A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

GENERAREA MELCULUI TOROIDAL PENTRU RECTIFICAREA ROŢII ANGRENAJULUI PINION CILINDRIC-ROATĂ FRONTALĂ

Iosif-Vencel CSIBI, Doina Daniela HERCIU, Dorin HERCIU
Cătălin-Sandu GRUIN, Mihai SUDRIJAN

GENERATING THE T0ROIDAL WORM FOR GRINDING THE TEETH OF FACE-GEAR OF FACE-GEAR DRIVE

The paper presents the basic elements of generating through pro/ENGINEER application of the toroid worm for grinding the face-gear of face-gear drive.

Cuvinte cheie: melc generator toroidal
Keywords: snail toroid generator

După Profesorii Maros şi Csibi, există elicoizi: (i) cilindrici şi (ii) toroidal [1], [2].

Elicoizii cilindrici iau naştere printr-o rotaţie în jurul unei axe, secondate de o translaţie de-a lungul ei. Poate fi vorba de o curbă oarecare sau de o suprafaţă.

Elicoizii toroidali sunt mai puţin cunoscuţi şi iau naştere asemănător cu cei cilindrici, prin compunerea, însă, a două rotaţii.

Şi aici, o curbă se roteşte în jurul unei axe, secondată de de o rotaţie în jurul altei axe şi de o translaţie.

În locul curbei generatoare, dacă se consideră o suprafaţă, aceasta se poate reduce la primul caz, dacă se consideră curba caracteristică.

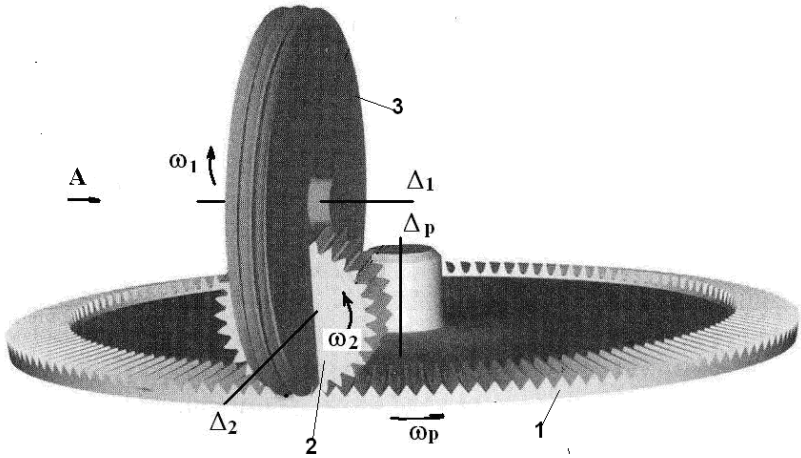

Fig. 1 Ansamblul format din: roata dinţată frontală (1); „mulajul” generat de cuţitul roată care mortezează roata frontală (2); şi melcul toroidal (3) care generează, la rândul său, roata frontală [1]

În figura 1 se prezintă roata frontală (1), componentă a angrenajului pinion cilindric-roată frontală ce poate fi generată prin mortezare cu un cuţit roată, care în mişcarea sa de dute-vino, în procesul de aşchiere, generează un „mulaj” ce se aseamănă cu un pinion cu profilul evolventic al dinţilor. Un profil evolventic al „mulajului” (2) execută o rotaţie în jurul axei Δ_2, concomitent acest profil se roteşte şi în jurul axei Δ_1. În acest caz, bineînţeles, cu un raport de transmisie determinat, profilul generator realizează un elicoid toroidal (3). Dacă, în locul curbei evolventice se consideră un flanc al dintelui (o prismă cu baza evolventică) aceasta înfăşoară un flanc al dintelui toroidal. Curba caracteristică coincide cu profilul evolventic.

Cu ajutorul aplicaţiei Pro/ENGINEER, s-a creat suprafaţa descrisă de cuţitul roată, în mişcarea sa de mortezare a roţii frontale (figura 2). Această suprafaţă virtuală se roteşte în jurul axei Δ_2, cu viteza unghiulară ω_2 (figura 1). Melcul toriodal (figura 2) se va roti în jurul axei Δ_1, cu viteza unghiulară ω_1 (figura 1). Raportul de transmitere este dat de relaţia:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{z_1}{z_2}, \tag{1}$$

în care, pentru studiul de caz, $z_2 = N_s = 28$, reprezintă numărul de dinţi al cuţitului roată, iar $z_1 = 1$, reprezintă numărul de începuturi al melcului toroidal. Un sector din melcul toroidal este prezentat în figura 2

