

SISTEM TEHNOLOGIC DE GENERARE A DANTURILOR CU PROFIL CONVEX-CONCAV PRIN ELECTROEROZIUNE CU MIȘCARE SFERO-SPAȚIALĂ A SCULEI-ELECTROD MASIV

I. Dicusară

Universitatea Tehnică a Moldovei

GENERALITĂȚI

Necesitatea căutării metodelor și procedurilor noi de prelucrare a materialelor este dictată de tendința largirii 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 unicele, care în ansamblu cu prelucrarea tradițională prin așchiere, asigură industria constructoare de mașini cu scule în stare să soluționeze practic orice problemă de producere.

Poziția păstrării și dezvoltării tehnologiilor scientintensive provine din experiența mondială, care arată că țările industrial dezvoltate au obținut succese impresionante în dezvoltarea ramurilor conducătoare ale industriei și cucerirea pieței internaționale anume datorită folosirii tehnologiilor scientintensive. Aceasta tendință este drept urmare a rentabilității înalte a implementării elaborărilor științifice: este cunoscut că fiecare dolar, investit în știință și învățământ, asigură un beneficiu de 200÷500%.

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.

Evolutiv, procesul de electroeroziune se desfășoară în câteva faze care se succedază, în funcție de diferența de potențial electric V și de depărtarea dintre piesă și electrod. Procesele descrise au loc în microvolume, se produc rapid și într-un număr foarte mare, astfel încât efectul cumulat al acestora devine macroscopic.

Prin metoda de electroeroziune se pot prelucra piese de formă complexă, de exemplu, locașurile ștanțelor și presforma, găurile de formă necilindrică etc. De obicei, metodele de electroeroziune se utilizează în principal pentru prelucrări de precizie ale pieselor aparaturii radioelectronice și pentru prelucrarea 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. DISPOZITIV DE PRELUCRARE

Profilul dinților roților dințate, utilizate în angrenajul precesional, se modifică în funcție de valorile unghiurilor axoidei conice δ , de unghiul de conicitate a roților β , de unghiul de nutație θ , de numărul de dinți al roților dințate Z_1, Z_2 și de corelația între acești parametri.

Prelucrarea acestor profiluri a devenit mai accesibilă odată cu propunerea de către Dl acad. Ion Bostan a unei metode care asigură realizarea unei

mulțimi de profiluri ale dinților, utilizându-se o sculă cu aceiași parametri geometrice [3, 4].

Problema de bază în fabricarea transmisiilor planetare precesionale de dimensiuni mici constă în imposibilitatea generării danturilor roților centrale cu profil nestandard (convex-concav și variabil), deoarece dimensiunile semifabricatului sunt condiționate de dimensiunile sculei (piatra abrazivă, freză), care nu pot avea dimensiuni foarte mici (se micșorează rigiditatea sculei, scade viteza de așchiere și se mărește uzura).

Pentru extinderea ariei de utilizare a transmisiilor planetare precesionale de dimensiuni mici trebuie elaborate tehnologii neconvenționale de execuție a roților dințate centrale.

În domeniul prelucrării roților dințate pentru mini- și microangrenaje, perspective largi au tehnologiile neconvenționale, bazate pe utilizarea energiei laserului, fasciculelor de electroni, electroeroziunii etc.

În continuare se propune o variantă originală de dispozitiv dirijat numeric, pentru generarea danturilor cu profil convex-concav prin electroeroziune cu mișcare sfero-spațială a sculei-electrod masiv [5].

Dispozitivul de prelucrare prin mișcare sfero-spațială a sculei-electrod masiv (fig. 1) este constituit din carcasa 1 pe care este montată roata centrală (etalon) 2, cu dinții căreia angrenează coroana dințată 6 a satelitului-portsculă 5, instalat pe arborele-manivelă 4 cuplat cu servomotorul 3. Prelungirile generatoarelor dinților danturilor roții centrale imobile 2 și ale coroanei dințate 6 a satelitului-portsculă 5, precum și axa porțiunii înclinate a arborelui-manivelă 4 se intersectează în centrul O , denumit *centru de precesie*. Scula-electrod masiv 7 cu dinți în arc de cerc este montată fix pe satelitul-portsculă 5, astfel încât prelungirile generatoarelor dinților sculei-electrod de asemenea să se intersecteze în centrul de precesie O .

