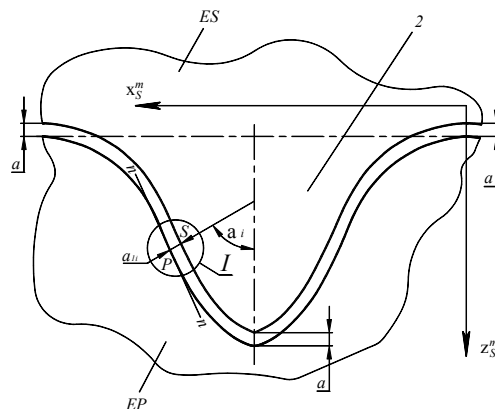


Figura 3. Schema determinării valorii modificării profilului dinților.

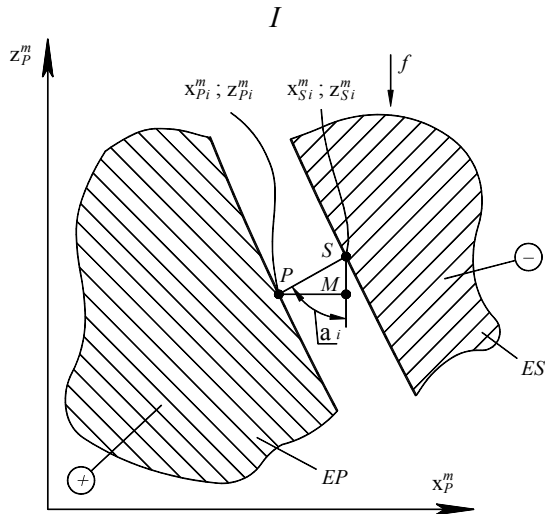


Figura 4. Vederea I mărită a schemei determinării valorii modificării profilului dinților.

Din fig. 3 și 4 se obține:

$$\begin{aligned} \xi_{Si}^m &= \xi_{Pi}^m - PM; \\ \zeta_{Si}^m &= \zeta_{Pi}^m - SM, \end{aligned} \quad (1)$$

iar

$$\begin{aligned} PM &= PS \sin \alpha_i; \\ SM &= PS \cos \alpha_i, \end{aligned} \quad (2)$$

$$PS = a_{i1} = \frac{a_{90^\circ}}{\cos \alpha_i}, \quad (3)$$

unde: a_{90° este valoarea interstițiului între sculă și semifabricat în cazul când $\alpha_i = 90^\circ$ (punctele minim de jos și maxim de sus ale dinților) și se recomandă în limitele ($a = 0,08 \div 0,76$) mm .

După înlocuirea ecuațiilor (3) în (2) și (2) în (1) obținem:

$$\begin{aligned} \xi_{Si}^m &= \xi_{Pi}^m - a \operatorname{tg} \alpha_i; \\ \zeta_{Si}^m &= \zeta_{Pi}^m - a, \end{aligned} \quad (4)$$

unde valoarea unghiului α_i poate fi determinat din relația:

$$\alpha_i = \arctg \frac{\xi_{Pi+1}^m - \xi_{Pi}^m}{\zeta_{Pi+1}^m - \zeta_{Pi}^m}, \quad (5)$$

și este funcție $\alpha_i = f(\psi)$, unde ψ este unghiul de rotire a manivelei 3 (fig.5).

Din analiza relațiilor obținute și a figurilor 2 și 3 vom stabili relația pentru determinarea valorii modificării profilului dinților roții dințate – scule:

$$\Delta i(\psi) = a_{i1} - a = a \left(\frac{1}{\cos \alpha_i(\psi)} - 1 \right). \quad (6)$$

Analiza relației arată că în cazul când $\alpha_i = 0$, $\Delta i = 0$. În cadrul unui ciclu complet de precesie (pasul unui dinte) $\alpha_i = 0$ se repetă de trei ori: la originea lui, care corespunde unghiului $\psi = 0$, la vârful lui $\psi = 180^\circ$ și la finele pasului $\psi = 360^\circ$. În intervalul $\psi = 0 \dots 180^\circ$ profilul dintelui va avea abaterea Δi – maximă pentru unghiul de angrenare α_i , max (fig. 4)

Pentru modificarea profilului dinților roților dințate – scule se propune schema principală de realizare a procedurii [3, 4] (fig. 5), în care semifabricatul 1 este prins de masa dispozitivului de realizare a procedurii, iar scula 2 (care efectuează mișcare de precesie, cu traiectoria mișcării corectate la valoarea necesară pentru compensarea erorii de profil a dinților matriței, obținuți prin electroeroziune) primește mișcare precesională de la manivela 3, legată rigid cu axul principal al dispozitivului 4. Scula 2, de asemenea, 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 de masa dispozitivului cu ajutorul mecanismului de prindere 8.

