

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII,
TINERETULUI ȘI SPORTULUI**

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Facultatea de Mecanică



Contribuții la elaborarea unei metode grafice CAD pentru profilarea sculelor generatoare prin înfășurare

Teză de doctorat

REZUMAT

Conducător științific:

Prof. Dr. Ing. Nicolae Oancea

Doctorand:

Ing. Silviu Berbinschi

Galați
2012

Această lucrare a fost redactată în LIBREOFFICE, folosind softuri OPENSOURCE.
Licența CATIA aparține Departamentului de Grafică, al Facultății de Mecanică, Universitatea
„Dunărea de jos” Galați.

C2191/2.04.2012

Către

Universitatea “ Dunărea de Jos “ din Galați vă face cunoscut că în data de 11.05.2012, ora 12.00, în sala D12 a Facultății de Mecanică, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată : ” CONTRIBUTII LA ELABORAREA UNEI METODE GRAFICE CAD PENTRU PROFILAREA SCULELOR GENERATOARE PRIN ÎNFĂȘURARE”, elaborată de domnul/doamna ing. BERBINSCHI SILVIU, în vederea conferirii titlului științific de doctor în Domeniul de doctorat - Inginerie industrială.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

- 1. Președinte:** Prof.univ.dr.ing. Cătălin FETECĂU
Decan-Facultatea de Mecanică
Universitatea " Dunărea de Jos " din Galați
- 2. Conducător de doctorat:** Prof.univ.dr.ing. Nicolae OANCEA
Universitatea " Dunărea de Jos " din Galați
- 3. Referent oficial:** Prof.univ.dr.ing. Dumitru NEDELCU
Universitatea Tehnică " Gheorghe Asachi " din Iași
- 4. Referent oficial:** Prof.univ.dr.ing. Laurentiu SLĂTINEANU
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași
- 5. Referent oficial:** Prof.univ.dr.ing. Ioan BAICU
Universitatea " Dunărea de Jos " din Galați

Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa Universității, str. Domnească nr. 47, 800008 - Galați, Fax - 0236 / 461353.



RECTOR,
Prof.univ.dr.ing. Julian Gabriel BÎRSAN

SECRETAR DOCTORAT,
Ing. Luiza AXINTE

Mulțumiri

În primul rând doresc să aduc mulțumiri conducătorului meu de doctorat Prof. Univ. Dr. Ing. Nicolae Oancea, pentru răbdarea și încrederea acordată, pe durata întregii perioade de studiu, urmate în cadrul acestei forme de pregătire.

Îmi exprim, și pe această cale, gratitudinea față de colectivul școlii doctorale din cadrul Facultății de Mecanică a Universității „Dunărea de jos” din Galați, și de asemenea, mulțumesc îndrumătorilor mei, membrii ai departamentului Construcții de Mașini, Robotică și Sudare, precum și ai departamentului Organe de Mașini și Grafică, pentru sugestiile făcute cu ocazia susținerii referatelor și rapoartelor de cercetare din planul de pregătire, pe parcursul elaborării lucrării de doctorat.

Mulțumesc, în mod deosebit domnilor profesori: Prof. Univ. Dr. Ing. Dumitru Nedelcu și Prof. Univ. Dr. Ing. Laurențiu Slătineanu de la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, și de asemenea, Prof. Univ. Dr. Ing. Ioan Baicu de la Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, membri ai comisiei de analiză și susținere a lucrării, care s-au aplecat cu răbdare și atenție asupra lucrării mele de doctorat, și care prin recomandările făcute vor influența viitoarea mea activitate.

Mulțumesc domnului Prof. Dr. Ing. Virgil Teodor pentru ajutorul primit la măsurătorile efectuate în cadrul laboratorului Departamentului Construcții de Mașini și Sudare.

De asemenea, doresc să mulțumesc domnului Prof. Dr. Ing. Alexandru Năstase de la departamentul Mecanică Aplicată, pentru sprijinul acordat și discuțiile fructuoase purtate împreună pe marginea întregii tematici din prezenta teză de doctorat, din care s-au nuanțat idei noi de abordare a problematicii studiate.

Nu în ultimul rând, mulțumesc familiei mele, soției în mod deosebit și fiicei mele, pentru susținerea morală, pentru răbdarea de care au dat dovadă datorită timpului redus petrecut împreună și pentru dragostea purtată, de care am avut nevoie pe durata întregului studiu.

Silviu Berbinschi

Introducere

Generarea suprafețelor complexe se realizează prin procedee de așchiere apelând la principiile generării prin înfășurare. Suprafețe sculpturale, ca suprafețe generate de scule cu geometrie definită, de regulă suprafețe de revoluție, care generează, în raport cu semifabricatul, traiectorii complexe, pe mașini cu comandă numerică, cu 5 (6) axe controlate numeric, sunt, de asemenea, o aplicație a generării prin înfășurare.

Sunt cunoscute metode analitice, pentru studiul proceselor de generare în aceste condiții. De asemenea, au fost prezentate și sunt aplicate și metode numerice CAD.

Utilizarea mediului de proiectare grafică CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) în domeniul generării suprafețelor se impune, în primul rând, datorită capacității de calcul și reprezentării grafice riguroase, pe care le oferă acest mediu de proiectare. Au fost necesare realizarea unor aplicații dedicate diferitelor metode de generare: generarea prin metoda rulării; generarea suprafețelor elicoidale cu scule mărginite de suprafețe de revoluție; generarea prin înfășurare cu contact punctiform (cazul sculei melc), în limbajul VBA, pentru a crea o nouă metodică pentru profilarea sculelor care generează prin înfășurare: scule de tip cremalieră și cuțit roată, pentru generarea de vârtejuri ordonate de suprafețe; scula de tip disc, cilindro-frontală, inelară, pentru generarea suprafețelor elicoidale; scule de tip melc (scula mărginită de o suprafață elicoidală), pentru generarea vârtejurilor ordonate de suprafețe cilindrice sau elicoidale cilindrice.

O astfel de metodică, care utilizează facilitățile specifice oferite de CATIA, poate deschide noi perspective de utilizare a acestui mediu de proiectare grafică, realizând totodată un nou instrument, rapid, exact și foarte sugestiv pentru rezolvarea problemelor de profilare a sculelor care generează prin metoda înfășurării.

Prezenta lucrare își propune o asemenea abordare prin prezentarea unor metodici specifice, dezvoltate în mediul CATIA, ca alternativă la metodele numerice, bazate pe principiile analitice fundamentale ale domeniului generării prin înfășurare.

Rezultatele prezentate de autor în cadrul tezei, de asemenea, publicate în țară și străinătate, reprezintă efortul în soluționarea acestor problematici, desfășurat de autor la Universitatea „Dunărea de jos” din Galați, pe parcursul anilor de pregătire în cadrul școlii doctorale și a elaborării prezentei teze de doctorat.

Autorul

Cuprins selectiv

1. Stadiu actual privind metodologia profilării sculelor care generează suprafețe complexe prin înfășurare	11
1.1. Direcții de cercetare.....	12
2. Metoda grafică în mediul CATIA pentru profilarea sculelor asociate unor axoide în rulare	13
2.1. Metodă cinematică pentru profilarea sculelor de tip cremalieră.....	13
2.1.1. Metodă cinematică în mediul grafic de proiectare CATIA.....	13
2.1.2. Aplicații pentru metoda cinematică în mediul de proiectare CATIA.....	16
2.1.2.1. Arbore poligonal.....	16
2.1.3. Elaborarea unui soft integrat în mediul de proiectare CATIA.....	23
2.2. Metoda cinematică pentru profilarea sculei de tip cuțit-roată în mediul de proiectare CATIA.....	24
2.2.1. Metodă cinematică de generare în mediul grafic de proiectare CATIA.....	24
2.2.2. Aplicații pentru profilarea sculei cuțit-roată.....	26
2.2.2.1. Cuțit-roată pentru un alezaj poligonal regulat.....	26
2.3. Concluzii.....	28
3. Metoda grafică 3D pentru profilarea sculelor generatoare a suprafețelor elicoidale	29
3.1. Metodă 3D pentru profilarea sculei disc – SGSE (Scule Generatoare a Suprafețelor Elicoidale).....	29
Capitolul 6. Verificarea comparativă a metodei grafice.....	30
3.1.1. Aplicații pentru profilarea sculelor disc.....	31
3.1.1.1. Profilarea sculei disc pentru prelucrarea unei suprafețe elicoidale compuse (canalul alezorului elicoidal).....	32
3.2. Profilarea sculei cilindro-frontale.....	34
3.2.1. Metodă 3D pentru scula cilindro-frontală – SGSE (Scule Generatoare ale Suprafețelor Elicoidale).....	35
3.2.2. Aplicații pentru profilarea sculelor cilindro-frontale.....	35
3.2.2.1. Profilarea sculei cilindro-frontale pentru prelucrarea canelurilor elicoidale.....	35
3.3. Aplicația SGSE (Scule Generatoare a Suprafețelor Elicoidale –scule cu contact liniar).....	37
3.4. Concluzii.....	38
4. Metoda 3D pentru profilarea sculelor generatoare cu contact punctiform – scula melc	39
4.1. Metodă 3D pentru scula melc – MGMC și SGSE.....	39
5. Metodă cinematică în mediul grafic CATIA pentru modelarea generării prin înfășurare	43
5.1. Modelarea generării suprafețelor la prelucrarea cu scula cremalieră.....	43
5.1.1. Metodă cinematică în CATIA pentru modelarea generării unei roți dințate cilindrice	43
5.2. Modelarea generării suprafețelor la prelucrarea cu scula disc.....	45

6. Verificarea comparativă a metodei grafice	47
6.1. Verificarea metodei grafice în mediul grafic CATIA pentru scula cuțit–roată...	47
6.2. Verificarea metodei grafice pentru scula disc.....	48
6.2.1. Aplicație numerică.....	49
7. Inginerie inversă – proiectarea sculelor generatoare a rotoarelor unui compresor elicoidal existent	51
7.1. Modelarea sculei disc generatoare a rotorului condus.....	53
7.2. Concluzii.....	54
8. Concluzii și contribuții personale	55
8.1. Concluzii.....	55
8.2. Contribuții personale.....	58
8.3. Direcții de dezvoltare a cercetării.....	60

Capitolul 1

1. Stadiu actual privind metodologia profilării sculelor care generează suprafețe complexe prin înfășurare

Problematika studiului proceselor de generare prin înfășurare a suprafețelor: suprafețe asociate unor cupluri de centroide în rulare; suprafețe mărginite de suprafețe periferice primare de revoluție înfășurătoare a suprafețelor elicoidale; vârtejuri de suprafețe cilindrice sau elicoidale cilindrice în înfășurare cu suprafețe elicoidale (cazul suprafețelor în înfășurare cu contact punctiform) este încă deosebit de importantă, cu toată dezvoltarea unor produse soft integrate CAD – CAM – CAI, care permit abordarea multora dintre aceste probleme, într-o manieră numerică aproximativă, dar acceptabilă din punct de vedere tehnic.

Generarea suprafețelor complexe cum ar fi: vârtejuri ordonate de suprafețe axial simetrice (cazul tipic al roților dințate, arbori profilați, caneluri etc.); suprafețe elicoidale cilindrice și de pas constant (melcii angrenajelor melcate, rotoarele compresoarelor elicoidale, melcii din construcția pompelor elicoidale); suprafețe elicoidale de lungime mare (șuruburi conducătoare ale mașinilor unelte, șuruburi de mișcare ale preselor) presupune existența unor metodologii specifice pentru rezolvarea problematicii profilării sculelor care generează prin înfășurare aceste suprafețe: , [7], [9], [10], [11], [12], [19], [21], [26], [50], [54], , [56].