La rotirea arborelui-manivelă 4, cuplat cu servomotorul 3, satelitul-portsculă 5 efectuează mișcare sfero-spațială în jurul centrului de precesie O . În cazul în care roata centrală fixă 2 are numărul de dinți Z_2 , iar coroana dințată 6 a satelitului-portsculă 5 $Z_6 = Z_2 + 1$, ultimul se va roti în jurul

propriei axe cu raportul de reducere $i = -\frac{Z_6}{Z_6 - Z_2}$

în sens opus rotirii arborelui-manivelă 4, iar în cazul în care $Z_6 = Z_2 - 1$, se va roti în același sens cu arborele-manivelă 4. Scula-electrod 7, fiind instalată fix pe satelitul-portsculă 5, este antrenată în mișcările sfero-spațială în jurul centrului de precesie O și de rotație în jurul propriei axe cu

aceeași reducere $i = \pm \frac{Z_6}{Z_6 - Z_2}$.

În cazul în care prelungirile generatoarelor dinților sculei-electrod 7 se intersectează în același centru de precesie O ca și prelungirile generatoarelor dinților angrenajului format din roata centrală 2 și coroana dințată 6 a satelitului-portsculă 5, interacțiunea danturii sculei-electrod 7 cu semifabricatul 8 va fi similară cu cea din transmisia precesională reală.

Pentru ca scula-electrod 7 în mișcarea sa sfero-spațială să genereze corect profilul dinților în semifabricatul 8, este necesar ca angrenarea acestora să se reproducă similar cu angrenarea din transmisia reală. Aceasta se realizează prin coordonarea componentelor mișcării sfero-spațiale de precesie ψ , de rotire a satelitului-portsculă în jurul axei proprii φ și de nutație θ .

Reieșind din analiza cinematicii TPP [3, 4], se propun două variante de interacțiune a sculei-electrod 7 cu semifabricatul 8.

În prima variantă admitem că semifabricatul 8 nu se rotește, deci $\omega_8 = 0$ (fig. 1. b). În acest caz raportul de transmitere i a mișcării de rotație de la arborele-manivelă 4 către semifabricatul 8 trebuie să fie infinit: $i = \infty$. Acest raport poate fi realizat prin selectarea coraportului numărului de dinți, și anume: numărul dinților roții centrale Z_2 trebuie să fie egal cu cel al roții fabricate (semifabricatului) Z_8 ; numărul dinților coroanei dințate 6 a satelitului-portsculă 5 Z_6 trebuie să fie egal cu numărul dinților danturii sculei-electrod 7 Z_7 , iar coraportul $Z_2 = Z_6 - 1$ și $Z_8 = Z_7 - 1$.

Deci, în cazul în care $Z_2 = Z_8$, $Z_6 = Z_7$, $Z_2 = Z_6 - 1$ și $Z_8 = Z_7 - 1$,

$$i = -\frac{Z_6 Z_8}{Z_2 Z_7 - Z_6 Z_8} = \infty.$$

În această variantă satelitul-portsculă 5 și scula-electrod 7 vor efectua mișcare sfero-spațială în jurul centrului de precesie O și, totodată, mișcare de rotație în același sens cu arborele-manivelă 4 în jurul propriei axe cu viteza unghiulară:

$$\omega_{sat} = \omega_4 \frac{(Z_2 - Z_6)}{Z_6}.$$

Satelitul-portsculă 5 în mișcarea sa sfero-spațială angrenează dinții sculei-electrod 7 cu semifabricatul 8 (roata imaginară) cu diferența de dinți $Z_8 = Z_7 - 1$. În acest caz, în raport cu satelitul-portsculă semifabricatul 8 se va roti cu viteza

unghiulară ω_{sci} în sens opus arborelui-manivelă 4.
Deci, viteza unghiulară a semifabricatului $\omega_8 = 0$.

În a doua variantă (fig. 1. c) admitem că raportul de transmitere de la arborele-manivelă 4 către semifabricatul 8 $i \neq \infty$, deci $\omega_8 \neq 0$.