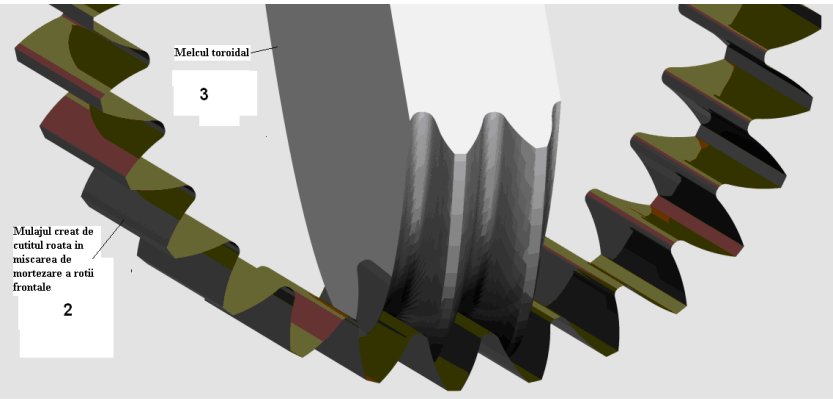

Fig. 2 Generarea elicoidului toroidal (3)cu ajutorul suprafeţei „mulajului”, respectiv, cu suprafaţa virtuală generată de mişcarea alternativă a cuţitului roată [1]

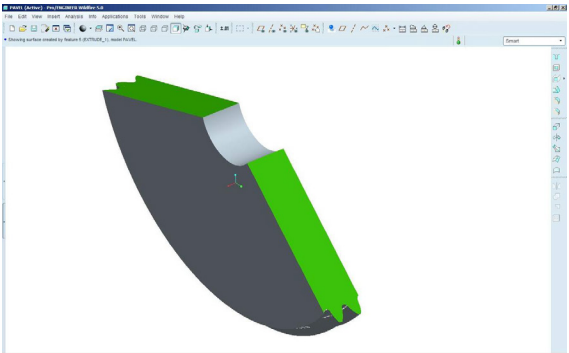

Fig. 3 Reprezentarea grafică a unui sector din melcul toroidal (3), generat prin rulare cu ajutorul suprafeţei „mulajului” (2), respectiv, cu suprafaţa virtuală generată de mişcarea alternativă a cuţitului roată [1]

Un sector din melcul toroidal este prezentat în figura 3.

În figura 4, apare un detaliu al acestei suprafeţe a melcului toroidal.

Dacă, secvenţele de rulare sunt infinit apropiate, atunci, în figura 5, apar liniile de contact dintre suprafaţa melcului toroidal şi mulajul evolventic generator.

În figura 6, se prezintă fenomenul de interferenţă la generarea prin rulare a elicoidului toroidal, cu cilindrul evolventic.

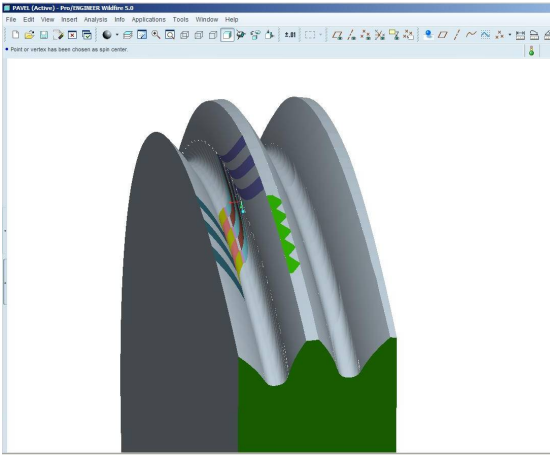

Fig. 4 Reprezentarea grafică a unui sector din melcul toroidal, generat prin rulare cu ajutorul suprafeţei „mulajului”, respectiv, cu suprafaţa virtuală generată de mişcarea alternativă a cuţitului roată (detaliu)

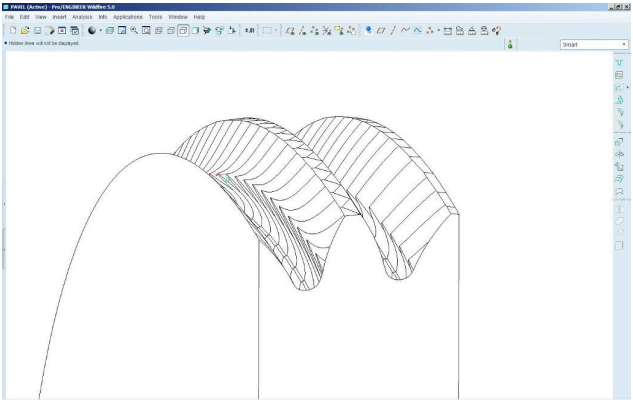

Fig. 5

Reprezentarea grafică a *„liniilor de contact”* dintre cilindrul evolventic creat în virtual de către mişcarea alternativă a cuţitului roată şi elicoidul toroidal

În figura 7, se prezintă o maşină unealtă de rctificat scule CNC, cu şase axe cinematice Tool/Insert Grinder Model $628 \times S$, Rollomatic, Inc. 324 Washington Blvd. Mundelein, IL, 60060.