Abordarea problemei s-a făcut, inițial, în baza reprezentării analitice a suprafețelor prin crearea unor legități matematice, care să permită determinarea curbilor de tangență a suprafețelor în înfășurare, metodologie ale cărei fundamente matematice au fost realizate de T. Olivier, prin elaborarea teoremelor care îi poartă numele, pentru cazul familiilor de suprafețe care depind de un parametru (teorema I) sau de doi parametri independenți (teorema a II-a).

Generarea suprafețelor asociate unor axoide în rulare (cazul specific al roților dințate) a fost dezvoltată, de asemenea, în formă analitică, de către R. Willis.

◆ Teorema GOHMAN, [32], [43], simplifică modalitatea de interpretare a condițiilor de înfășurare și pune în acord problema geometrică (OLIVIER) cu necesitățile de exprimare, mai adecvate domeniului tehnic, aplicativ, din domeniul studiului angrenajelor transmisiilor mecanice.

Metoda GOHMAN păstrează caracterul de universalitate al abordării problematicii proceselor de înfășurare a suprafețelor, ca și teoremele OLIVIER.

GOHMAN introduce în abordarea acestor probleme o nouă teoremă, care

simplifică modalitatea de analiză a problemelor de contact ale suprafețelor în înfășurare cu contact liniar și contact punctiform.;

◆ Teorema WILLIS (metoda normalelor), dezvoltată pentru studiul vârtejurilor ordonate de suprafețe asociate unor axoide în rulare, are o formă simplă de interpretare a condiției de înfășurare, totodată un domeniu relativ limitat de aplicare;

◆ Procesul de înfășurare a suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant cu suprafețe de revoluție poate fi abordat prin teorema NIKOLAEV [32], teoremă care simplifică teorema I OLIVIER, pentru acest domeniu de studiu, apelând la proprietățile descompunerii mișcării elicoidale în mișcări de rotații (rotații și translații);

◆ Metoda "distanței minime" [43], [44] este o metodă, cu caracter general, care permite abordarea problematicii referitoare la generarea prin înfășurare a suprafețelor asociate unor cupluri de axoide în rulare precum și a problemelor legate de profilarea sculelor pentru generarea suprafețelor elicoidale. De asemenea, metoda poate fi aplicată și pentru studiul înfășurătoarei suprafețelor cunoscute în formă discretă (formă numerică);

◆ Metoda "familiei de cercuri de substituie" [43] este, de asemenea, dedicată problematicii profilării sculelor generatoare, care generează prin înfășurare (cazul suprafețelor asociate unor cupluri de axoide în rulare; profilarea sculelor mărginite de suprafețe de revoluție înfășurătoare a suprafețelor elicoidale) și, într-o formă adecvată, studiul suprafețelor în înfășurare cu contact punctiform;

◆ Metoda "trajectoriilor plane de generare", ca metodă analitică, permite abordarea totalității problemelor legate de profilarea sculelor pentru generarea suprafețelor în înfășurare [60], [43]. Evident că, toate celelalte metode, și aceasta, reprezintă numai o formă, mai adecvată cerințelor proceselor proiectării sculelor generatoare prin înfășurare, a teoremelor fundamentale OLIVIER.

◆ Metoda geometrică reprezintă o interpretare a teoremei fundamentale WILLIS și este aplicabilă studiului profilurilor în înfășurare, asociate unor centroide în rulare.

◆ Dezvoltarea mediilor de proiectare grafică a deschis noi forme de abordare a problematicii suprafețelor în înfășurare, ca urmare a facilităților specifice și a calității în continuă dezvoltare a acestor produse de analiză virtuală a suprafețelor, în perspectiva integrării rezultatelor obținute în sisteme CAD – CAM – CAI.

◆ Metoda 3D utilizează facilitățile oferite de acest mediu de proiectare grafică CAD, utilizând "metoda regiunilor" și operații boolene de tip "*subtract*", completate cu algoritmi originali imaginați în AutoLISP. Modelele virtuale ale sculelor, precum și rezultatele numerice reprezentând profilul sculelor generatoare, sunt afectate de numărul pozițiilor relative ale solizilor (regiunilor) în înfășurare.

◆ Un alt domeniu de aplicabilitate al mediilor de proiectare grafică este cel al studiului procesului geometric al formării așchiei, în procesele complexe de danturare cu scula de tip cremalieră, cuțit roată, scula melc.

Litvin F. L. dezvoltă o nouă metodică, teoria cinematică a înfășurării

suprafețelor, și creează pe parcursul prodigioasei sale activități, o linie specifică de abordare a problematicii generării suprafețelor prin înfășurare: [28], [29], [30], [31]. De asemenea, matematicieni precum V. S. Liukșin și A. F. Nikolaev, abordează, în formă analitică, multiple probleme ale generării suprafețelor prin înfășurare, în baza proprietății compunerii mișcărilor de rotație, [32].

Cerințele industriale curente precum și utilizarea din ce în ce mai largă a mașinilor unelte cu comandă numerică au permis generarea unor suprafețe complexe, utilizând scule cu generatoare simple (rectilinii sau circulare), care descriu traiectorii complexe generate numeric: [24], [25], [27], [34], [38], [48]. Aceasta a implicat dezvoltarea unor produse soft specializate abordarea unor noi tipuri de probleme privind rugozitatea suprafețelor generate, probleme de interferență a sculelor cu suprafețele efectiv generate, criterii de eficientizare a generării suprafețelor.

Apariția mediilor de proiectare grafică 3D au deschis o nouă posibilitate de aplicare a metodologiilor referitoare la generarea suprafețelor și dezvoltarea unor metode de generare virtuală a suprafețelor reciproc înfășurătoare cu contact liniar sau punctiform [15], [64], [76].

1.1. Direcții de cercetare

În lucrarea de față, se urmărește a aborda problematica înfășurării suprafețelor, utilizând exclusiv facilitățile oferite de mediul de proiectare grafică CATIA, în scopul imaginării și dezvoltării unor aplicații originale, bazate pe limbajul de programare *Visual Basic for Applications* (VBA – CAA), integrat în CATIA, pentru: profilarea sculelor care generează prin înfășurare prin metoda rulării; a sculelor care generează suprafețe elicoidale; a sculelor care generează prin metoda contactului punctiform.

În acest scop, se vor urmări dezvoltări pe următoarele direcții de cercetare:

Elaborarea unei metode cinematice, în mediul grafic de proiectare grafică CATIA, pentru profilarea sculelor generatoare prin înfășurare a vârtejurilor ordonate de suprafețe (profiluri) asociate unui cuplu de axoide (centroide) în rulare. Imaginarea unor "mecanisme" de generare specifice profilurilor de generat și elaborarea unor aplicații specifice VBA, pentru profilarea sculelor de tip cremalieră (cuțit pieptene) sau roată (cuțit roată și cuțit rotativ);

1. Elaborarea unei metode, în mediul de proiectare grafică CATIA, pentru generarea suprafețelor elicoidale, făcând apel la facilități oferite de acest mediu de proiectare, precum *Generative Shape Design*, pentru proiecția unei drepte pe o suprafață și crearea unor aplicații originale VBA, pentru sculele de tip disc, cilindro – frontale, scule inelare și cilindrice;

2. Crearea unui algoritm original și imaginarea unei aplicații VBA specifice, pentru a putea aborda în mediul de proiectare grafică CATIA, problemele specifice profilării sculei de tip melc, reciproc înfășurătoare unui vârtej de suprafețe, în condițiile unui contact punctiform al acestora;

3. Verificarea calității metodei grafice propuse, comparativ cu rezultate numerice obținute prin metode numerice alternative, pentru toate tipurile de scule analizate;

4. Modelarea erorilor geometrice de generare, datorate abaterilor de formă ale muchiei de așchiere a sculei, abatere cunoscută în formă grafică (numerică), în scopul creării unor algoritmi dedicați, pentru predicția mărimii erorii geometrice a suprafeței generate;

5. Aplicarea metodei grafice, în mediul de proiectare grafică CATIA, pentru rezolvarea unei probleme de inginerie inversă, referitoare la scule generatoare a unor suprafețe elicoidale, cunoscute prin măsurare directă și modelate virtual în CATIA;

6. Elaborarea de aplicații VBA specifice proceselor de generare în mediul de proiectare grafică CATIA.

În figura 41, este prezentat algoritmul de principiu al profilării sculelor în mediul de proiectare grafică CATIA.

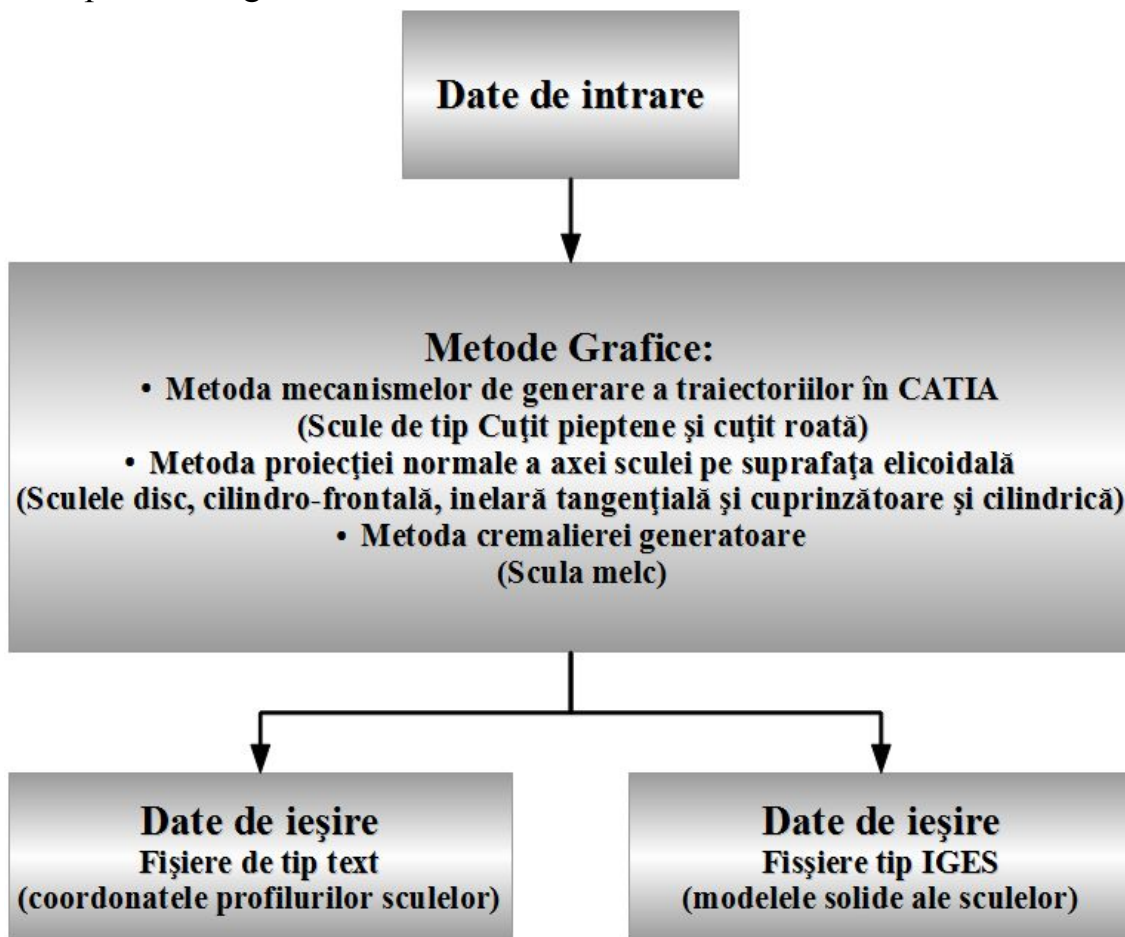


Fig. 1. Algoritm de principiu al profilării sculelor în mediul CATIA

Capitolul 2

2. Metoda grafică în mediul CATIA pentru profilarea sculelor asociate unor axoide în rulare (*metoda mecanismelor de generare a traiectoriilor*) [90], [91], [92], [100]

2.1. Metodă cinematică pentru profilarea sculelor de tip cremalieră

Profilarea sculelor care generează prin înfășurare prin metoda rulării – scula cremalieră și scula roată – poate fi realizată, așa cum este cunoscut, prin mai multe metode. Facem cuvenita mențiune că multitudinea de metode, propuse și utilizate pentru studiul suprafețelor (profilurilor) reciproc înfășurătoare, respectă, evident, teorema fundamentală a înfășurării. Soluțiile propuse, prin utilizarea acestor metode, conduc la rezultate comparabile, în cele mai multe cazuri, identice, ale formei profilurilor transversale ale sculelor, care generează prin înfășurare vârtejuri ordonate de profiluri asociate unui cuplu de centroide în rulare.

