

O NOUĂ ABORDARE A PROBLEMATICII ÎNFĂȘURĂRII SUPRAFETELOR, BAZATĂ PE METODE DE REPREZENTARE ÎN FORMĂ DISCRETĂ A SUPRAFETELOR, ÎN VEDEREA ALGORITMIZĂRII ȘI INFORMATIZĂRII PROFILĂRII SCULELOR GENERATOARE

-SINTEZĂ-

OBIECTIVUL 1. Elaborarea unor modele de reprezentare discretă a suprafețelor generate prin înfășurare

Analiza literaturii de specialitate dovedește că problematica temei este de interes și că există preocupări în acest domeniu, în multe școli științifice pe plan mondial.

OBIECTIVUL 2. Sinteza unor modalități de reprezentare prin poli ca metoda de apreciere a formei efective a generatoarei suprafeței.

S-au elaborat forme de reprezentare prin poli a generatoarelor suprafeței cilindrice de tipul: segment de dreaptă; arc de cerc; arc de evolventă; curbe cicloïdale.

În formele (1), (2) mărimile $A_\xi, A_\eta, B_\xi, B_\eta, C_\xi, C_\eta, D_\xi, D_\eta$ reprezintă coeficienții polinoamelor de aproximare a profilului suprafețelor cilindrice, care pot constitui flancurile primare ale sculelor de tip cremalieră și cuțit-roată generatoare a suprafeței cilindrice aparținând semifabricatului:

$$\begin{aligned} \xi &= \lambda^2 \cdot A_\xi + 2\lambda(1-\lambda) \cdot B_\xi + (1-\lambda)^2 \cdot C_\xi; \\ \eta &= \lambda^2 \cdot A_\eta + 2\lambda(1-\lambda) \cdot B_\eta + (1-\lambda)^2 \cdot C_\eta, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \xi &= \lambda^3 \cdot A_\xi + 3\lambda^2(1-\lambda) \cdot B_\xi + 3\lambda(1-\lambda)^2 \cdot C_\xi + (1-\lambda)^3 \cdot D_\xi; \\ \eta &= \lambda^3 \cdot A_\eta + 3\lambda^2(1-\lambda) \cdot B_\eta + 3\lambda(1-\lambda)^2 \cdot C_\eta + (1-\lambda)^3 \cdot D_\eta. \end{aligned} \quad (2)$$

Identificarea coeficienților polinoamelor este prezentată tabelar (vezi, ca exemplu, tabelul 1).

Tabelul 1. Segment de dreaptă, identificarea coeficienților polinomului de aproximare de gradul 2, pentru cremaliera generatoare

u	Profilul primar	Condiția de înfășurare
0	X_A, Y_A	$\varphi_A = \arccos \left[\frac{X_A \cos \alpha + Y_A \sin \alpha}{Rrp} \right] + \alpha$
0.5 u_{\max}	$X_C = 0.5 \cdot X_A + 0.5 \cdot X_B$ $Y_C = 0.5 \cdot Y_A + 0.5 \cdot Y_B$	$\varphi_C = \arccos \left[\frac{X_C \cos \alpha + Y_C \sin \alpha}{Rrp} \right] + \alpha$
u_{\max}	X_B, Y_B	$\varphi_B = \arccos \left[\frac{X_B \cos \alpha + Y_B \sin \alpha}{Rrp} \right] + \alpha$
λ	Puncte pe profilul cremalierii	Coeficienții polinomului de aproximare
1	$\xi_A = X_A \cos \varphi_A - Y_A \sin \varphi_A + Rrp$ $\eta_A = X_A \sin \varphi_A + Y_A \cos \varphi_A + Rrp \cdot \varphi_A$	$A_\xi = \xi_A$ $A_\eta = \eta_A$
0.5	$\xi_C = X_C \cos \varphi_C - Y_C \sin \varphi_C + Rrp$ $\eta_C = X_C \sin \varphi_C + Y_C \cos \varphi_C + Rrp \cdot \varphi_C$	$B_\xi = (\xi_C - 0.25 \cdot \xi_A - 0.25 \cdot \xi_B) / 0.5$ $B_\eta = (\eta_C - 0.25 \cdot \eta_A - 0.25 \cdot \eta_B) / 0.5$
0	$\xi_B = X_B \cos \varphi_B - Y_B \sin \varphi_B + Rrp$ $\eta_B = X_B \sin \varphi_B + Y_B \cos \varphi_B + Rrp \cdot \varphi_B$	$C_\xi = \xi_B$ $C_\eta = \eta_B$

În mod similar, s-au definit algoritmi de identificare și pentru polinoame de grad superior.

Elaborarea unor algoritmi pentru identificarea nivelului de eroare a reprezentării prin poli

S-a realizat determinarea nivelului de eroare a profilului sculei-cremalieră reciproc înfășurător unui segment de dreaptă aparținând unui profil compus asociat centroidei de rază Rrp , figura 1.

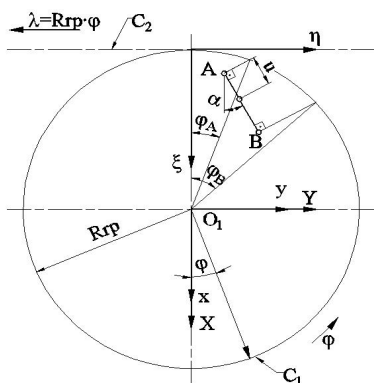


Fig. 1. Profilul rectiliniu (C_1, C_2 - centroide de rulare)

S-au elaborat algoritmi dedicați pentru determinarea nivelului de eroare a generatoarelor suprafețelor cilindrice precum și a erorii de profilare a sculelor care generează prin înfășurare aceste suprafețe cilindrice.

Nivelul de eroare este de ordinul 10^{-2} mm, suficient de redus pentru profilarea sculelor care generează vârtejuri de suprafețe care nu sunt utilizate în transmiterea mișcării și a momentului.

