

GENERAREA DANTURILOR DIN ANGRENAJUL PRECESIONAL PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

Nicolae TRIFAN, doctor în tehnică, conf. univ.,
Universitatea Tehnică a Moldovei
Departamentul „Bazele Proiectării Mașinilor”
tel: (373) 794-03-955;
email: trifan@mail.utm.md

***Abstract:** The purpose of this paper is to investigate a method to manufacture gears with variable convex - concave profile of precessional gear teeth by plastic deformation with precessional tool and determine the speed of deformation.*

***Key words:** plastic deformation, generation, precessional transmission, deformation rollers.*

1. Introducere

În țările cu mare potențial industrial se elaborează și se implementează în producție metode noi de fabricare a acestor produse, la care formarea profilului dinților nu se face prin așchiere ci prin rulare. La momentul actual în diferite ramuri ale industriei, în deosebi, de prelucrare a roților dințate, capătă o răspândire tot mai mare prelucrarea prin deformare plastică. Pentru obținerea unei productivități înalte la fabricarea danturilor prin deformare plastică este necesară studierea și stabilirea vitezei la deformare plastică.

2. Determinarea vitezei liniare a punctului de contact al sculei cu semifabricatul

Viteza deformării plastice are o influență majoră asupra modificării structurii și proprietăților fizico-mecanice ale metalului deformat. Pornind de la specificul mișcării sfero-spațiale a sculei de deformare, viteza liniară a acesteia o determinăm prin punctul D , care coincide cu centrul rolei din angrenajul precesional [1, 2].

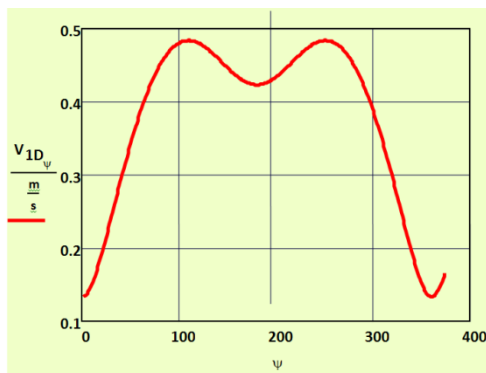
Viteza liniară a centrului sculei de deformare notat prin D va fi:

$$V_D = \sqrt{V_{XD}^2 + V_{YD}^2 + V_{ZD}^2}$$

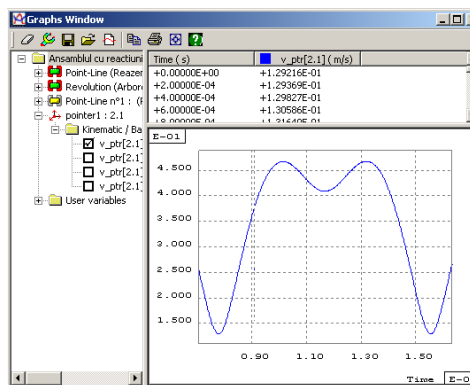
În pachetul de modelare matematică *Mathcad* a fost obținută variația vitezei liniare a punctului D la o turație a arborelui-manivelă al dispozitivului de deformare, pentru unghiul axoidei conice $\delta=22^\circ30'$, unghiul de nutație $\theta=2^\circ30'$, $Z_1 = 27$, $Z_2 = 28$, $\beta = 4^\circ$, $R_{ext}=100 \text{ mm}$, $n=800 \text{ rot/min}$ prezentată în figura 1.1 (a). Pentru comparație în figura 1.1 (b) se prezintă un fragment al rezultatelor obținute prin metoda de calcul numeric pe baza platformei *Autodesk Motion Inventor* efectuată în timp real. Rezultatele obținute sunt absolut identice, însă în *Autodesk Motion Inventor* ele sunt analizate în timp real și, ulterior, pot fi utilizate la elaborarea modelelor dinamice ale interacțiunii „sculă – dinte” [3, 4].