2.1.1. Metoda cinematică în mediul grafic de proiectare CATIA

Se propune o nouă soluție a problemei profilării sculei cremalieră, reciproc înfășurătoare a unui vârtej ordonat de profiluri (suprafețe) asociat unui cuplu de centroide în rulare, făcând apel la facilitățile oferite de produsul soft CATIA, prin realizarea unei entități cinematice care să reproducă mișcarea de rulare a centroidelor.

Soluția cinematică în mediul de proiectare CATIA reprezintă un mecanism de generare a traiectoriilor unor puncte, în raport cu diferite sisteme de referință ale elementelor componente. Acest mecanism se va numi în continuare:

➤ *Mecanism de Generare în Mediul de proiectare CATIA – (M.G.M.C.)*

Soluția propusă are avantajul că utilizează facilitățile unui produs soft deosebit de versatil, care poate oferi o deosebită rigurozitate a rezultatelor numerice.

Totodată, fiind o metodă grafică, erorile grosolane, datorate, în primul rând, formării curbilor de trecere, care pot fi considerate eronat porțiuni ale profilului, sunt ușor de sesizat și, ulterior, eliminate din analiză.

Se consideră trei tipuri de profiluri ale pieselor, pentru care se proiectează tot atâtea tipuri de M.G.M.C. diferite. Prin combinarea tuturor acestor tipuri de mecanisme, se pot studia profiluri compuse și complexe, după cum se va observa în continuare. Pentru cazul general al oricărui profil, mecanismul este alcătuit din elementele următoare:

- ◆ Bază;
- ◆ Piesă;
- ◆ Tachet;
- ◆ Sculă.

a) **M.G.M.C. pentru segmente de dreaptă**

M.G.M.C. pentru profiluri rectilinii se consideră cel din figura 2.

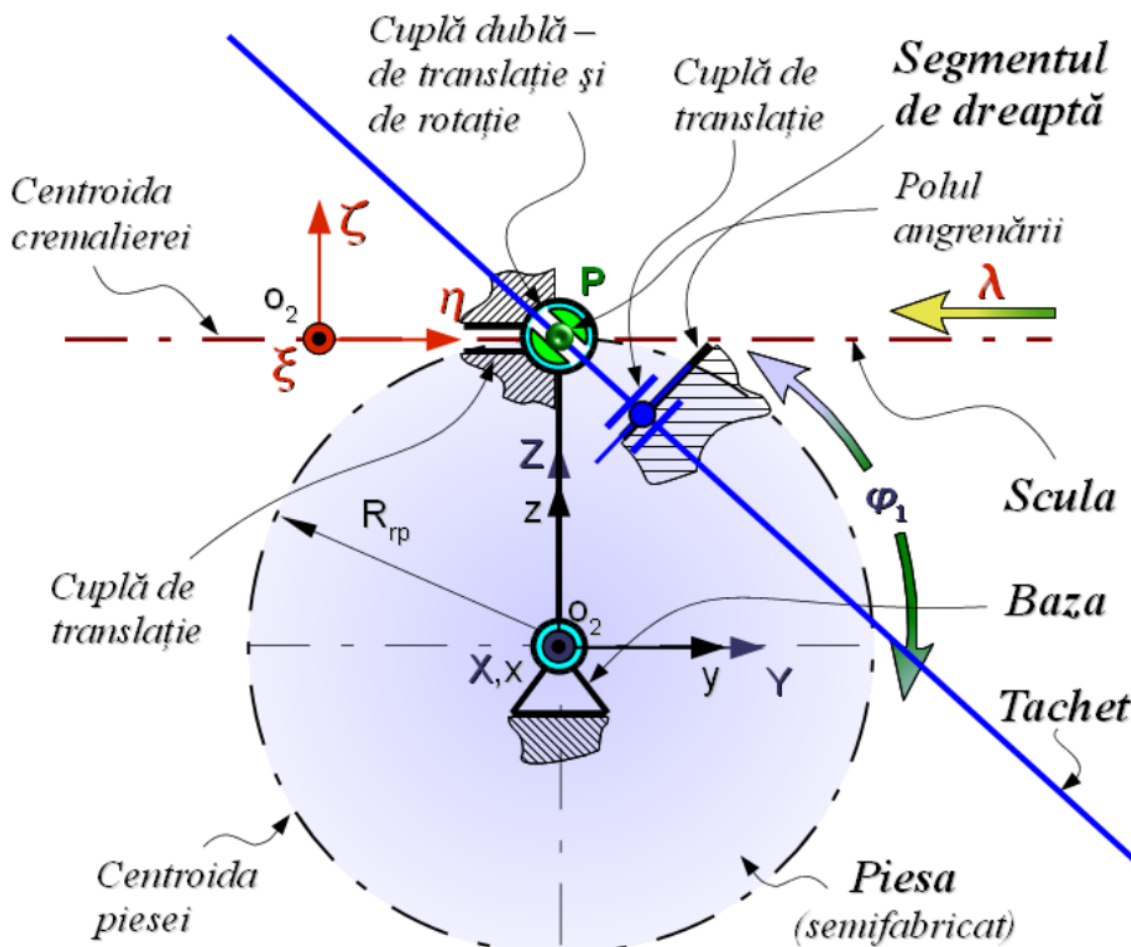


Fig. 2. M.G.M.C. pentru segment de dreaptă și scula cremalieră

În cazul cremalierii, elementul *Scula* este o dreaptă, ce rulează fără alunecare cu cercul reprezentând centrul piesei. Elementul *Baza* este elementul fix, care permite, prin cuplurile de rotație din origine și cea din polul angrenării, rotația piesei și, respectiv, translația tachelului. Elementul *Tachet* are o legătură cu *Baza* și alta cu *Piesa*, care este și cea specifică pentru profilul segment de dreaptă. Această cuplă este cea de translație (de tip prismatic) a elementului cremalieră, în lungul unui ghidaj al elementului fix, *Baza*.

b) **M.G.M.C. pentru arc de cerc**

M.G.M.C. pentru profiluri în arc de cerc se consideră cel din figura 3. Particularitatea, față de cel pentru segmente de dreaptă, constă în faptul că, este înlocuită cuplă de translație dintre *Tachet* și *Piesa* (profil), cu una de rotație în jurul unei axe ce trece prin centrul arcului reprezentând profilul. Celelalte elemente rămân neschimbate.

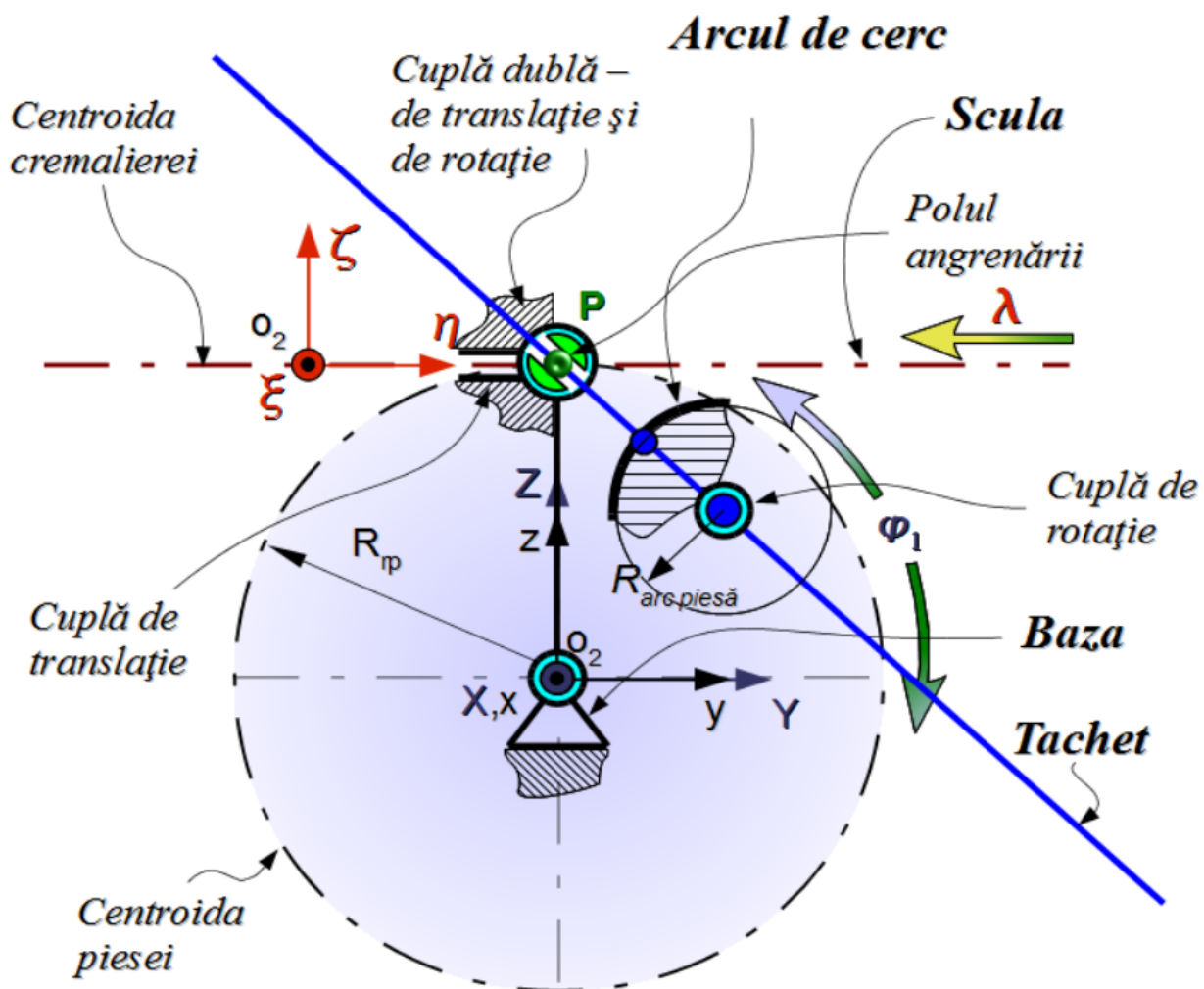


Fig. 3. M.G.M.C. pentru un arc de cerc

c) M.G.M.C. pentru curbe Spline

Pentru profiluri curbe de tip Spline, M.G.M.C. se consideră cel din figura 4.

În acest caz, cupla dintre Tachet și Piesa este de alunecare, între o tangentă la profilul reprezentat de o curbă Spline și însăși curba Spline.

Pentru toate exemplele de mecanisme discutate, elementul conducător este comanda de parcurgere a întregului profil de către punctul de contact dintre Tachet și Piesa. Această comandă este de tip punct pe curbă.

Rezolvarea propusă se bazează pe facilitățile mediului Part (Part Environment), în care se sintetizează elementele unui mecanism capabil a simula condiția de înfășurare, în acest caz, condiția normalelor.