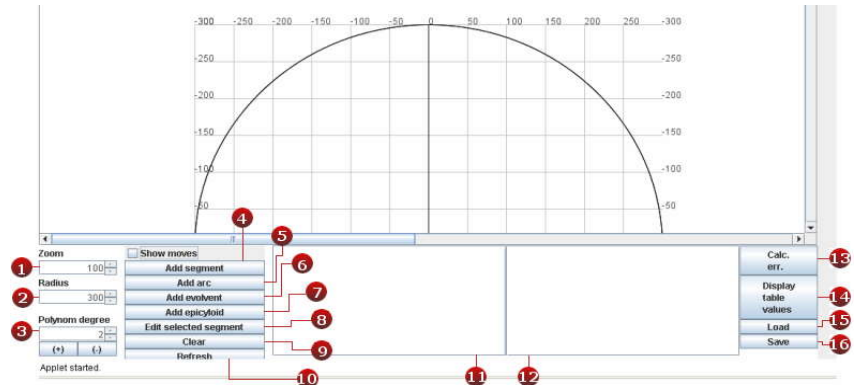


Fig. 2. Softul specific elaborat

Tabelul 2. Profilurile teoretic și aproximativ ale sculei

λ	Profilul aproximativ al sculei		Profilul teoretic al sculei		Eroare [mm]
	ξ [mm]	η [mm]	ξ [mm]	η [mm]	
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.991	1.009	0.999	1.019	0.013
	1.990	2.065	1.997	2.077	0.014
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	7.846	9.165	7.834	9.157	0.015
	8.766	10.438	8.769	10.447	0.009
0.5	9.690	11.765	9.690	11.765	0.000
	10.599	13.121	10.597	13.111	0.010
	11.476	14.479	11.487	14.484	0.012
	12.356	15.892	12.362	15.882	0.012
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	15.665	21.713	15.682	21.710	0.016
	16.457	23.237	16.464	23.222	0.017
	17.219	24.758	17.226	24.754	0.008
1.0	17.968	26.306	17.968	26.306	0.000

În figura 2, se prezintă o „fereastră” a produsului soft specific elaborat.

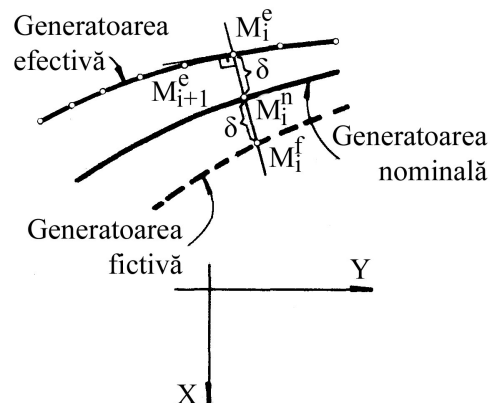


Fig. 3 Puncte pe generatoarea fictivă - G_F

OBIECTIVUL 3. Elaborarea de modele de predicție și compensare a erorii geometrice de generare

S-a elaborat un model pentru predicția erorii geometrice în vederea realizării unor algoritmi de corecție prin considerarea noțiunii de *generatoare fictivă*, diferită de *generatoarea teoretică*, care să aibă față de aceasta din urmă o formă care să permită predicția geometrică a erorilor nedeterminate din procesul de generare, figura 3.

Se propune definirea *generatoarei fictive* ca imaginea „în oglindă” a *generatoarei efective*, G_E , față de *generatoarea teoretică*. În acest fel, se poate considera că factorii perturbatori, acționând în același fel, vor conduce la obținerea unei generatoare G_E mai apropiată de forma teoretică a secțiunii transversale a suprafeței, la o nouă reluare a procesului de generare.

De asemenea, modelul a fost extins și pentru scule care generează prin înfășurare prin metoda rulării și pentru sculele generatoare ale suprafețelor elicoidale.

Se determină coordonatele punctului curent de pe generatoarea fictivă cu relații de forma:

$$M_i^f : \begin{cases} X_i^f = X_i^n + \delta \cos \alpha_i; \\ Y_i^f = Y_i^n + \delta \sin \alpha_i. \end{cases} \quad (3)$$

Ansamblul punctelor M_i^f determină generatoarea fictivă pe baza căreia se va determina *profilul corectat* al sculei, aplicat, în cele ce urmează, pentru o sculă de tip roată.

OBIECTIVUL 4. Extinderea modelelor de reprezentare în formă discretă a suprafețelor (corecția de formă a canalelor burghiilor elicoidale)

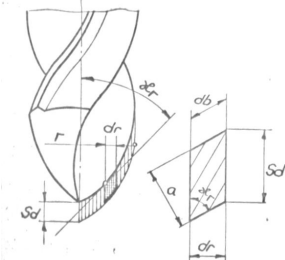


Fig. 4 Tăiș curbiliniu

În scopul modificării geometriei burghiilor în vederea îmbunătățirii performanțelor acestora, s-au urmat două căi: modificarea formei tăișului, în sensul acceptării unui tăiș curviliniu, care să asigure uniformizarea încărcării energetice în lungul tăișului, figura 4; modificarea geometriei canalului elicoidal cu scopul diminuării variației mărimii unghiului de degajare, în scopul uniformizării condițiilor de formare a așchiilor.

S-a propus modificarea geometriei canalului elicoidal astfel încât muchia așchiitoare să rezulte curbilinie conducând la o încărcare energetică relativ constantă în lungul tăișului sculei.

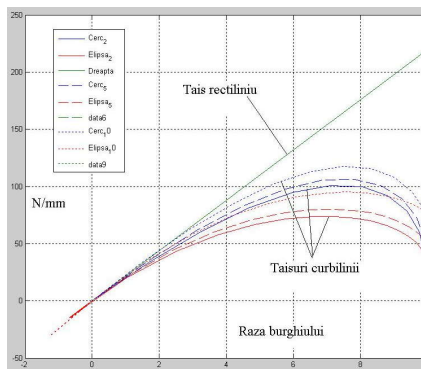


Fig. 5 Modele ale legii de variație a încărcării energetice unitare

În figura 5, sunt prezentate modele a legilor de variație a încărcării energetice unitare în lungul tăișului principal, pentru diferite forme corectate ale canalului feței de degajare.

Modelul arată că realizarea corecțiilor de formă ale canalului elicoidal, în scopul obținerii unor muchii de așchiere curbe, asigură o forță unitară în lungul tăișului mult diferită de cazul sculelor standard, cu tăiș rectiliniu, situație ce conduce la uniformizarea încărcării energetice în lungul tăișului burghiului.

OBIECTIVUL 5. Elaborarea unor algoritmi capabili a estima condițiile de înfășurare în forma discretă, prin metodele de reprezentare discretă a tangentei și a reprezentării prin poli

S-a dezvoltat un algoritm specific pentru profilarea de corecție a sculelor: cremalieră; roată și cuțit rotativ. Cunoscând legitățile pentru determinarea profilului (suprafața periferică primară) sculei-cremalieră pornind de la generatoarea nominală a suprafeței de generat și definind, de asemenea, *generatoarea fictivă* a suprafeței ca nouă suprafață țintă se construiește un masiv, în baza transformărilor (4), dezvoltându-se un algoritm, utilizând *metoda tangentelor*, aplicată generatoarei fictive a noii suprafețe țintă, vezi și figura 6:

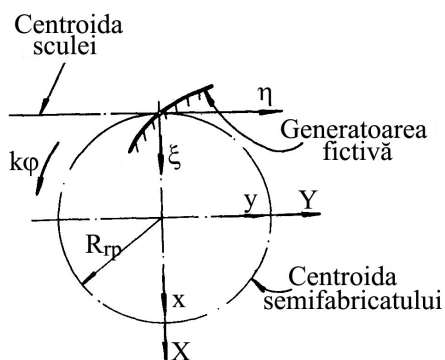


Fig. 6 Scula cremalieră, centroide

$$\begin{cases} \xi = X_i^F \cos \varphi_1 - Y_i^F \sin \varphi_1 + R_{rp}; \\ \eta = X_i^F \sin \varphi_1 + Y_i^F \cos \varphi_1 + R_{rp} \cdot \varphi_1. \end{cases} \quad (4)$$

Ecuatiile reprezintă *modelul familiei de generatoare fictive*, în sistemul de referință al sculei-cremalieră, vezi și figura 10.