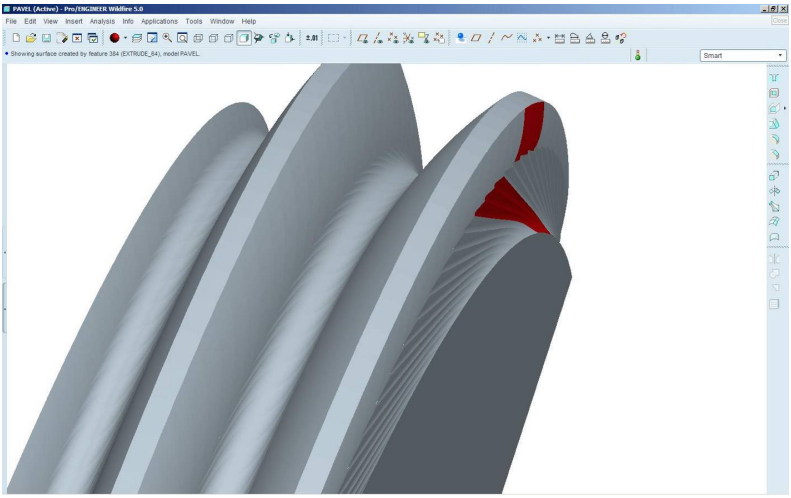

Fig. 6 Detaliu cu reprezentarea grafică subtăierii a unui sector din melcul toroidal (3), aparţinând suprafeţei melcului abraziv, generat prin rulare cu ajutorul suprafeţei „mulajului” (2), respectiv, cu suprafaţa virtuală generată de mişcarea alternativă a cuţitului roată

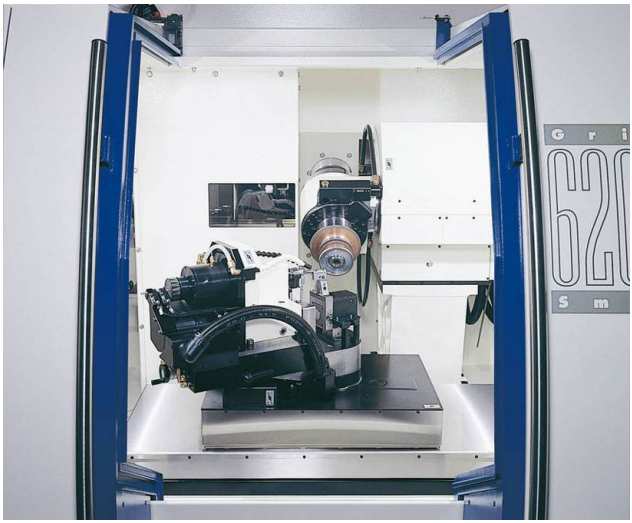

Fig. 7 Maşina de rectificat scule cu 6-Axe CNC Tool/Insert Grinder Model $628 \times S$

Corpul sculei melc toroidal se montează pe axa cinematică care permite rotaţia, φ_1, între limitele $0^0 < \varphi_1 < 360^0$. Se porneşte de la tripletul (x_1, y_1, z_1) corespunzător lui $\alpha = 0^0$, parcurgând linia de coordonate, φ_1, de la 0^0, până la 360^0, rectificându-se secvenţial prima linie coordonată a flancului [relaţia (2)].

$$\begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{vmatrix} = M_{12} \begin{vmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \\ 1 \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \cos\varphi_1 \cos\Sigma \cos\varphi_2 + \sin\varphi_2 \sin\varphi_1 & -\cos\Sigma \sin\varphi_2 \cos\varphi_1 + \sin\varphi_1 \cos\varphi_2 & -\sin\Sigma \cos\varphi_1 & T_{y0} \sin\varphi_1 \\ -\sin\varphi_1 \cos\Sigma \cos\varphi_2 + \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 & \cos\Sigma \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 + \cos\varphi_2 \cos\varphi_1 & \sin\Sigma \sin\varphi_1 & T_{y0} \cos\varphi_1 \\ \sin\Sigma \cos\varphi_2 & \sin\Sigma \sin\varphi_2 & \cos\Sigma & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \\ 1 \end{vmatrix} \tag{2}$$

unde:

$$T^1 = \begin{vmatrix} \cos\varphi_1 & \sin\varphi_1 & 0 \\ -\sin\varphi_1 & \cos\varphi_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 \\ T_{y0} \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} T_{y0} \sin\varphi_1 \\ T_{y0} \cos\varphi_1 \\ 0 \end{vmatrix} \tag{3}$$

Date pentru studiul de caz:

$$T_{x0} = 0, T_{z0} = 0, T_{y0} = -60\,mm$$

z_2 = numărul de dinţi ai cuţitului roată, $\varphi_1 = z_2 \varphi_2$, $\varphi_2 \left(0^0, \dfrac{360}{z} \right)$.; φ_2 = parametrul generalizat al mişcării.