Aceste elemente, create în mediul Part, sunt introduse într-un fișier al mediului Assembly, asigurându-se poziționarea elementelor mecanismului în poziția de start, urmând ca, în mediul DMU Kinematics (Digital Mock Up), să se introducă și cuplele cinematice predefinite.

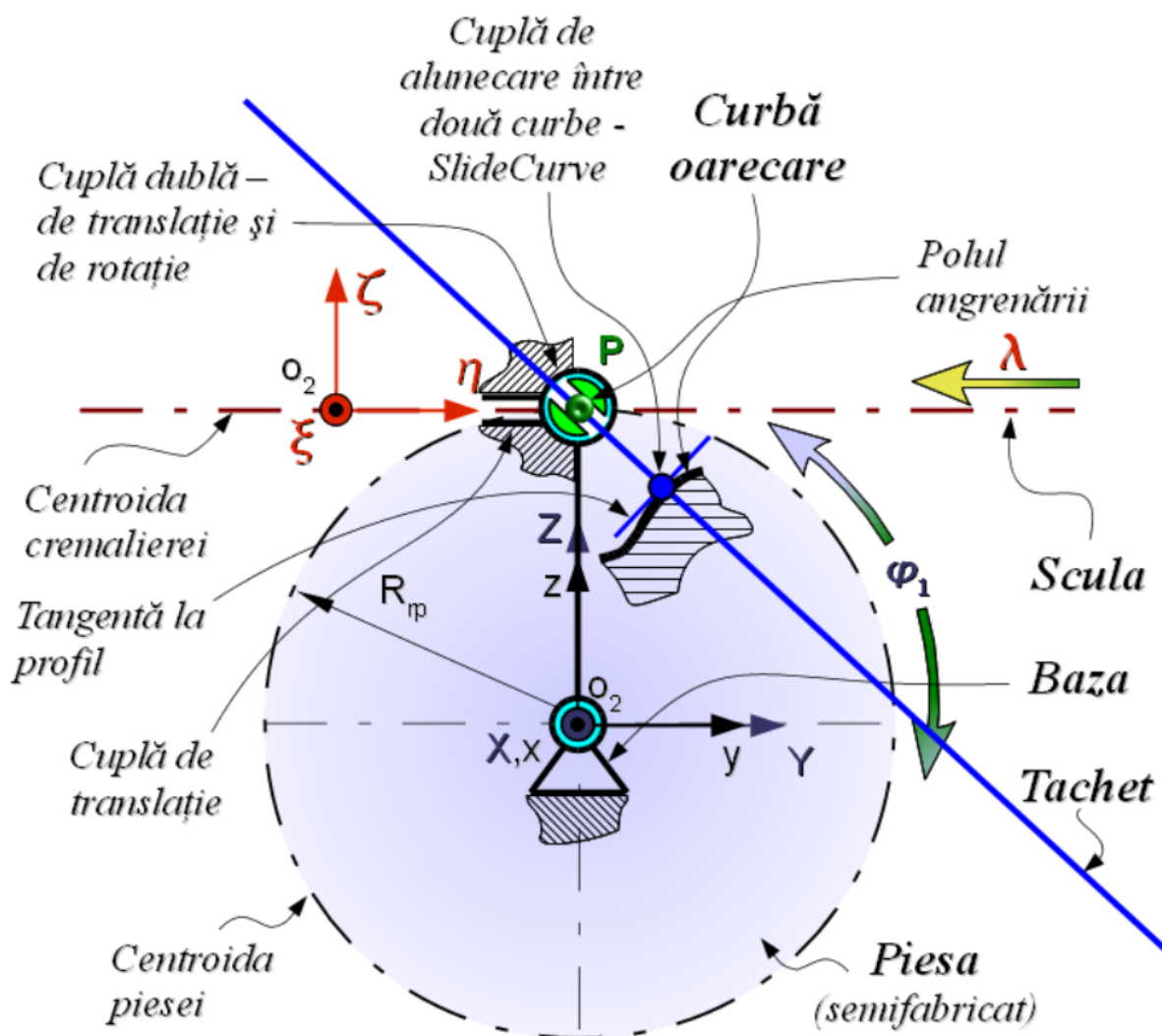


Fig. 4. M.G.M.C. pentru o curbă Spline

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.

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

Aceste traiectorii reprezintă curbe de tip *Spline*, construite prin punctele succesive obținute din rularea mecanismului. Coordonatele acestor puncte se pot extrage sub forma unui fișier text sau orice program de prelucrat foi de calcul, precum *LibreOffice*, figura 5.

2.1.2. Aplicații pentru metoda cinematică în mediul de proiectare CATIA

2.1.2.1. Arbore poligonal

➤ Generarea profilului sculei

Algoritmul constă în parcurgerea mai multor pași. Un prim pas este alegerea lungimii laturii și a diametrului cercului de rulare, ca date de intrare. Acest lucru se poate face introducând într-un fișier text sau Excel valorile, urmând ca, în soft-ul CATIA, să se modifice automat întregul mecanism, după noile valori introduse. Apoi se creează mecanismul, rularea acestuia și obținerea profilului sculei. Exportul coordonatelor punctelor de pe profil se face fie în format .txt fie în format .xls.

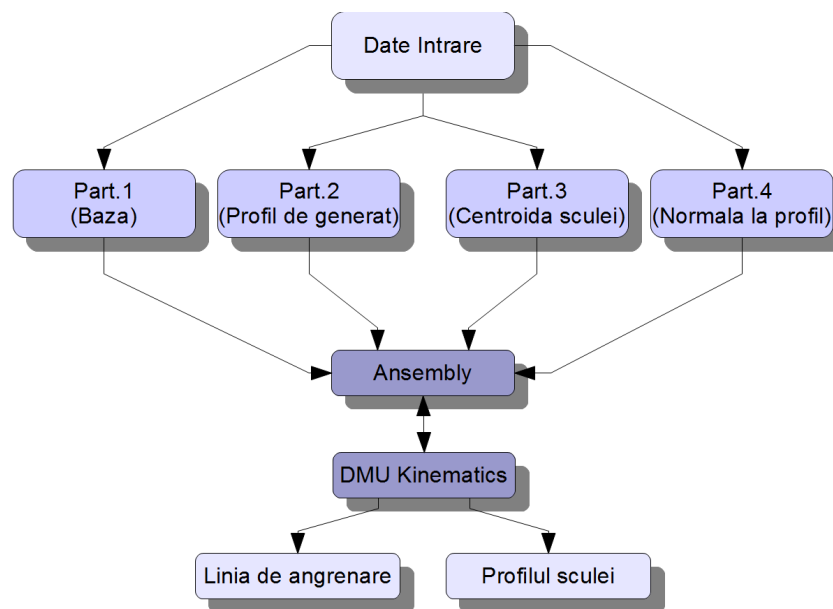


Fig. 5. Algoritm de generare în mediul grafic de proiectare CATIA

Un alt pas constă în refacerea parțială a cuplelor mecanismului, rularea acestuia pentru a obține noul profil al sculei, pentru valorile modificate anterior, și exportul într-un nou fișier a punctelor de pe profil.

Se creează un folder cu toate fișierele necesare mecanismului. Inițial, pentru a introduce datele de intrare, se va crea un fișier de tip *Text* sau *Excel*, cu denumirile și valorile parametrilor de intrare: raza arborelui piesei, R_a ; lungimea laturii poligonului, L ; raza cercului de rulare a semifabricatului, R_r .

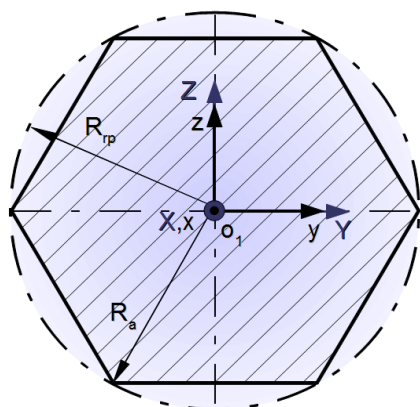


Fig. 6. Secțiunea transversală a arborelui hexagonal

Aceștia sunt parametrii ce pot fi modificați de către utilizator. Acest fișier urmează să fie legat de parametrii din fișierele CATIA, figura 7. În exemplul următor, s-a considerat un arbore hexagonal cu latura L de 50 mm și cu raza arborelui R_a de 50 mm. Pentru ușurința reprezentării, s-a considerat raza de rulare $R_r = 50$ mm. Schița arborelui împreună cu centroida asociată sunt reprezentate în figura 6.

Elementele mecanismului sunt create, pe rând, în mediul *Part*, denumite sugestiv, apoi sunt introduse într-un fișier de ansamblu, creat în mediul *Anseembly* și denumit *GenCremaliera*, figura 7.

- Fișierele de tip *Part* sunt:
- ◆ *Baza*;
 - ◆ *Piesa*;
 - ◆ *Cremaliera*;
 - ◆ *Tachet*.
- Fișierul de tip *Assembly*:
- ◆ *GenCremaliera*



Fig. 7. Arborele din CATIA reprezentând fișierul de tip *Assembly*, cu toate fișierele de tip *Part*

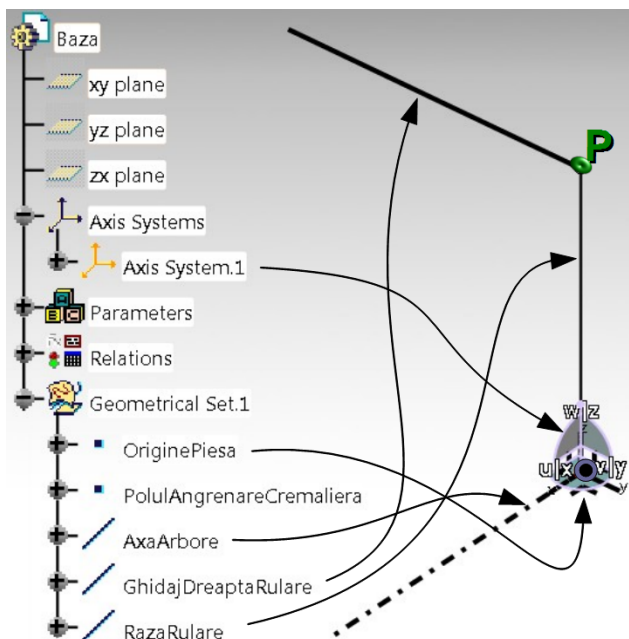


Fig. 8. Fișierul de tip *Part* – *Baza*

◆ Fișierul *Baza* conține partea fixă a mecanismului și reprezintă mai multe linii cu ajutorul cărora se pot fixa celelalte elemente, vezi figura 8.

Dintr-un punct denumit *OriginePiesa* se construiește o linie denumită *AxaArbore*, reprezentând axa piesei, apoi o alta ce va servi ca ghidaj pentru dreapta de rulare denumită *GhidajDreaptaRulare*.

Linia *RazaRulare*, ce reprezintă poziția razei de rulare trecând prin polul angrenării, se creează pentru a ajuta la asamblarea mai ușoară a mecanismului, ajutând la crearea restricțiilor și a cuplurilor cinematice. Punctul *Polul*

Angrenare Cremaliera este situat pe cercul cu raza de rulare R_{rp} .

Acest fișier mai conține un tabel de parametri (*Design Table*), denumit *DateIntrare*, ce face legătura dintre parametrii punctelor și liniilor din fișierul *Part*, din CATIA, cu datele de intrare din fișierul *DateIntrare.txt*, descris mai sus.

◆ Fișierul *Piesa* conține, în primul rând, elementele geometrice ale profilului a cărui sculă se dorește a se afla, prin rularea acestui mecanism, figura 9.