Condiția de înfășurare specifică, poate fi adusă la forma :

$$\left[Y_i^F - R_{rp} \sin \varphi_1 \right] \sin \beta_i^F - \left[-X_i^F - R_{rp} \cos \varphi_1 \right] \cos \beta_i^F = 0. \quad (5)$$

Ansamblul ecuațiilor (4), (5) reprezintă *profilul corectat* al sculei-cremalieră.

Se prezintă fereastra produsului soft realizat ca applet JAVA, care realizează profilarea de corecție pentru o sculă cremalieră, definind profilurile: corectat, aproximat și limitele de variație acceptabile.

Produse soft similare sunt realizate, în cadrul proiectului, și pentru alte metode de generare prin înfășurare.

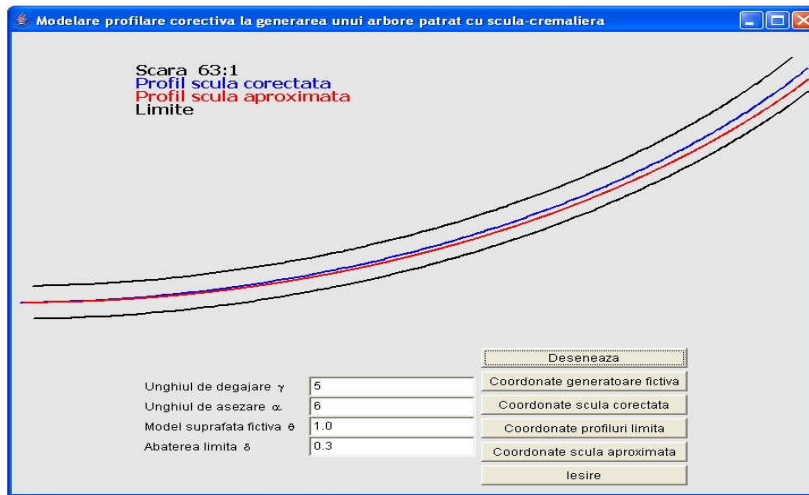


Fig. 7 Applet - Profilurile aproximata, corectat și limită

OBIECTIVUL 6. Elaborarea unor algoritmi pentru profilarea de corecție a sculelor generatoare a suprafețelor generate prin înfășurare prin metoda aproximării prin poli a suprafețelor cilindrice

Cunoscând legitățile pentru determinarea profilului (suprafața periferică primară) sculei-cremalieră fig. 8, pornind de la generatoarea nominală a suprafeței de generat și definind, de asemenea, *generatoarea fictivă* a suprafeței ca noua suprafață țintă se construiește un masiv de coordonate, reprezentând această nouă generatoare.

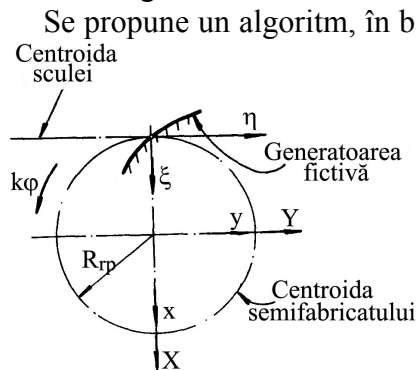


Fig.8. Sisteme de referință

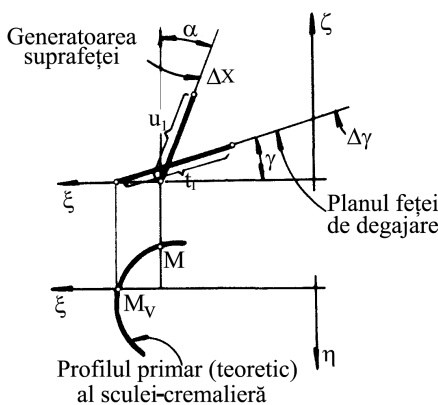


Fig. 9. Profil teoretic al sculei - P_T (profilul sculei cremalieră)

Se propune un algoritm, în baza *metodei tangentelor*, aplicat generatoarei fictive a noii suprafețe țintă. Astfel, familia de generatoare fictive este:

$$\begin{cases} \xi = X_i^F \cos \varphi_1 - Y_i^F \sin \varphi_1 + R_{rp}; \\ \eta = X_i^F \sin \varphi_1 + Y_i^F \cos \varphi_1 + R_{rp} \varphi_1. \end{cases} \quad (6)$$

Condiția de înfășurare specifică metodei poate fi adusă la forma

$$\left[Y_i^F - R_{rp} \sin \varphi_1 \right] \sin \beta_i^F - \left[-X_i^F - R_{rp} \cos \varphi_1 \right] \cos \beta_i^F = 0. \quad (7)$$

în care X_i^F , Y_i^F sunt coordonate ale matricei reprezentând generatoarea fictivă. Ansamblul ecuațiilor (6), (7) reprezintă *profilul corectat* al sculei-cremalieră.

Muchia efectivă de așchiere a sculei-cremalieră rezultă din intersecția suprafeței de degajare (în cele mai multe cazuri realizată ca o suprafață plană) cu suprafața de așzare (realizată ca o suprafață cilindrică), figura 9, aproximată prin poli vezi (1) sau (2).