Pentru studiul proceselor, care au loc nemijlocit în contactul sculei cu suprafața dinților, este necesar să determinăm variația vitezei liniare a punctului de contact E al acestora la un ciclu precesional al sculei (la o rotație a arborelui-manivelă). Viteza liniară relativă V_E sculă-dinte se determină similar vitezei liniare relative a punctului D după următoarea relație:

$$V_E = \sqrt{\left(\frac{Z_1}{Z_2} \sin \theta \cos \psi Z_E - \left(1 - \frac{Z_1}{Z_2} \cos \theta \right) Y_E \right)^2 + \left(\frac{Z_1}{Z_2} \sin \theta \sin \psi Z_E + \left(1 - \frac{Z_1}{Z_2} \cos \theta \right) X_E \right)^2 + \left(\frac{Z_1}{Z_2} \sin \theta \sin \psi Y_E + \cos \psi X_E \right)^2}$$



a)



b)

Fig. 1.1. Viteza liniară a sculei (p. D) în sistemul de coordonate X Y Z pentru parametrii geometrice constanți: $Z_1 = 27$, $Z_2 = 28$; $\theta = 2^\circ 30'$; $\beta = 4^\circ$; $\delta = 22^\circ 30'$; $R_{\text{ext}} = 100$ mm; $n=800$ rot/min.

3. Analiza varierii vitezei de deformare plastică în limitele unui ciclu de precesie

Determinarea vitezei de deformare plastică (viteza unui punct de pe suprafața rolei de deformare plastică) este similară cu determinarea vitezei liniare a unui punct de pe suprafața rolei conice din angrenajul precesional. În conformitate cu metodica descrisă [3] a fost obținută o gamă de diagrame ale vitezelor de deformare plastică a dinților (viteze ale unui punct arbitrar E de pe suprafața rolei de deformare).

Analiza diagramelor obținute arată că vitezele de deformare plastică în limitele unui ciclu de precesie sunt variabile atât ca valoare cât și ca direcție.

Deoarece viteza de deformare pe parcursul

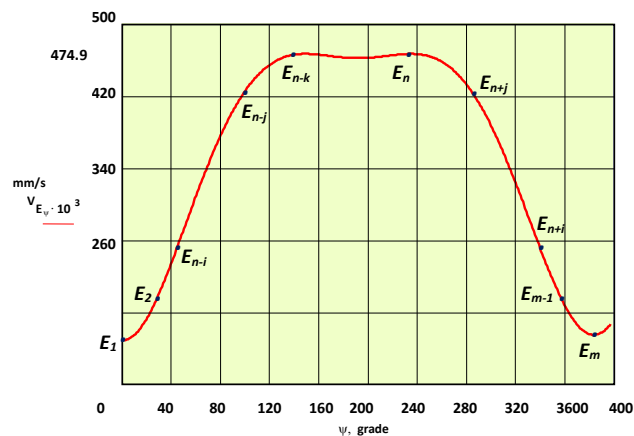


Fig. 1.2. Diagrama vitezei pe sectoare.

unui ciclu de precesie este variabilă pentru respectarea unor regimuri de deformare optime este necesar ca și avansul s_{cpi} (avans a nodului de deformare plastică la un ciclu de precesie) să fie variabil funcție de variabilitatea vitezei liniare relative de lucru V_E . Cu alte cuvinte coraportul $\{V_E, s_{cpi}\}$ trebuie să asigure curgerea optimă a metalului din spațiul dintre dinți spre vârful lor. În acest scop diagrama vitezei V_E (figura 1.2) este împărțită în 5 sectoare: sectoarele $E_1E_2, E_2 E_{n-k}, E_{n-k} E_n, E_n E_{m-1}$ și $E_{m-1} E_m$. Sectoarele E_1E_{n-k} și E_nE_m sunt similare (vitezele liniare în punctele corespunzătoare E_1-E_m, E_2-E_{m-1} și $E_{n-k}E_n$) sunt egale ca valoare însă inverse ca direcție, de aceea pe aceste sectoare avansul va fi același în cadrul fiecărui segment ($E_1E_2, E_{m-1}E_m$) și se va micșora pe parcursul sectoarelor E_2E_{n-k}, E_nE_{m-1} . Cu alte cuvinte $s_{cpi} = f(V_{Ei})$. Dacă luăm în considerație că viteza recomandată la deformare trebuie să se afle în limitele $(0,1-0,5 \text{ m/s})$ [5, 6], în acest caz produsul $s_{cpi} V_E$ ar trebui să aibă o valoare constantă pentru materialul dat, atunci varierea avansului la formarea sectoarelor h_{cpi} va fi în funcție de varierea vitezei de deformare pe sectorul respectiv, respectând produsul $s_{cpi} V_E = \text{const}$ [7].