Pentru cazul dezbătut, schița *ProfilPiesa*, construită în mediul

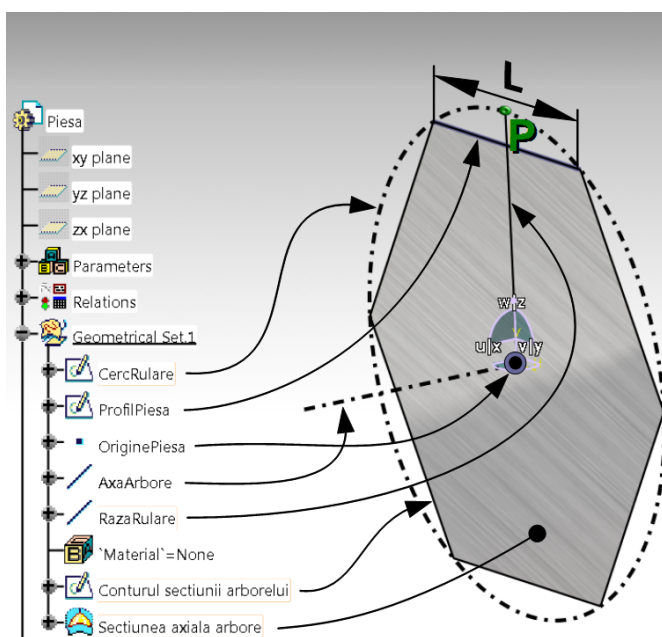


Fig. 9. Fișierul de tip *Part* – *Piesa*

Sketch, conține un segment de dreaptă reprezentând o latură L a unui poligon regulat (secțiunea transversală a arborelui), înscris într-un cerc al cărei rază este raza arborelui, R_a .

O altă schiță din acest fișier este *CercRulare*, ce conține un cerc de raza R_{rp} . Aceste două mărimi, R_a și R_{rp} , sunt legate de fișierul text *DateIntrare.txt*. Alte elemente ale fișierului *Piesa* sunt: punctul *OriginePiesa* și o linie numită *AxaPiesa*.

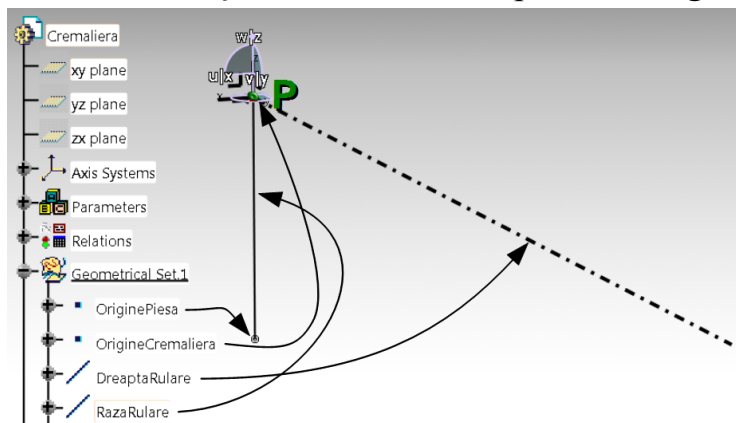


Fig. 10. Fișierul de tip Part – Cremaliera

◆ *Cremaliera* este fișierul de tip *Part*, care conține linia ce reprezintă dreapta de rulare (*DreaptaRulare*), reprezentând un pas circular al vârtejului de generat și are o lungime în funcție de mărimea razei de rulare, R_{rp} , controlată prin fișierul *DateIntrare.txt*, figura 10.

◆ Fișierul *Tachet* este alcătuit din două linii: *Tangenta*, ce reprezintă tangenta la profilul piesei dusă în punctul de contact – *PunctContact* – dintre piesă și sculă; *Normala*, care reprezintă normala dusă din acest punct de contact prin polul angrenării, figura 11, la flancul arborelui poligonal (*Tangenta*).

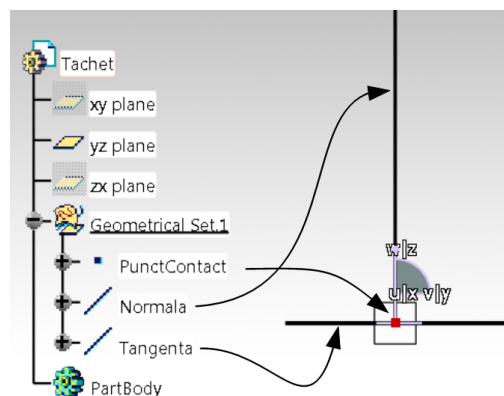


Fig. 11. Fișierul de tip Part – Tachet

➤ **Asamblarea mecanismului și crearea cuplelor cinematice**

În fișierul de ansamblu *GenCremaliera*, se introduc toate elementele descrise mai sus cu comanda *Insert Existing Component*. Acestora li se aplică restricții geometrice și dimensionale de poziție, cu ajutorul comenzilor din bara de instrumente, pentru a putea fi poziționate corespunzător modului de funcționare a mecanismului.

Se fixează *Baza*, cu ajutorul comenzii *Fix*. Apoi, se aduc toate celelalte elemente în același plan, *YZ*, cu restricția *Coincidence*.

După crearea tuturor restricțiilor, fișierul *GenCremaliera* conține întregul mecanism aflat în poziția de start, într-un moment de extrem al rulării. În acest mediu de lucru – *Ansembly*, elementele mecanismului au fost doar poziționate, fără a exista încă mecanismul și nici o cuplă între ele.

Crearea mecanismului și a cuplelor cinematice sunt posibile într-un alt mediu de lucru, și anume, în mediul *DMU Kinematics (Digital Mock Up)*. În mediul de lucru *DMU Kinematics*, CATIA oferă posibilitatea creării unuia sau chiar a mai

multor mecanisme, cu aceleași elemente ansamblate, în mediul de lucru *Ansembly*.

Acest lucru este posibil cu ajutorul cuplelor care se găsesc în bara derulantă *Joints*, apelabilă din mediul de lucru *DMU Kinematics*. În mod asemănător, se procedează și în cazul creării cuplelor cinematice.

Se creează mecanismul denumit *Generare.Scula.Cremaliera* și se stabilește elementul fix, *Baza*. Apoi, se creează cuplele cinematice aferente elementelor mecanismului, enumerate în tabelul 1.

Tabel 1. Cuplele folosite în mediul *DMU Kinematics*

Nr. Crt.	Tip cuplă (Joint)	Elementele mecanismului	
1	Fixă (Fix)	Baza	–
2	De rotație (Revolute)	Axa (Baza)	Axa (Piesa)
3	De Translație (Prismatic)	Ghidaj Cremaliera (Baza)	Dreapta de rulare (Cremaliera)
4	Cremaliera (Rack = Prismatic + Revolute)	GhidajDreaptaRulare, AxăArbore și Plan YZ (Baza)	DreaptaRulare, AxăArbore și Plan YZ (Cremaliera)
5	De Translație (Prismatic)	Tangentă (Tachet)	Latura profilului L (Piesa)
6	Punct pe curba (PointCurve)	PolulAngrenării (Baza)	Normala (Tachet)
7	Punct pe curba (PointCurve)	PunctContact (Tachet)	Latura profilului L (Piesa)

Ultima cuplă, punct pe curba (*PointCurve*), dintre *PunctContact (Tachet)* și latura profilului *L (Piesa)*, va fi cupla conducătoare (*Length Driven*), care pune mecanismul în mișcare, rulând pe întreaga lungime *L* a profilului piesei. În urma realizării cuplelor cinematice, mecanismul poate fi simulat și arată ca în figura 12.

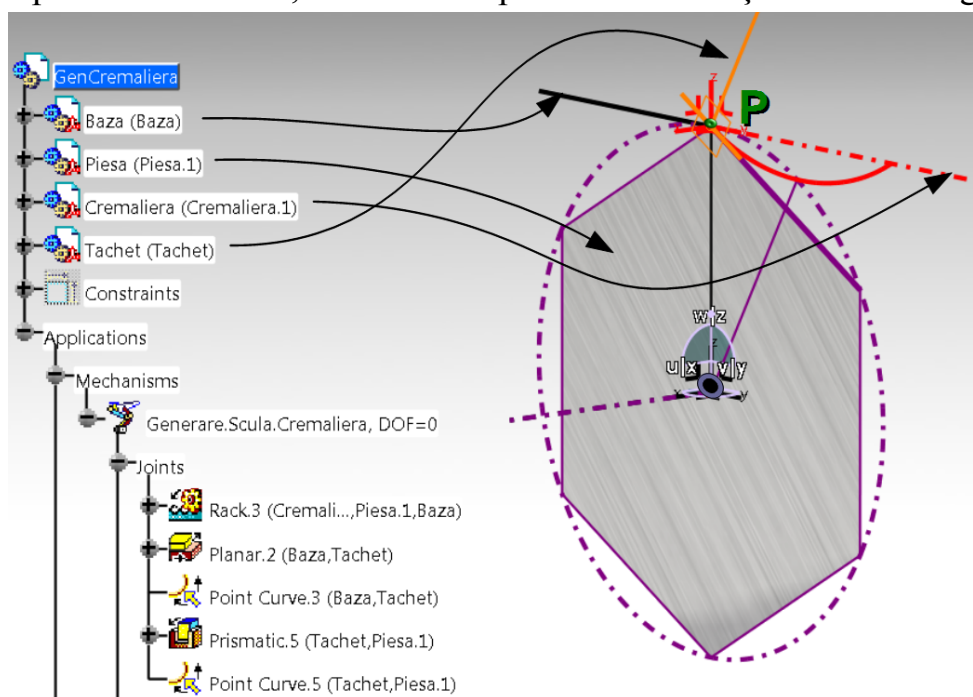


Fig. 12. Fișierul de tip *Ansembly* cu cuplele cinematice și profilul sculei

➤ **Rularea mecanismului – aflarea profilului sculei**

Pentru a rula acest mecanism, se creează o simulare cu comanda *Simulation*, în care se stabilesc numărul de poziții intermediare, *Shot*, număr ce va influența acuratețea de determinare a profilului sculei. Pentru exemplul dat, s-au luat 500 de pași, deci, vor rezulta 501 puncte. Pot exista mai multe simulări ale aceluiași mecanism, pentru alte date de intrare. Cu ajutorul acestei simulări, se creează un film (*Replay*) cu care, apoi, se trasează profilul sculei, figura 13.

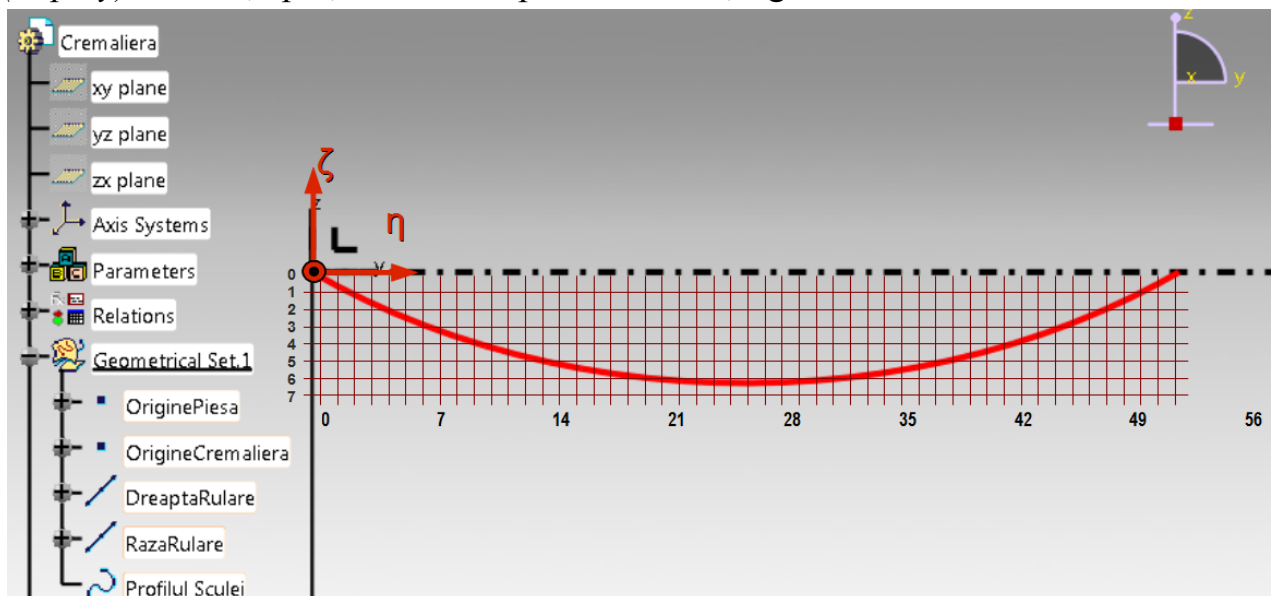


Fig. 13. Profilul Sculei în sistemul de axe al cremalierii $\xi\eta\zeta$

Profilul sculei este obținut prin lansarea comenzii *Trace*. Alegerea ca element de trasare a profilului punctul *PunctContact*, de pe *Tachet*, se va trasa, în sistemul de referință al cremalierii, profilul sculei, care este salvat automat într-un alt fișier denumit *Scula.part* și introdus, apoi, în fișierul ansamblu. Acest profil este o curbă de tip *Spline*, ce trece prin 501 puncte, și va face parte din fișierul *Cremliera* sau va fi rigidizată de acesta cu ajutorul cuplei *Rigid*.