Intersecția familiei de generatoare a suprafeței de așzare (ΔX) cu planul suprafeței de degajare reprezintă profilul efectiv al muchiei de așchiere a sculei în planul $\xi\eta$ - P_A figura 10, - *profilul aproximata*,

$$P_A = \begin{pmatrix} \xi_{A_1} & \xi_{A_2} & \dots & \xi_{A_j} & \dots & \xi_{A_n} \\ \eta_{A_1} & \eta_{A_2} & \dots & \eta_{A_j} & \dots & \eta_{A_n} \end{pmatrix}^T. \quad (8)$$

Pentru un număr suficient de mare de puncte ale celor două profiluri, *corectat* - P_T și *aproximat* - P_A , se poate defini o poziție relativă între acestea calculând distanțele

$$\delta_{i,j} = \left| \sqrt{(\xi_{A_j} - \xi_{T_i})^2 - (\eta_{A_j} - \eta_{T_i})^2} \right|, \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, n \text{ și } j = 1, 2, \dots, m$$

Valorile minime ale distanțelor (9) reprezintă, pentru punctele M_i și N_j , o mărime comparabilă cu distanța măsurată pe normala la una dintre curbe între P_T și P_A . Valoarea unghiului γ

Fig. 10. Profilul efectiv al muchiei de așchiere (profil aproximativ)

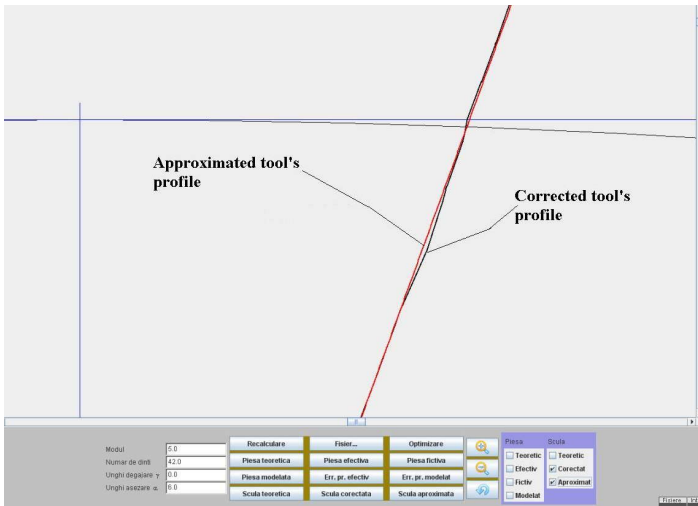


Fig. 11. Applet Java – Corectia profilului cuțitului-roată

pentru care P_T și P_A sunt apropiate reprezintă unghiul de degajare al sculei-cremalieră cu profilul corectat.

În mod similar, ținând seama de particularitățile constructive specifice, s-au realizat algoritmi și pentru profilarea de corecție a cuțitelor roată și cuțitelor rotative precum și aplicațiile numerice justificative. Pe baza algoritmilor prezentați a fost realizat, în limbajul de programare Java, un produs soft destinat profilării sculelor de tip cremalieră, cuțit-roată și cuțit rotativ. În figura 11, este prezentată o captură de ecran a acestui program, ca o aplicație pentru corecția sculei roată, pentru o dantură evolventică ($z=42$, $m=5$ mm).

OBIECTIVUL 7. Elaborarea unor algoritmi pentru profilarea sculelor generatoare cu contact punctiform (scula-melc) prin metode de reprezentare discretă a suprafețelor (suprafețe cilindrice reprezentate prin poli)

Descrierea unei suprafețe, cunoscută numeric, prin polinoame de aproximare Bezier poate constitui o variantă de algoritm pentru profilarea sculei melc, în condițiile în care precizia de generare este satisfăcătoare. Evident, o rezolvare de acest tip este destinată generării vârtejurilor ordonate de suprafețe, în primul rând

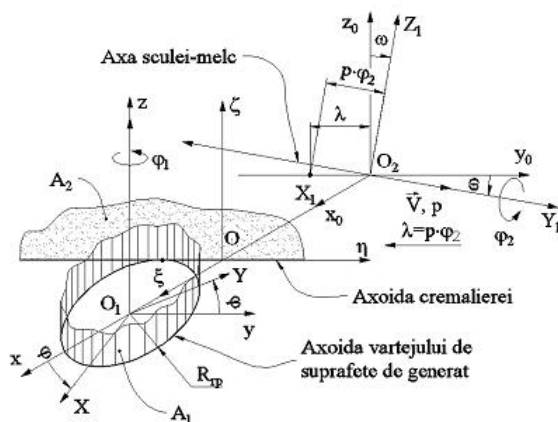


Fig. 12. Axoide în rulare și sisteme de referință

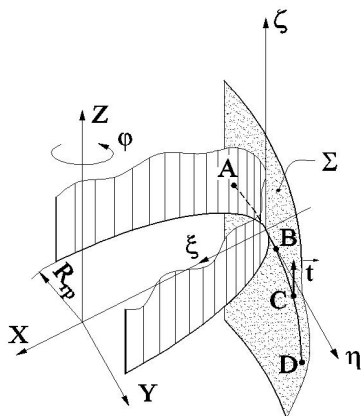


Fig.13. Suprafața Σ a vartejului de suprafețe de generat, cunoscută prin 4 puncte ale generatoarei: $A[X_A, Y_A], B[X_B, Y_B], C[X_C, Y_C], D[X_D, Y_D]$

pentru cele neevolventice pentru care apare întotdeauna necesitatea unei profilări a sculei, profilul acesteia nefiind îndeobște cunoscut. În figura 12, este prezentat sistemul de axoide în rulare, cu definiția punctului curent de pe suprafața de generat, fig 13, ca o suprafață cilindrică cu generatoarele paralele cu direcția $Z(\vec{K})$:

$$\Sigma \begin{cases} X = X(u); \\ Y = Y(u); \\ Z = t, \end{cases} \quad (10)$$

pentru u variabilă discretă cunoscută printr-un număr redus de valori (3 sau 4 puncte), ca element al unui profil complex, aproximativ prin poli.

Profilarea suprafeții periferice primare a sculei-melc

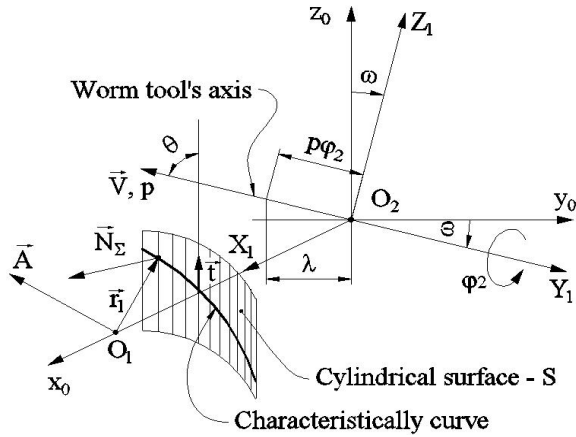


Fig. 14. Metoda descompunerii mișcării elicoidale. Sisteme de referință

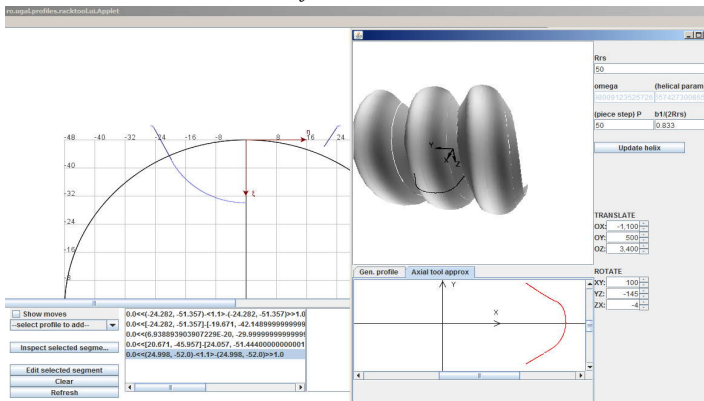


Fig. 15. Applet java – profilarea sculei melc

caracteristicii devine:

$$(\vec{A}, \vec{N}_S, \vec{r}_1) = 0. \quad (13)$$

Pe baza algoritmilor prezentați a fost realizat, în limbajul de programare Java, un produs soft destinat profilării sculei melc. În figura 15, este prezentată o captură de ecran a acestui program.

OBIECTIVUL 8. Elaborarea unor noi algoritmi pentru profilarea corectivă a sculelor mărginite de suprafețe de revoluție prin metoda reprezentării poliedrice a suprafețelor

Reprezentarea suprafețelor elicoidale exprimate în formă discretă, ca rezultat al măsurării, în forma imaginată în Obiectivul 2-metoda reprezentării poliedrale, conduce la cunoașterea unei generatoare efective G_E , presupusă plană, care conduce la o formă a generatoarei fictive

$$G_F = \left\| \begin{matrix} X_{F1} & X_{F2} & \dots & X_{Fk} \\ Y_{F1} & Y_{F2} & \dots & Y_{Fk} \end{matrix} \right\|^T. \quad (14)$$

Scula disc. Profilarea corectivă a sculelor mărginite de suprafețe de revoluție (scule disc, inelare, cilindro-frontale) presupune elaborarea unor algoritmi pentru aproximarea condiției de înfășurare.

Se definește, pentru cazul sculei disc suprafața fictivă, care rezultă imprimând generatoarei (14) o mișcare elicoidală (\vec{V}, p) , vezi figura 16.a.

Condiția de înfășurare se reduce la:

$$\left| \vec{A}, \vec{r}_i, \left(\overrightarrow{M_{i,j}M_{i,j-1}} \times \overrightarrow{M_{i,j}M_{i+1,j}} \right) \right| \leq \varepsilon \quad (15)$$

ε - arbitrar și suficient de mic în valoare absolută ($\varepsilon = 10^{-3} \dots 10^{-2}$).

Cunoscută fiind suprafața flancului cremalierii, în formă aproximată printr-un polinom Bezier, se propune determinarea caracteristicii (curba de contact) la contactul acesteia cu viitoarea suprafață periferică primară a sculei melc, prin utilizarea metodei descompunerii mișcării elicoidale, figura 14.

Se acceptă că mișcarea elicoidală generatoare a suprafeții periferice primare a sculei-melc, (\vec{V}, p) se descompune într-o sumă de mișcări echivalente: mișcare de translație, după direcția \vec{t} a versorului generatoarelor suprafețelor cilindrice – flancul cremalierii – și o mișcare de rotație de axă

$$\vec{A}, \text{ paralelă cu } \vec{V}, \text{ aflată la distanța} \quad a = p \cdot \tan(\theta) \quad (11)$$

de axa suprafeții elicoidale \vec{V} , vezi și fig. 14. Astfel, caracteristica suprafeții S, în mișcarea compusă: translație în lungul generatoarei \vec{t} și rotație în jurul axei \vec{A} , nu depinde de aceea componentă a mișcării în decursul căreia suprafața se autogenerază, fiind îndeplinită identitatea:

$$\vec{N}_S \cdot \vec{t} \equiv 0. \quad (12)$$

Astfel, condiția pentru determinarea

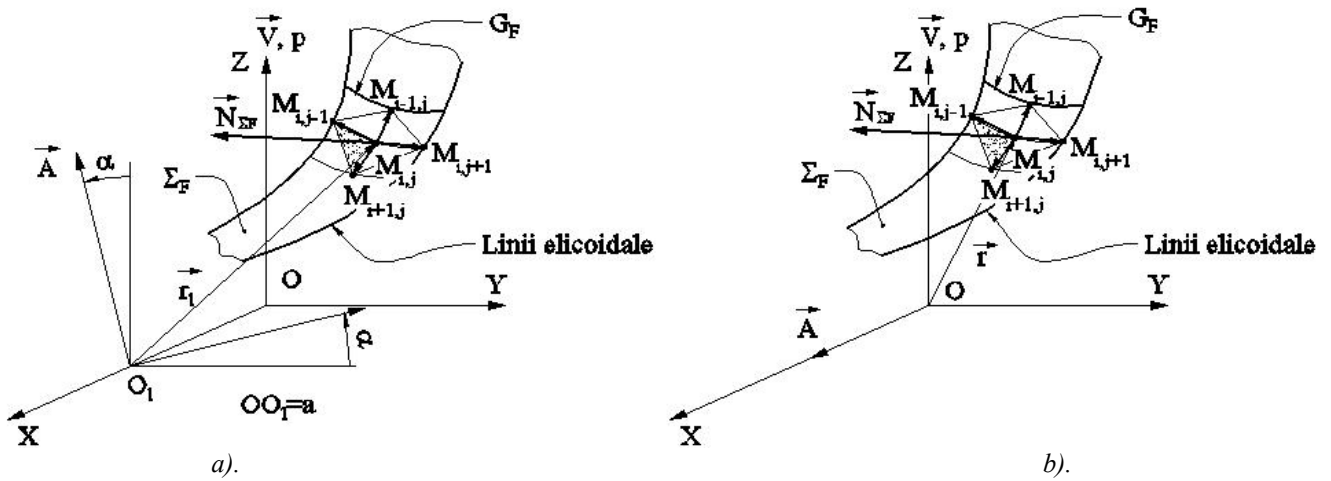


Fig. 16. Sucle suprafețe de revoluție: a). scula disc; b). scula cilindro-frontală