Pe sectoarele $E_{n-k}E_n$ avansul poate fi acceptat constant pentru categoria de profile ale dinților unde V_E poate fi considerată constantă.

Asigurarea produsului $s_{cpi}V_E = \text{const}$. din punct de vedere teoretic este posibilă. În acest caz avansul trebuie să varieze după o legitate inversă legității de variere a vitezei de deformare. În sistemele computerizate de deformare plastică aceasta poate fi realizată relativ ușor.

Sub aspect practic din punctul de vedere al tehnologicității procesului avansul trebuie să fie o mărime constantă în limitele unui ciclu de precesie. În acest caz în calitate de avans de lucru se ia valoarea medie a avansului pe sectoarele de lucru $E_{n-i} - E_{n-j}$ (în cazul transmisiei precesionale ireversibile) sau $E_{n+i} - E_{n+j}$ (în cazul transmisiei reversibile) când arborele conducător se rotește în ambele direcții). Aceste zone corespund celor mai solicitate sectoare de pe suprafața de lucru a dinților.

4. Concluzii

Relațiile analitice obținute de determinare a vitezelor liniare relative ale roților de deformare și semifabricatului au permis stabilirea gradului de influență a parametrilor geometrici ai angrenajului asupra vitezei de deformare. Analiza rezultatelor obținute a arătat că viteza de deformare plastică se află în limitele $V=(0,1...0,5) \text{ m/s}$, recomandată în literatura de specialitate. Reducerea numărului de

dinți de la $Z_1=30$ la $Z_1=14$ conduce la creșterea vitezei liniare de contact “sculă-semifabricat” cu aproximativ 30%, iar creșterea unghiului de nutație de la $\theta=1,5^\circ$ până la $\theta=3^\circ$ - la sporirea vitezei liniare de contact cu aproximativ 25%.

Bibliografie

1. BOSTAN, I. ș. a. Antologia invențiilor. Vol. 2. *Transmisii planetare precesionale: teoria generării angrenajelor precesionale, control dimensional, proiectare computerizată, aplicații industriale, descrieri de invenție*. Chișinău: Bons Offices, 2011. 542 p. ISBN 978-9975-80-453-0.
2. BOSTAN, I. ș. a. Aspecte privind prelucrarea industrială a dinților roților centrale din angrenajul precesional. În: Meridian Ingineresc. Chișinău: Universitatea Tehnică a Moldovei, 2004, nr. 3. p. 70 - 73. ISSN 1683-853X.
3. BOSTAN, I., DULGHERU V., TRIFAN N. ș. a. Antologia invențiilor. Vol. 4. *Transmisii planetare precesionale cinematice: concepte tehnologice de generare a angrenajelor, cercetări experimentale, aplicații industriale, descrieri de invenție*. Chișinău: Bons Offices, 2011. 636 p. ISBN 978-9975-80-459-2.
4. TRIFAN, N. Contribuții privind generarea danturilor angrenajelor precesionale prin deformare plastică. Autoreferat de doctor în tehnică, Universitatea Tehnică a Moldovei. Chișinău, 2014, p. 30.
5. STOROZHEV, M., POPOV E. *Teoriya obrabotki metallov davleniem*. Moskva: Vy'shaya shkola, 1963. 390 p.
6. SMELYANSKIJ, V. *Mexanika uprochneniya detalej poverxnostnym plasticheskim deformirovaniem*. Moskva: Mashinostroenie, 2002. 300 p. ISBN 5-217-03065-8.
7. TRIFAN, N. Determination of blank size manufacturing by plastic deformation analysis. În: *The 16th ModTech International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation*. Tezele conf. internaționale. Sinaia: Universitatea Tehnică Iași, 2012. Vol. II., p. 973 - 976. ISSN 2069-6736.