La prelucrarea dinților matrițelor formelor de turnare prin electroeroziune forma dinților se obține cu o oarecare eroare de profil. Aceasta se explică prin faptul că unele porțiuni ale dinților sunt supuse

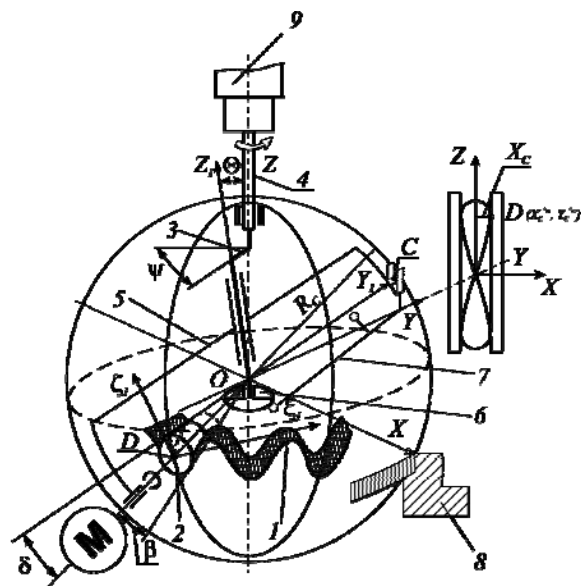


Figura 5. Schema principală de realizare a procedurii.

timp mai îndelungat prelucrării, realizându-se o dizolvare suplimentară de material în acele zone, mărimea interstițiului neavând valoare constantă pe întreaga suprafață a dintelui (fig. 3).

Pentru obținerea profilului real al dinților matrițelor (compensarea abaterii generate de dizolvarea suplimentară de material) este necesară modificarea profilului dinților roții dințate – scula cu valoarea Δi .

Pentru realizarea acestei modificări pe profilul dinților roții dințate – scule cu profil convex – concav sculei (pietrei de rectificat) i se comunică deplasări suplimentare față de coordonatele X_I și Y_I , generate de cama mecanismului de legătură și stabilite de ecuațiile parametrice:

$$X_C^{*m} = 0; Y_C^{*m} = Y_C^m - \Delta i; Z_C^{*m} = Z_C^m. \quad (7)$$

Astfel traiectoria mișcării centrului D^m al sculei (fig. 6) se va modifica și va fi descrisă de ecuațiile:

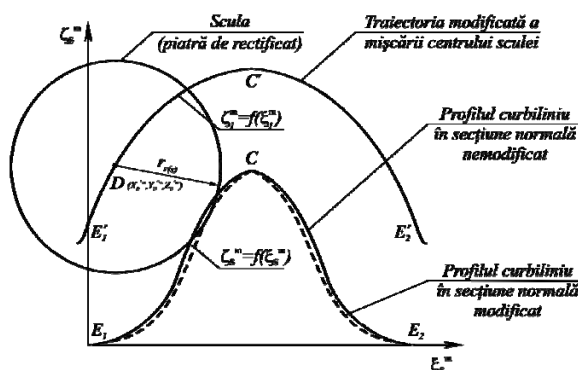


Figura 6. Traiectoria modificată a mișcării centrului D^m al sculei.

$$\begin{aligned} X_D^{*m} &= -\sin \delta \sin [Y_C^{*m} \sin \theta + Z_C^{*m} (1 - \cos \theta) \cos \psi]; \\ Y_D^{*m} &= -Y_C^{*m} \cos \delta + Z_C^{*m} \sin \delta [\cos^2 \psi + \cos \theta \sin^2 \psi]; \\ Z_D^{*m} &= -Y_C^{*m} \sin \delta (\cos^2 \psi + \cos \theta \sin^2 \psi) - Z_C^{*m} \cos \delta. \end{aligned} \quad (8)$$

Cama pentru realizarea modificării va fi descrisă în coordonate polare r , φ . Raza r se calculează conform formulei:

$$r = C_1 + C_2 \cdot X_C, \quad (9)$$

unde: C_1 este o constantă egală cu raza camei în punctele $X_C = 0$, 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:

$$\begin{aligned} X_{Ca} &= r \cos \psi; \\ Y_{Ca} &= r \sin \psi - \Delta i(\psi), \end{aligned} \quad (10)$$

în care ψ este unghiul de rotație, $\Delta i(\psi)$ – vezi (6).

Procedeul de prelucrare a roților dințate – scule permite lărgirea posibilităților tehnologice exprimată prin prelucrarea unei game largi de profile modificate ale dinților cu valoarea de modificare dictată de fiecare caz concret, funcție de parametrii geometrici ai dinților și valorile interstițiului.

CONCLUZII

Procedeul de prelucrare a roților dințate – scule pentru realizarea matrițelor asigură următoarele avantaje:

- posibilitatea obținerii roților dințate – scule cu profil, care consideră particularitățile prelucrării ulterioare a matrițelor formelor de turnare prin electroeroziune;
- precizie înaltă a suprafețelor generatoare ale sculei;
- posibilitatea realizării profilurilor dinților sculei cu forme diferite (convex – concav, în arc de cerc).

Lucrarea a fost efectuată în cadrul Proiectului Național de Cercetări Științifice Fundamentale nr. 1/UT din 24.03.2017 din Republica Moldova.

Bibliografie

1. Slătineanu, L. Tehnologii neconvenționale în construcția de mașini. Chișinău: Tehnica-Info, 2000. 255 p. ISBN 9975-910-99-8.
2. Selivanov K.S., Salahutdinov R.M. Elektrod-instrument dlea elektroerozionnoi obrabotki zubciatyh koles// Brevet nr. 2151033RU.
3. Bostan I., Babaian I. Metodă de prelucrare a dinților modificați ai transmisiei planetare precesionale// Brevet de invenție nr. 550MD. BOPI nr. 11/1996.
4. Bostan I., Țopa M., Dulgheru V., Vaculenco M. Angrenaj precesional și procedeu de realizare a lui// Brevet de invenție nr. 1886MD. BOPI nr. 3/2002.

Recomandat spre publicare: 21.06.2017.