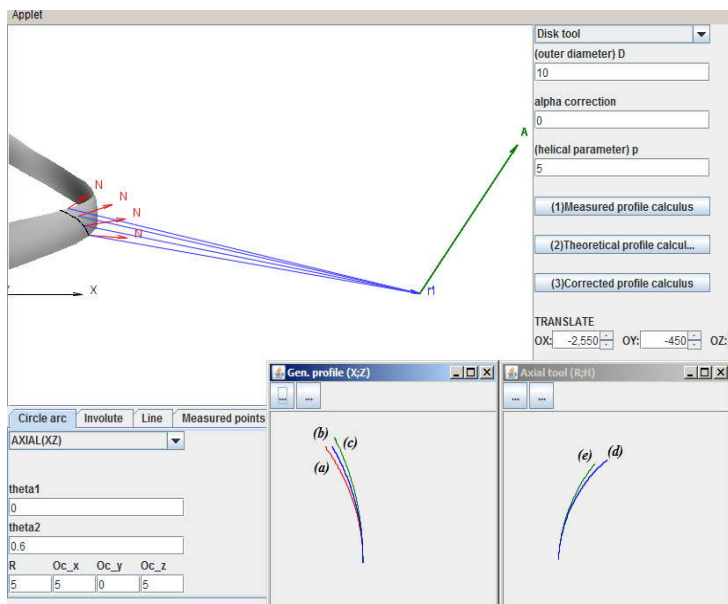


Fig. 17. Applet java-scula disc: (a) – profilul efectiv; (b) – profilul teoretic; (c) – profilul fictiv, (d) – secțiunea axială a sculei teoretice; (e) – secțiunea axială corectată a sculei disc

Totalitatea punctelor suprafeței fictive, care satisfac condiția de înfășurare specifică (15), formează caracteristica suprafeței fictive. Acestea permit determinarea suprafeței periferice primare a sculei disc.

În mod similar, pentru **scula cilindro-frontală**, vezi figura 16.b.

În baza algoritmilor, s-a elaborat un produs soft dedicat. În figura 17, se prezintă o captură de ecran specifică. S-au elaborat aplicații pentru profilarea sculelor generatoare a canalelor burghiilor elicoidale multitașis, cu tăișuri curbe.

OBIECTIVUL 9. Sinteza unor modalități de reprezentare prin poli a matricelor de coordonate reprezentând suprafețe exprimate în formă discretă

Generatoarea unei suprafețe elicoidale cilindrice și de pas constant cunoscută printr-o matrice de coordonate, obținută prin măsurare directă pe mașini de măsurat în coordonate 3D, vezi figura 18, în forma

$$G = \parallel X_i \quad Y_i \parallel; i=1 \div n \quad (16)$$

conduce la o reprezentare, în planul XY, de forma, vezi figura 20.

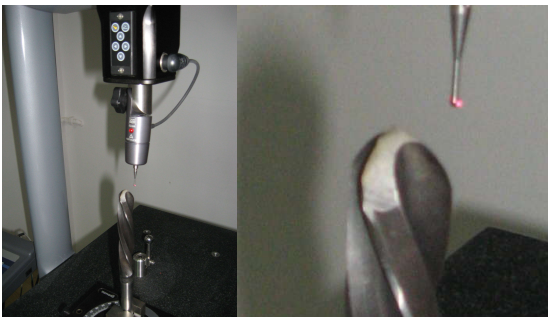


Fig. 18. Măsurarea de coordonate pe generatoarea unei suprafețe elicoidale cilindrice de pas constant (măsurată pe mașina Micro Hite 3D)

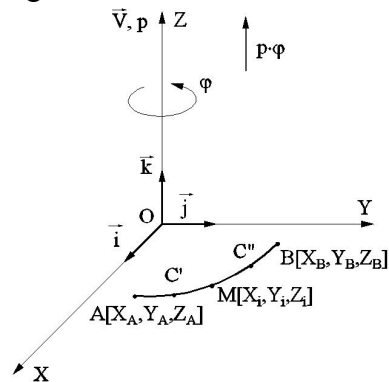


Fig. 19. Generatoarea discretă a suprafeței elicoidale

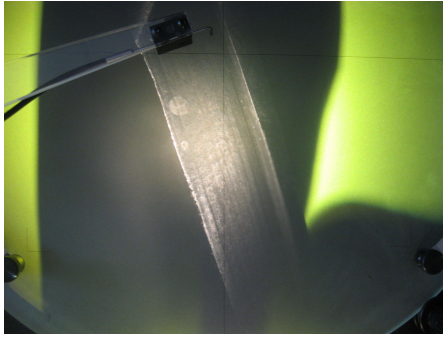


Fig. 20. Măsurarea unghiului de înclinare a elicei pe diametrul exterior pe profilul proiector Sitar et (proiecția canalului elicoidal al burghiului pe ecranul de măsurare și poziția pe rețiculul acestuia)

Pentru un polinom Bezier de gradul II :

$$X = A_X \cdot \lambda^2 + 2\lambda \cdot (1-\lambda) \cdot B_X + (1-\lambda)^2 \cdot C_X; \quad (17)$$

$$Y = A_Y \cdot \lambda^2 + 2\lambda \cdot (1-\lambda) \cdot B_Y + (1-\lambda)^2 \cdot C_Y.$$

$0 \leq \lambda \leq 1$, se acceptă că se pot măsura două puncte, C', respectiv C'', care se află în apropierea mijlocului arcului \widehat{AB} , (punctul M, deci pentru $\lambda = 0.5$) și se calculează o medie a valorii lui λ , pentru punctele efectiv măsurate astfel:

$$\lambda_{C'} = \frac{AC'}{AC' + C'B} \quad (18)$$

$$AC' = \sqrt{(X_A - X_{C'})^2 + (Y_A - Y_{C'})^2}; \quad (19)$$

$$C'B = \sqrt{(X_{C'} - X_B)^2 + (Y_{C'} - Y_B)^2}$$

și similar pentru C'', definindu-se constantele polinomului de substituție a punctelor măsurate ale generatoarei (16).

Suprafața elicoidală cilindrică și de pas constant, având ca generatoare matricea de coordonate (16), în formă Bézier:

$$\begin{cases} X = X(\lambda) \cdot \cos(k \cdot \Delta\theta) - Y(\lambda) \cdot \sin(k \cdot \Delta\theta); \\ Y = X(\lambda) \cdot \sin(k \cdot \Delta\theta) + Y(\lambda) \cdot \cos(k \cdot \Delta\theta); \\ Z = p \cdot k \cdot \Delta\theta. \end{cases} \quad (20)$$

Funcțiile $X(\lambda)$, $Y(\lambda)$ sunt date de (17), a căror coeficienți A_X , B_X , C_X , A_Y , B_Y , C_Y sunt determinabili prin coordonatele măsurate pe generatoarea suprafeței, p-parametrul elicoidal- dedus prin măsurare, figura 20.