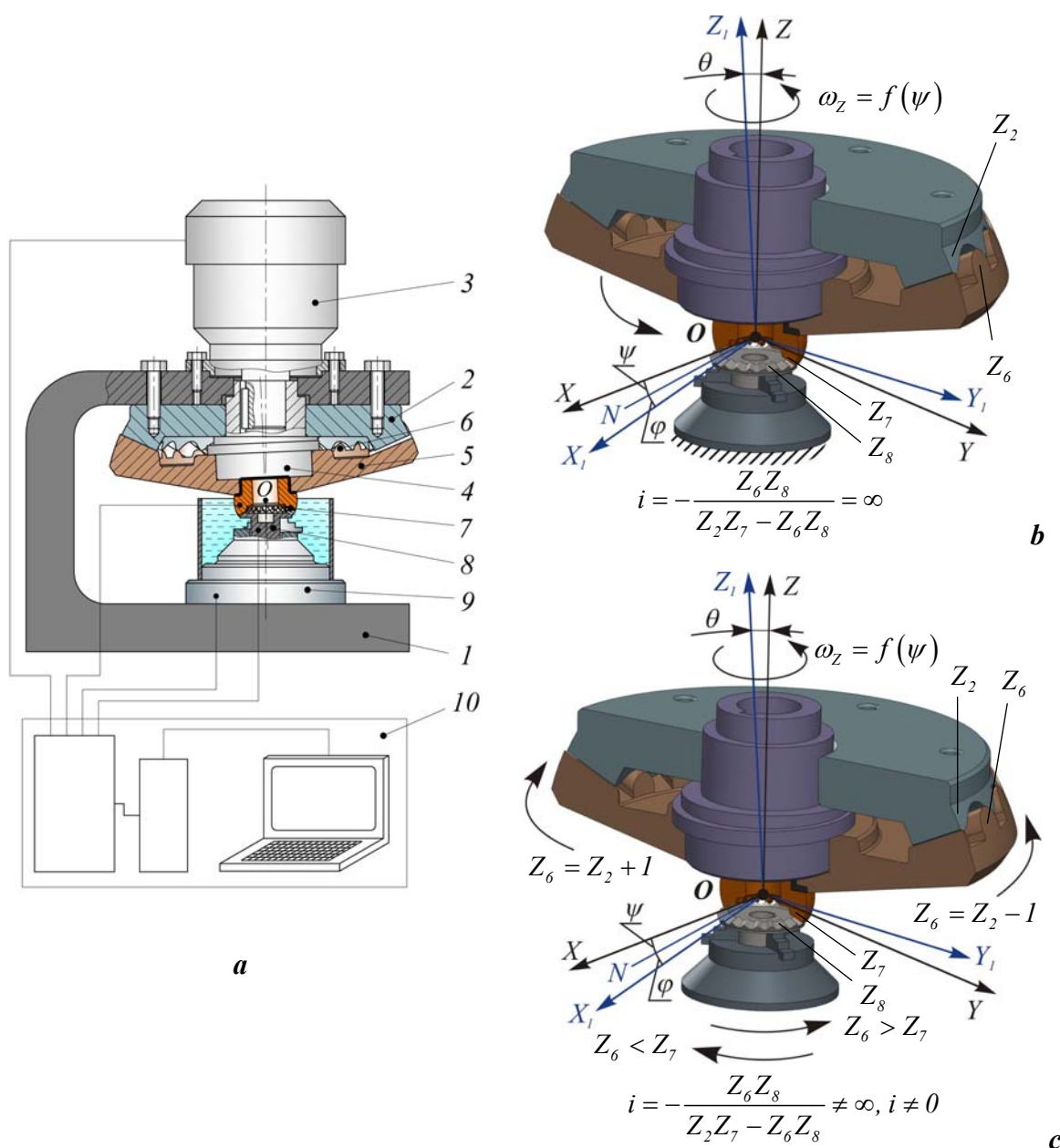


Figura 1. Schema conceptuală a dispozitivului de prelucrare prin eroziune cu mișcare sfero-spațială a sculei-electrod masiv (a); varianta fără mișcare de rotație a semifabricatului (b); varianta cu mișcare de rotație a semifabricatului (c).

În cazul în care $Z_6 = Z_2 + 1$, $Z_7 = Z_8 + 1$, $Z_6 < Z_7$, semifabricatul 8 se va roti în sens opus arborelui-manivelă 4 cu raportul de reducere:

$$i = -\frac{Z_6 Z_8}{Z_2 Z_7 - Z_6 Z_8}$$

Iar în cazul în care $Z_6 > Z_7$, semifabricatul 8 se va roti în același sens cu arborele-manivelă 4 cu raportul de reducere determinat din aceeași relație.

În varianta a doua semifabricatul 8 i se comunică mișcare de rotație în jurul propriei axe prin intermediul servomotorului 9 cu viteza unghiulară $\omega_8 = \omega_4 / i$, cu sens opus rotirii

arborelui-manivelă 4, dacă $Z_6 < Z_7$, și în același sens, dacă $Z_6 > Z_7$.

În procesul de prelucrare a semifabricatului 8 (roți centrale conice) prin electroeroziune cu sculă-electrod masiv 7 prin mișcare sfero-spațială în jurul unui punct fix O , semifabricatului 8 concomitent i se comunică un avans axial, valoarea căruia se corelează cu parametrii de regim și cu mișcarea sfero-spațială a sculei-electrod 7.