În figura de mai jos, sunt arătate câteva dintre pozițiile instantanee ale rulării mecanismului, figura 14.

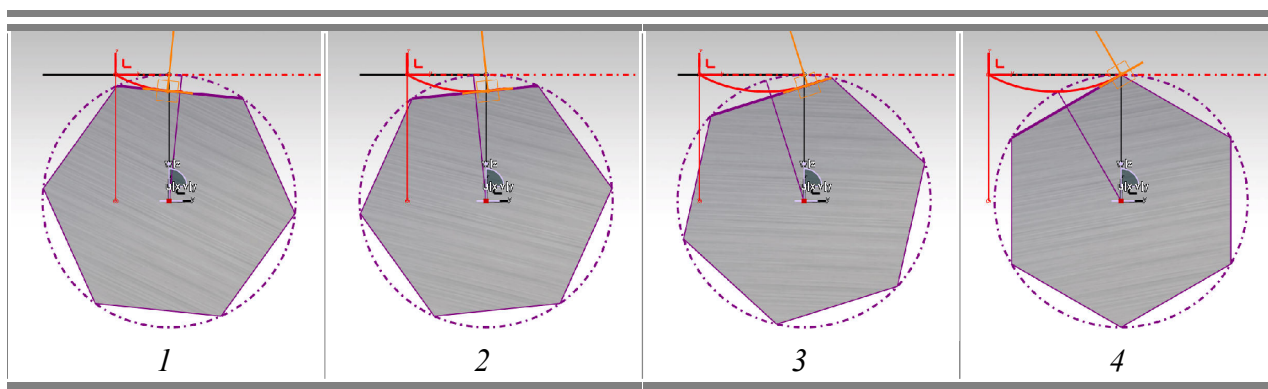


Fig. 14. Poziții succesive ale mecanismului aflat în procesul de generare a profilului sculei

➤ **Extragerea coordonatelor punctelor de pe profilul sculei**

După aflarea profilului sculei, se pot exporta într-un fișier text, coordonatele punctelor de pe profil, apelând comanda *Design Table*, din mediul *Part* al fișierului *Scula.part*, generat mai sus. Acest fișier text va conține coordonatele celor 501 de puncte generate la rularea mecanismului, puncte de control ale curbei *Spline*, care constituie profilul sculei. Aceste puncte se pot edita cu un program de tipul, *LibreOffice*, [75], *Excel*, etc., pentru o comunicare facilă cu alte softuri sau mașini – unelte CNC, care vor prelucra profilul sculei cremalieră.

➤ **Linia de angrenare**

În mediul grafic de proiectare CATIA, linia de angrenare se obține într-un mod asemănător ca și profilul sculei. Astfel, pentru a găsi locul geometric al punctului de contact dintre profilul sculei și semifabricat, în sistemul de axe fix, se rulează mecanismul în același mod ca și la generarea profilului sculei, cu deosebirea că punctul de contact va trasa în timpul rulării, cu aceeași comandă *Trace*, o curbă spline, în sistemul de referință al elementului *Baza*.

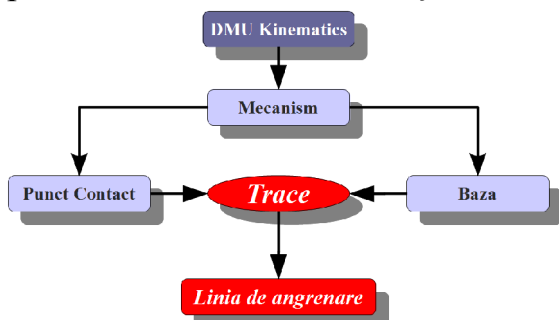


Fig. 15. Algoritm de generare al liniei de angrenare

Acest element al mecanismului rămâne fix în timpul rulării datorită restricției *Fix*, stabilită la crearea ansamblului și, apoi, a mecanismului. Algoritmul pentru obținerea liniei de angrenare este prezentat în figura 15.

Se apelează comanda *Trace*, se alege ca element de trasare *PunctContact*, ce aparține elementului *Tachet*, apoi se alege și elementul față de care se dorește trasarea acelui punct, *Baza*, adică în ce sistem de

referință va rezulta traiectoria elementului *PunctContact*. În final, se mai poate opta pentru crearea unui fișier CATIA nou sau trasarea curbei în același fișier al elementului de referință, fișierul *Baza*. În figura 16, sunt prezentate câteva din pozițiile mecanismului aflat în timpul rulării.

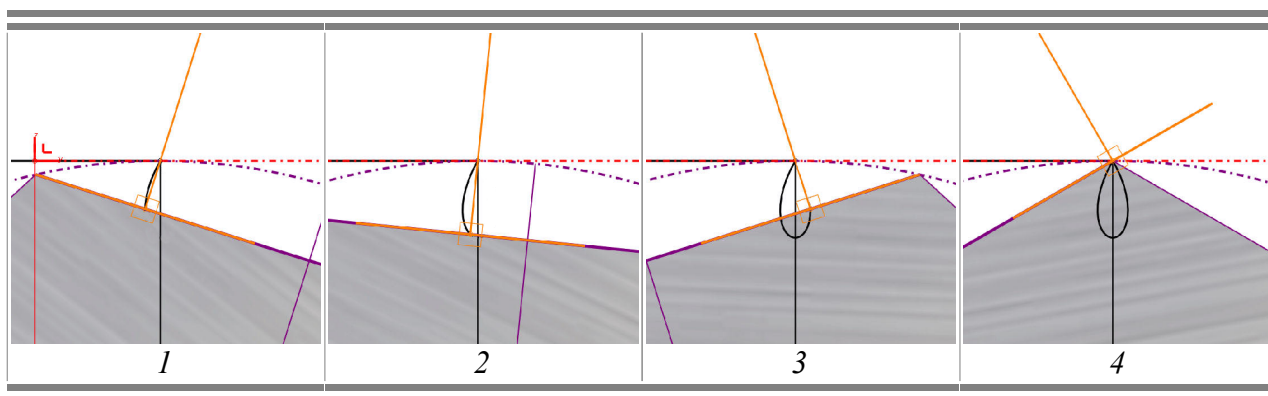


Fig. 16. Poziții succesive ale mecanismului aflat în procesul de trasare al liniei de angrenare

După aflarea liniei de angrenare, se exportă, într-un fișier de tip text sau *Excel*, coordonatele punctelor, apelând comanda *Design Table*, din mediul *Part* al

fișierului *Baza.part*. Aceasta comandă va crea un fișier referință cu coordonatele punctelor curbei spline ce reprezintă linia de angrenare, fișier denumit, spre exemplu, *Puncte linie de angrenare.txt*. Acest fișier text va conține coordonatele celor 501 de puncte generate la rularea mecanismului, puncte de control ale curbei *Spline*, care constituie profilul liniei de angrenare.

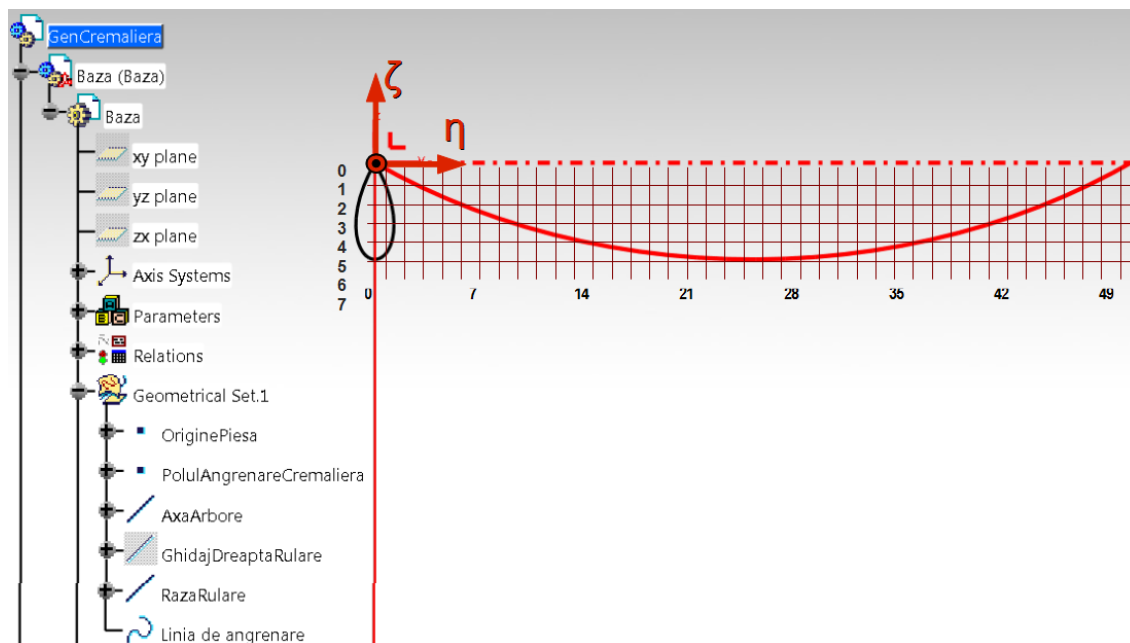


Fig. 17. Profilul sculei și cel al liniei de angrenare în sistemul de axe al cremalierii $\xi\eta\zeta$ și respectiv al bazei xyz (fix)

2.1.3. Elaborarea unui soft integrat în mediul de proiectare CATIA

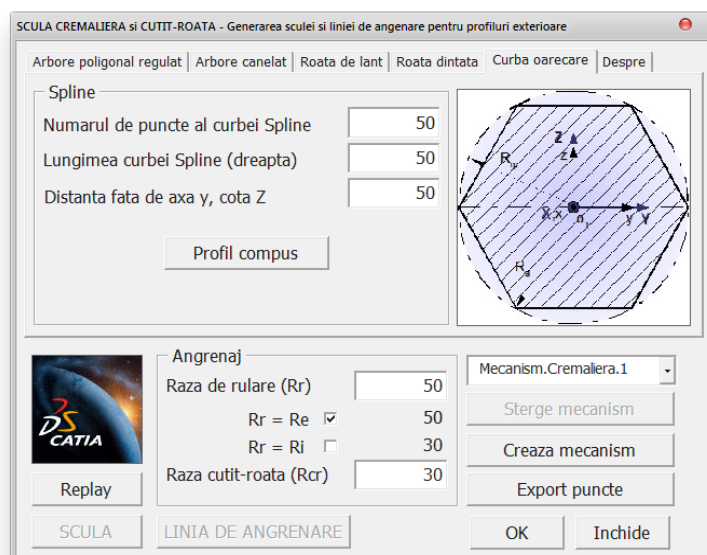


Fig. 18. Interfața aplicației VBA pentru arbore poligonal

Pentru a ușura mult procesul de generare a profilurilor piesei, al mecanismelor, a cuplelor elementelor specifice fiecărui caz în parte, a profilurilor sculelor și liniilor de angrenare, s-a elaborat un soft specializat în mediul de programare *Visual Basic for Applications*, integrat în CATIA, prin care, cu ajutorul unei interfețe grafice, se pot configura în mod automat aceste particularități, prin introducerea datelor de intrare, și, în final, extragerea în fișiere de tip text a

punctelor de pe aceste profiluri. În figura 18, este prezentată interfața programului pentru cazul arborelui poligonal. Datele de intrare, în acest caz, sunt: numărul de laturi, NrL ; raza cercului circumscris, Re ; raza cercului înscris, Ri ; lungimea laturii L .