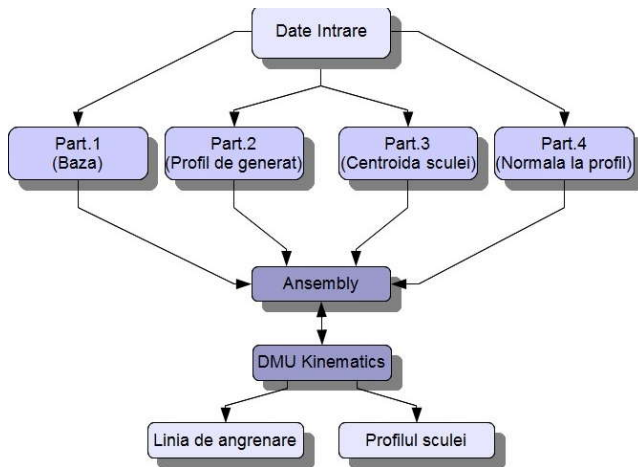


Fig. 21. Algoritm de generare în mediul grafic de proiectare CATIA

Elaborarea de produse soft specifice (produs soft pentru profilarea sculei cremalieră)
Metoda cinematică în mediul grafic de proiectare CATIA

Soluția cinematică grafică, în mediul de proiectare CATIA, a fost imaginată ca un mecanism virtual de generare a traiectoriilor unor puncte în raport cu diferite sisteme de referință ale elementelor componente, figura 21.

Rezolvarea propusă se bazează pe facilitățile mediului Part (Part Environment), în care se sintetizează elementele unui mecanism virtual, fig.

22, capabil a simula condiția de înfășurare-condiția normalelor. Aceste elemente, create în mediul Part, sunt introduse într-un fișier al mediului Assembly, asigurându-se poziționarea elementelor

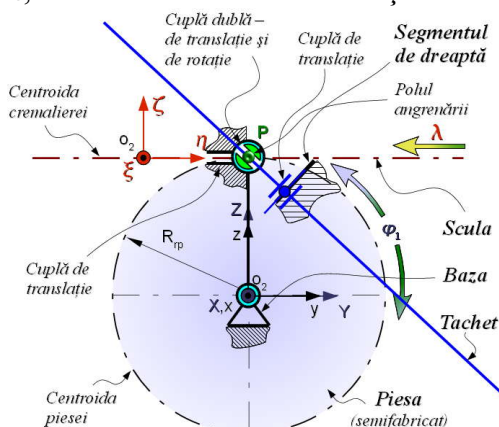


Fig. 22. M.G.M.C. pentru segment de dreaptă — scula cremalieră—

mechismului în poziția de start, urmând ca, în mediul DMU Kinematics (Digital Mock Up), să se definească cuplele cinematice predefinite.

Rularea mecanismului se realizează prin comanda de simulare Simulation, stabilindu-se numărul de poziții intermediare Shots, creându-se cu comanda Replay un film al pozițiilor succesive ale mecanismului.

Prin comanda Trace, se trasează traiectoria oricărui punct de pe un element al mecanismului, în raport cu oricare alt element al acestuia, inclusiv față de sistemul de referință fix, determinându-se linia de angrenare între profilul de generat și profilul sculei cremalieră.

Mecanismul de generare în mediul CATIA (M.G.M.C.) pentru segment de dreaptă

Mecanismul virtual specific acestui caz (profilul reprezentat de un segment de dreaptă) este prezentat în figura 22.

Similar, au fost imaginate mecanisme de generare și pentru profiluri compuse din arce de cerc, și de asemenea, pentru profiluri descrise punct cu punct (curbe spline).

OBIECTIVUL 10. Elaborarea unui model de compensare a erorii de generare a suprafeței în cazul aproximării prin poli a suprafețelor (cazul profilării suprafețelor elicoidale cilindrice de pas constant)

Pentru o suprafață elicoidală cilindrică și de pas constant, generată cu o sculă de tip disc, se definește generatoarea efectiv măsurată a acesteia, generatoare care diferă de generatoarea țintă, pentru care a fost profilată scula, figura 23, numită generatoare teoretică și definită sub forma unui polinom Bézier. Generatoarea fictivă (corectată) se definește ca „oglinzită” generatoarei efective - G_{Ee} - punct cu punct, vezi și fig. 3, în raport cu generatoarea teoretică, în forma:

$$G_F = \left\| \begin{matrix} X_{i,j_F} & Y_{i,j_F} \end{matrix} \right\|_{(i=1\dots n)(j=1\dots m)} \quad (21)$$

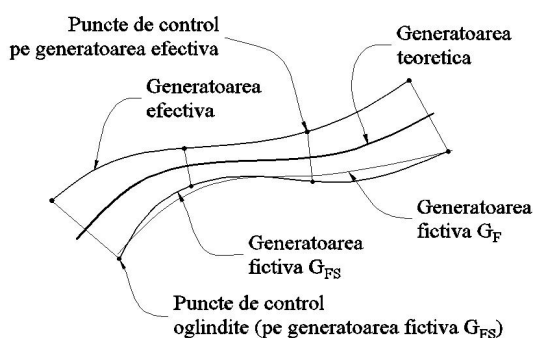


Fig. 23. Generatoare fictivă și efectivă substitute cu polinoame

Generatoarea fictivă servește ca bază pentru modelarea analitică sau în formă discretă, punct cu punct, a suprafeței elicoidale de generat, suprafață ce va servi pentru reprofilarea sculei (scula-disc, scula cilindro-frontală) pentru generarea suprafeței elicoidale. La reluarea generării, se poate ajunge la o nouă generatoare efectivă, mai apropiată de generatoarea teoretică – ținta inițială a generării. Se substituie generatoarea fictivă G_{ABC} cu un polinom Bézier de grad inferior (gradul II sau III), astfel că generatoarea fictivă poate fi privită ca oglindita acestui polinom în raport cu generatoarea teoretică.

S-a rezolvat problema determinării erorii de aproximare a generatoarei fictive G_{ABC} , astfel determinată, cu generatoarea fictivă oglinzită punct cu punct (vezi figura 23).

Sunt prezentate aplicații și un produs soft, în limbajul de programare Java, pentru compensarea, în baza algoritmului propus, a erorilor generatoarelor suprafețelor elicoidale.

OBIECTIVUL 11. Sinteza unor produse soft specializate, bazate pe reprezentarea în forma discretă a suprafețelor (reprezentare poliedrală sau prin poli)

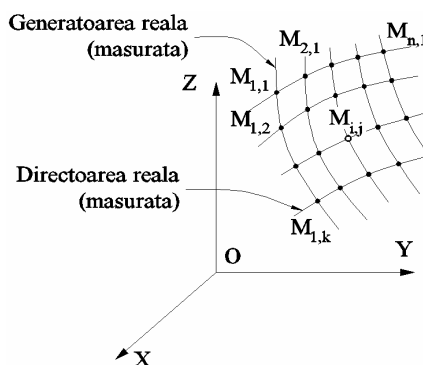


Fig. 24. Suprafața reală (determinată prin măsurarea punctelor)

S-a realizat o metodă de aproximare a unei suprafețe efectiv măsurate printr-un ansamblu de suprafețe plane și un produs soft specific, în limbaj Java, în scopul profilării sculelor disc reciproc înfășurătoare cu suprafața efectivă, substituită prin acest ansamblu de suprafețe – metoda poliedrală.