Dirijarea servomotoarelor, precum și a parametrilor de lucru ai curentului electric se efectuează prin sistemul de comandă 10.

	Num. de dinți ai sculei, Z_7	Num. de dinți ai semifabr., Z_8	Raportul de transm., i
	11	10	= -17,9
	12	11	= -21,2
	13	12	= -25,0
	14	13	= -29,5
	15	14	= -35,0
	16	15	= -41,7
	17	16	= -50,0
	18	17	= -60,7
	19	18	= -75,0
	20	19	= -95,0
	21	20	= -125,0
	22	21	= -175,0
	23	22	= -275,0
	24	23	= -575,0
$Z_2 = 24$	26	25	= 625,0
$Z_6 = 25$	27	26	= 325,0
	28	27	= 225,0
	29	28	= 175,0
	30	29	= 145,0
	31	30	= 125,0
	32	31	= 110,7
	33	32	= 100,0
	34	33	= 91,7
	35	34	= 85,0
	36	35	= 79,5
	37	36	= 75,0
	38	37	= 71,2
	39	38	= 67,9
	40	39	= 65,0
	41	40	= 62,5

Figura 2. Gama de raporturi de transmitere a lanțului cinematic i (obținute cu Z_2 și Z_6 constant).

În fig. 2 este prezentat un exemplu de obținere a unei game de raporturi de transmitere ale lanțului cinematic când $Z_2 = 24$ const, $Z_6 = 25$ const, utilizând scule-electrod masiv cu număr diferit de dinți $Z_7 = Z_8 + 1$, iar semifabricatului i se comunică mișcare de rotație cu viteza unghiulară $\omega_8 = \omega_4 / i$.

În cazul în care este necesar de a executa dantura, spre exemplu, $Z_8 = 30$ de dinți, păstrând $Z_2 = 24$ și $Z_6 = 25$, este necesar de a comunica semifabricatului mișcare de rotație cu viteza unghiulară $\omega_8 = \omega_4 / 125$ (fig. 2.).

CONCLUZII

Dispozitivul de prelucrare a roților dințate precesionale prin electroeroziune cu mișcare sfero-spațială a sculei-electrod asigură următoarele avantaje:

- ✓ mișcarea sfero-spațială (precesională) și de rotație este executată de către scula-electrod, roata dințată prelucrată având mișcare axială de avans;
- ✓ dispozitivul conține un număr mic de elemente, ceea ce îi mărește fiabilitatea;
- ✓ ca rezultat al micșorării numărului de elemente a lanțului cinematic de legătură între sculă și roata dințată prelucrată are loc mărirea preciziei de prelucrare, care depinde în cazul dat doar de precizia roții dințate etalon;
- ✓ mișcarea se realizează prin intermediul servomotoarelor comandate numeric conform ecuațiilor parametrice care descriu profilul dinților;
- ✓ se pot prelucra semifabricate după tratamentul termic.

Bibliografie

1. **Slătineanu, L.** Tehnologii neconvenționale în construcția de mașini. Chișinău: Tehnica-Info, 2000. 255 p. ISBN 9975-910-99-8.
2. **Elisev, Yu., Kry'mov, V., Mitrofanov, A., Saushkin, B., Sy'chkov, G., Troshin, A.** Fiziko-khimicheskie metody' obrabotki v mashinostroenii. Moskva: Drofa, 2002. 656 p. ISBN 5-7107-6055-2.
3. **Bostan, I.** Precessionny'e peredachi s mnogoparny'm zacepleniem: [Monogr.] Chișinău: Știința, 1991. 355 p. ISBN 5-376-01005-8.
4. **Bostan, I., Dulgheru, V., Glușco, C., Mazuru, S., Vaculenco, M.** Antologia invențiilor. Volumul 2. Transmisii planetare precesionale: teoria generării angrenajelor precesionale, control dimensional, proiectare computerizată, aplicații industriale, descrieri de invenții. Ch.: Ed. Bons Offices, 2010. 537 p. ISBN 978-9975-4100-9-0-4.
5. **Bostan, I., Dulgheru, V., Dicusară, I.** NB 3363 (MD), CIB B 23 H 1/00. Procedeu și dispozitiv de prelucrare a roților dințate precesionale de dimensiuni mici. Nr. a 2006 0035; Decl. 18. 01.2006; Publ. BOPI, 2007, nr.7.

Recomandat spre publicare: 27.01.2011.