Raza de rulare a semifabricatului poate varia ca mărime între raza cercului circumscris hexagonului și raza cercului înscris în hexagon. Programul permite alegerea oricăreia dintre aceste valori.

În cazul profilului compus din pagina aferentă aplicației, vezi figura 19 , sunt introduse aceste profiluri cu ajutorul comenzii *Adaugă profil*, oricâte ca număr, prin introducerea inițială a punctului de început, apoi, succesiv, a următoarelor puncte și a tipului de profil dorit.

Pentru editarea acestor profiluri, se apelează comanda *Editare profil*, ceea ce înseamnă că acestea pot fi modificate ușor sau chiar șterse prin apelarea comenzii *Sterge profil*.

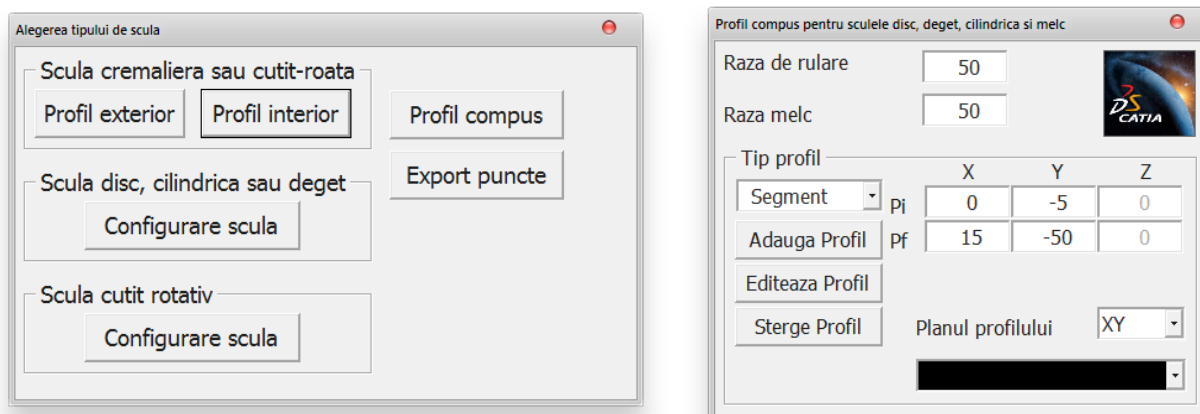


Fig. 19. Interfața aplicației VBA pentru profil compus

Raza de rulare poate fi aleasă asigurându-se respectarea teoremei fundamentale a angrenării, teorema Willis.

2.2. Metoda cinematică pentru profilarea sculei de tip cuțit-roată în mediul de proiectare CATIA

În capitolul 2.1, a fost prezentată metoda cinematică pentru profilarea sculei-cremalieră, dezvoltată în mediul de proiectare CATIA. În mod similar, poate fi imaginată, utilizând facilitățile softului CATIA, o metodă pentru profilarea sculei de tip roată – cuțitul roată și cuțitul rotativ. Și în acest caz, este evident, va trebui să se asigure cinematica specifică procesului generării și, în același timp, respectarea condiției de rulare între centroidele asociate sculei roată și semifabricatului.

2.2.1. Metoda cinematică de generare în mediul grafic de proiectare CATIA

Soluția cinematică pentru profilarea sculei cuțit-roată în mediul de proiectare grafică CATIA presupune aceiași pași ca și în cazul sculei cremalieră, cu mențiunea că mecanismul de generare în mediul grafic de proiectare CATIA (M.G.M.C.) trebuie completat cu încă un element denumit *Cuțit-Roată*.

Acest element cinematic este creat în mediul *Part* și este alcătuit dintr-un cerc cu raza centroidei de rulare a cuțitului roată, o axă ce trece prin centrul acestei centroide, denumită *AxaCutitRoata*.

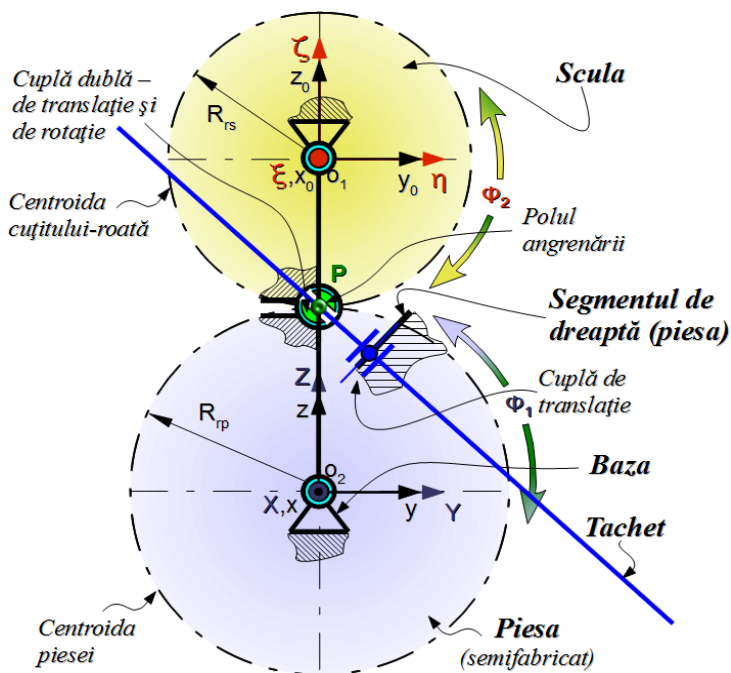


Fig. 20. M.G.M.C. pentru cuțit-roată și segment de dreaptă

În același mod, ca în cazul cremalierii, s-au conceput trei mecanisme pentru tipurile profilurilor piesei: segment de dreaptă, arc de cerc și profiluri date prin curbe *Spline* (evolvente, cicloide etc.). În figura 20, este prezentat M.G.M.C. pentru cuțit-roată și segment de dreaptă. Particularitatea acestui mecanism constă în faptul că, în locul elementului *Cremaliera* a fost introdus un alt element reprezentat de un cerc și axa acestuia, centroida cuțitului – roată. Pentru profilurile reprezentate de arce de cerc, M.G.M.C. este asemănător cu cel pentru cremalieră cu aceiași schimbare între *Cremaliera* și *CutitRoata*, fiind ilustrat în figura 21.

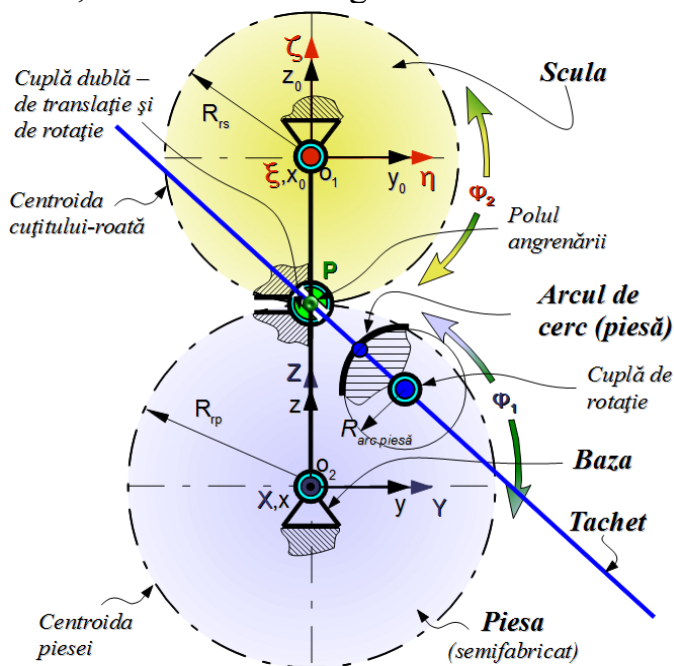


Fig. 21. M.G.M.C. pentru cuțit-roată și arc de cerc

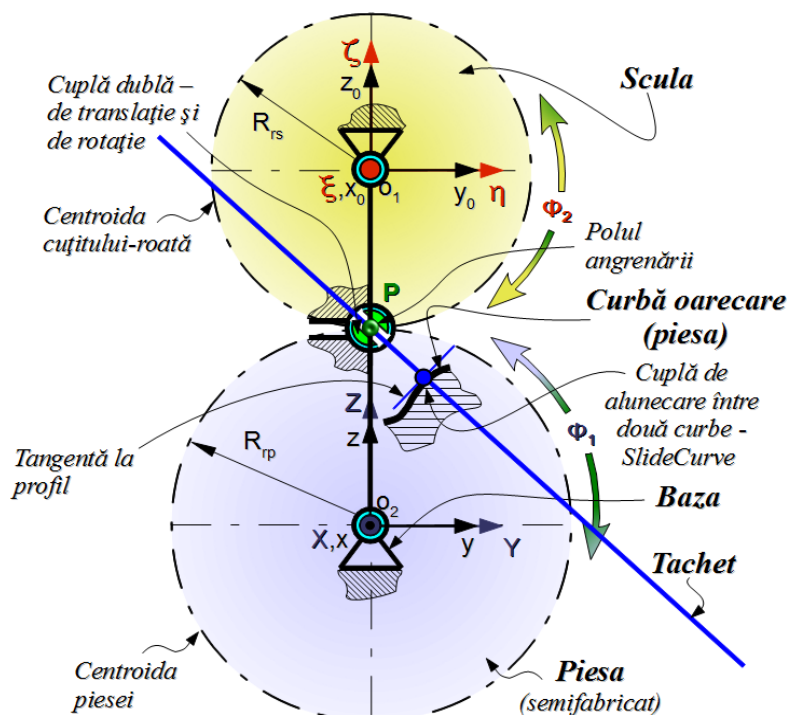


Fig. 22. M.G.M.C. pentru cuțit-roată și profil dat prin curbă Spline

Evident și pentru profilurile oarecare există aceeași diferență, astfel încât elementele ce rulează vor fi cele două centroide, a semifabricatului și a sculei cuțit roată, figura 22.

2.2.2. Aplicații pentru profilarea sculei cuțit-roată

2.2.2.1. Cuțit-roată pentru un alezaj poligonal regulat

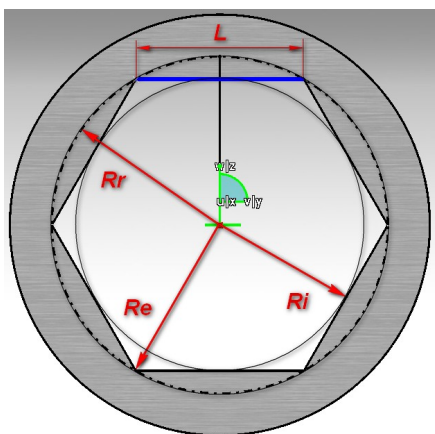


Fig. 23. Alezaj hexagonal regulat

Se realizează un mecanism specific (M.G.M.C.), care va permite, în urma procesului rulării celor două centroide definite, obținerea în formă grafică și numerică a profilului transversal al cuțitului roată și, totodată, a liniei de angrenare.