Suprafețele (elicoidală, cilindrică sau de revoluție), așa cum rezultă în urma măsurării prin explorare cu un sistem de palpare, care determină coordonatele succesive ale punctelor acestora, figura 24, pot fi privite ca fiind formate dintr-o rețea de puncte distincte în lungul liniilor de măsurare.

O generatoare efectivă „j” a suprafeței poate fi reprezentată printr-o matrice de forma:

$$G = \left\| \begin{matrix} X_{1,j} & X_{2,j} & X_{3,j} & \dots & X_{k,j} \\ Y_{1,j} & Y_{2,j} & Y_{3,j} & \dots & Y_{k,j} \\ Z_{1,j} & Z_{2,j} & Z_{3,j} & \dots & Z_{k,j} \end{matrix} \right\|^T \quad (22)$$

Normala într-un punct oarecare al suprafeței efective (22), fie $M_{i,j}$ acesta, se definește ca fiind normala la una dintre fețele „poliedrului” determinat de punctele: $M_{i,j}$; $M_{i,j-1}$; $M_{i+1,j}$ etc, figura 24.

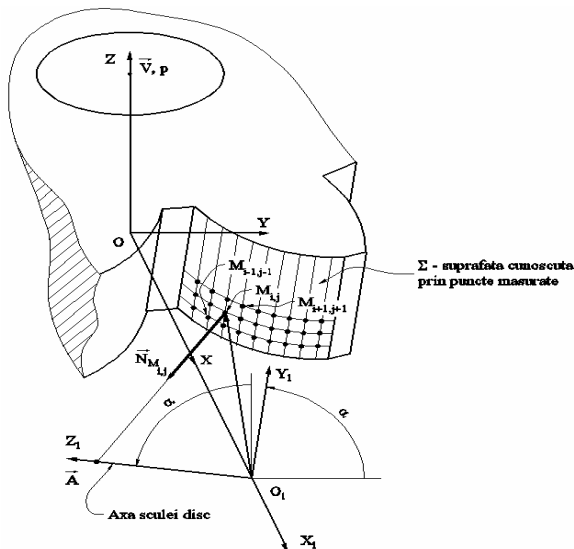


Fig. 25. Scula disc - sisteme de referință

Se face și o ajustare a formei suprafeței măsurate (fitting), astfel încât să nu apară discontinuități în descrierea acesteia.

În figura 25, sunt prezentate sistemele de referință și poziția axei viitoare a disc.

Condiția ca punctul $M_{i,j}$ de pe suprafața Σ să aparțină curbei caracteristice este determinată de intersecția normalei la Σ , în acest punct, cu axa sculei-disc,

$$\left| \left(\vec{A}, r_1 \vec{N}_{\Sigma_{i,j}} \right) \right| \leq \varepsilon. \quad (23)$$

Secțiunea axială a sculei disc se obține din (22) în forma:

$$S_A : \begin{cases} R = \sqrt{X_{i,j}^2 + Y_{i,j}^2} \\ H = Z_{i,j} \end{cases} \quad (24)$$

S-a realizat, în limbajul Java, un produs informatic specializat, care determină forma curbei caracteristice și, implicit, secțiunea axială a sculei disc, prin aplicarea algoritmului anterior prezentat, referitor la o reprezentare în formă discretă a suprafețelor elicoidale.

În figura 26, se prezintă un applet caracteristic al produsului soft realizat.

Sinteza unui produs informatic specializat

A fost dezvoltat un set de aplicații software, care acoperă o sferă largă a domeniilor de aplicabilitate ale metodologiilor propuse în proiect. Toate aplicațiile folosesc polinoame Bezier pentru a substitui profiluri teoretice sau măsurate, putând, astfel, aplica teoremele fundamentale ale generării prin înfășurare - teoreme analitice - chiar și în cazurile profilurilor cunoscute discret (măsurate). Mai mult, algoritmul de calcul a fost în cele mai multe cazuri simplificat, aplicând condițiile de înfășurare specifice pentru un număr redus de puncte - punctele de control ale polinoamelor substituente.

Aceste aplicații au fost dezvoltate sub forma unor appleturi Java și integrate într-o aplicație web unitară (figura 27).

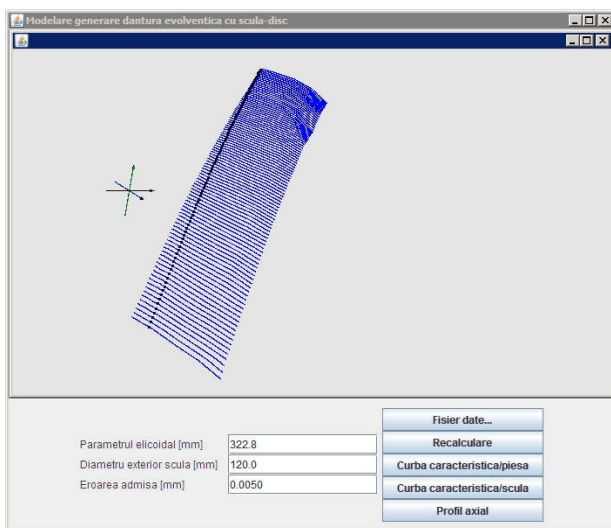


Fig. 26. Applet - profilarea sculei disc în baza reprezentării în formă poliedrală a suprafețelor elicoidale

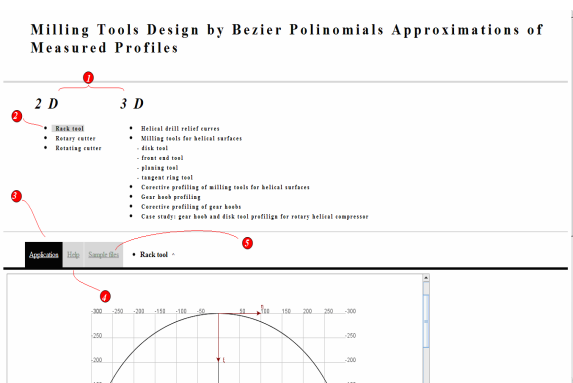


Fig. 27. Applet - profilarea sculelor în baza reprezentării în formă poliedrală a suprafețelor elicoidale