La înapoiere, se rectifică a doua linie coordonată, corespunzătoare lui $\alpha + \Delta\alpha$.

Această procedură se repetă până la epuizarea reţelei de puncte ale flancului. Punctului M îi corespund trei grade de mobilitate $\left(x_1^M, y_1^M, z_1^M \right)$.

Conform figurii 8, componentele normalei pot fi reduse la două grade de mobilitate conform relaţiilor: (4) şi (5)

$$\cos\beta = \frac{n_{y1}}{\sqrt{n_{x1}^2 + n_{z1}^2}}; \tag{4}$$

$$\cos\alpha = \frac{n_{x1}}{\sqrt{n_{x1}^2 + n_{z1}^2}}. \tag{5}$$

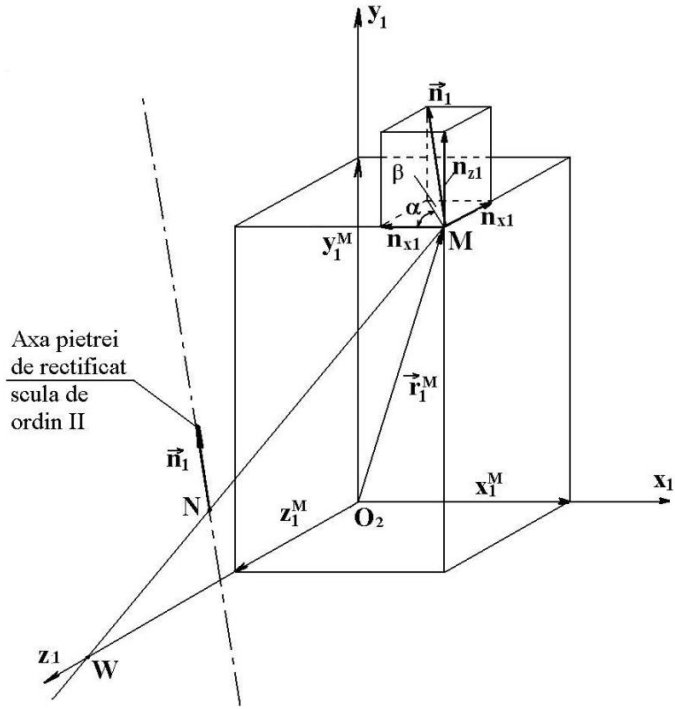

Fig. 8 Asupra strategiei de corectare a pietrei pe maşina-unealtă CNC

Direcţia axei pietrei de rectificare se determină prin vectorul normalei $\vec{n}_1$. Raza MN, a pietrei, (figura 8) se determină pentru poziţia în care linia de coordonate α este cea care trece prin cel mai interior punct al profilului evolventic.

Prin urmare, procesul tehnologic de rectificare a flancurilor, pe maşina-unealtă CNC, se reduce la determinarea coordonatelor lui N, prin care trece axa pietrei plane de rectificat şi ale poziţiei lui $\vec{n}_1$, în total 3+2 grade de mobilitate.

BIBLIOGRAFIE

[1] Herciu, D., *Contribuții la creşterea performanţelor angrenajului pinion cilindric-roată frontală*. Teză de doctorat. Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2011.

[2] Csibi, I.V., Herciu, D., Herciu, D.D., Herciu, D., Sudrijan, M., *Consideraţii asupra geometriei melcului generator la manufacturarea roţii angrenajului pinion cilindric-roată frontală*. În: Ştiinţă şi inginerie. Vol. 22, pag. 609-626, Bucureşti: Editura AGIR, 2012.

Acad.Prof. Dr.Ing Iosif-Vencel CSIBI
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, membru AGIR
Drd.Ing.Daniela Doina HERCIU
Star Transmission Cugir, membru AGIR
Dr.Ing. Dorin HERCIU
Star Transmission Cugir, membru AGIR
Dr.Ing. Cătălin-Sandu GRUIN
S.C.Nova-Grup Cugir, membru AGIR
Dr.Ing. Mihai SUDRIJAN
Inginer de angrenaje la S.C. Sculăria srl Cugir
Preşedintele Sucursalei Alba a AGIR