Mai mult, este posibil studiul formei traiectoriei punctelor singulare, ca bază pentru evaluarea proceselor de interferență.

În figura 23, este prezentat un alezaj poligonal regulat luat ca exemplu în continuare, pentru care se dorește a se afla scula cuțit-roată generatoare.

În figura 24, este prezentat mecanismul de generare (M.G.M.C.), pentru alezajul hexagonal regulat cu toate elementele componente:

- ◆ Baza;
- ◆ Piesa;
- ◆ Cuțit - roata;
- ◆ Tachet.

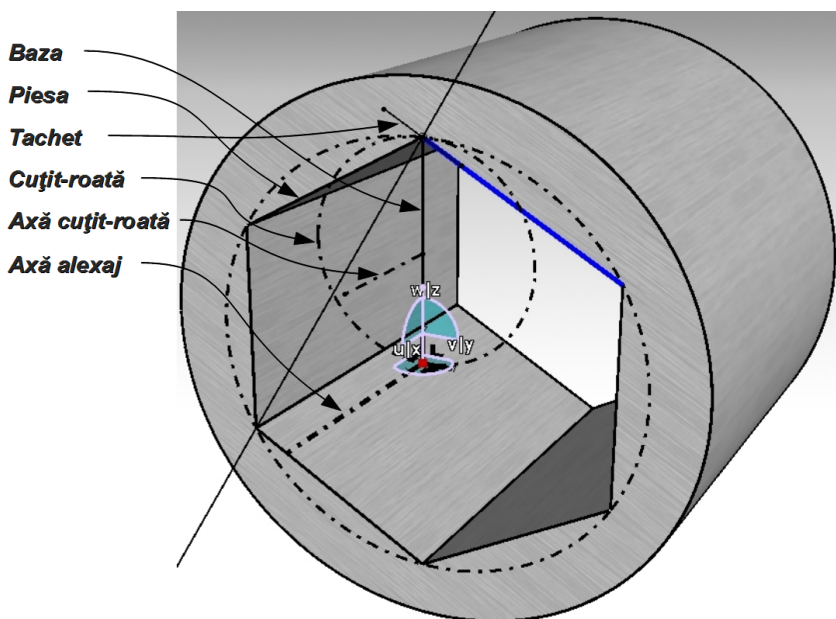


Fig. 24. Alezaj hexagonal regulat

La construcția M.G.M.C., se folosesc cuple ce alcătuiesc un singur mecanism, pentru o singură latură a profilului poligonal regulat.

Pentru obținerea întregului profil al sculei, se multiplică profilul dintelui sculei pentru o latură, în jurul axei cuțitului roată.

Generarea profilului sculei cuțit-roată cu M.G.M.C. presupune, în general, următoarele etape:

- ◆ *Simulation* este rularea simulată a mecanismului;
- ◆ *Replay* – crearea unui „film” cu pozițiile succesive ale mecanismului;
- ◆ *Trace* – trasarea traiectoriilor unor puncte (aflarea profilurilor sculei, liniilor de angrenare sau a curbelor de interferență pentru anumite puncte) etc.;
- ◆ *Export puncte* – exportul punctelor de pe profilurile obținute cu *Trace*, cu ajutorul aplicației VBA.

Pentru cazul curent, rularea M.G.M.C. se face prin crearea unei simulări cu comanda *Simulation* și a unui film cu comanda *Replay*, trecându-se apoi la construcția profilului sculei, prin trasarea traiectoriei punctului *PunctContact* al elementului *Tachet*, în raport cu sistemul de axe al elementului *CuțitRoata*.

Secvențe din această generare sunt ilustrate în figura 25.

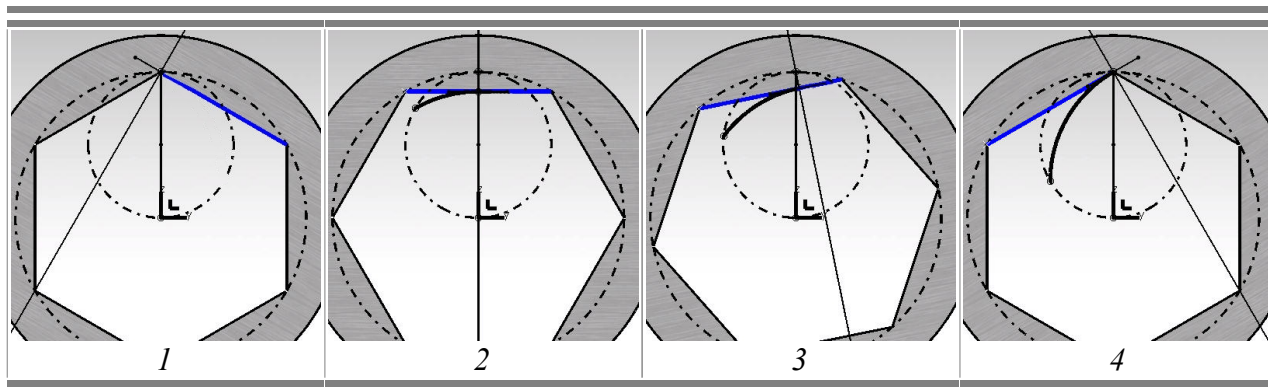


Fig. 25. Poziții succesive ale M.G.M.C. aflat în procesul de trasare al profilului sculei cuțit-roată

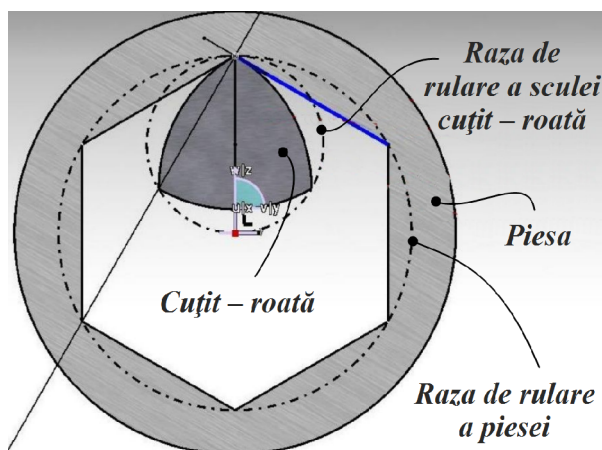


Fig. 26. Scula cuțit-roată pentru alezajul hexagonal exemplificat

Completându-se și cu celelalte două profiluri, asemenea celui găsit, pentru a rezulta forma întreagă a secțiunii transversale a cuțitului-roată, se ajunge la forma secțiunii transversale a sculei, pentru raportul 6/3, ilustrată în figura 26.

În urma aflării profilului, se pot extrage puncte de pe acesta, în format fișier text. În figura 27, sunt reprezentate profilurile transversale ale sculelor cuțitului-roată, pentru diferite mărimi ale rapoartelor de transmitere.

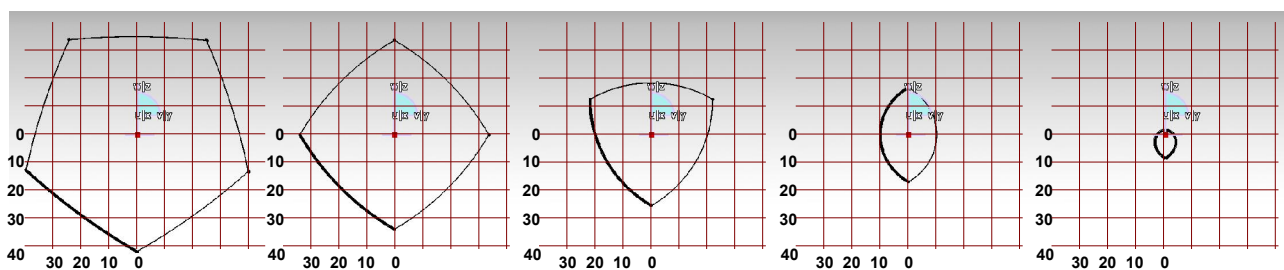


Fig. 27. Profilul sculei cuțitului - roată pentru toate rapoartele: 6/5; 6/4; 6/3; 6/2; 6/1

2.3. Concluzii

Generarea vârtejurilor ordonate de suprafețe, asociate unui cuplu de centroide în rulare, cu scula de tip cremalieră, cuțit-roată și cuțit rotativ, poate fi abordată și printr-o metodă cinematică în mediul de proiectare grafică CATIA.

Au fost imaginate mecanisme virtuale, în mediul de proiectare CATIA, pentru generarea de profiluri simple: segment de dreaptă; arc de cerc; curbe de tip spline și a fost imaginat un algoritm specific, care utilizează facilitățile mediilor *Part*, *Assembly* și *DMU Kinematics* din CATIA.

Mecanismele M.G.M.C. generează traiectoriile unor puncte, în raport cu sistemele de referință ale elementelor componente, reproducând procesul de rulare pentru generarea cu scula cremalieră, cuțitul roată și cuțitul rotativ.

S-au prezentat multiple exemple de aplicare, pentru toate tipurile de scule, care generează prin înfășurare, prin metoda rulării. Se prezintă în formă grafică și numerică profilurile sculelor generatoare.

Metoda permite trasarea liniilor de angrenare pentru toate situațiile de generare analizate. De asemenea, pot fi analizate și problemele datorate existenței unor puncte singulare pe profiluri, care conduc la discontinuități ale profilurilor sculelor conjugate.

S-a elaborat un produs soft, dezvoltat în CATIA Automation – VBA, care permite abordarea unei problematice diverse privind profilarea sculelor de tip cuțit pieptene, cuțit-roată și cuțit rotativ.

Capitolul 3

3. Metoda grafică 3D pentru profilarea sculelor generatoare a suprafețelor elicoidale (*metoda proiecției normale a axei*), [78], [79], [81], [82], [85], [86], [87], [88], [97]

Problema generării suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant, suprafețe constituite ale canalelor elicoidale aparținând suprafețelor active ale organelor de mașini (șuruburi elicoidale, melci, roți dințate cu dinți elicoidali, organe ale pompelor elicoidale) sau ale sculelor (burghie elicoidale, alezoare cu dinți elicoidali, adâncitoare cu dinți elicoidali, dinții frezelor cilindrice cu dinți elicoidali), presupune rezolvarea unei probleme specifice și anume – determinarea condițiilor de contact și a curbei caracteristice specifice, la contactul unei suprafețe elicoidale, cilindrice și de pas constant, cu suprafața periferică primară generată de muchiile așchietoare ale sculei, în mișcarea de așchiere: mișcare de rotație în jurul axei proprii, în cazul sculelor disc, cilindro–frontale sau inelare; mișcarea de translație, pentru cazul sculelor care generează în mișcarea de așchiere o suprafață cilindrică (scula de rabotat). Problematika specifică, comună tuturor acestor moduri de generare ale unei suprafețe elicoidale cilindrice și de pas constant, este de a determina, în baza cinematicii procesului, curba caracteristică – în speță, curba în lungul căreia suprafața elicoidală și suprafața periferică primară a sculei (suprafața de revoluție sau suprafața cilindrică) sunt tangente.

Dezvoltarea mediilor de proiectare grafică au permis elaborarea unor metode și produse soft dedicate pentru soluționarea problematicii generării suprafețelor elicoidale prin modelare grafică *CAD* [2], [3], [4], [76], care permit obținerea unor soluții riguroase și sugestive, pentru proiectant, a problematicii enunțate.

Dezvoltarea mediului de proiectare grafică *CATIA* deschide o nouă cale în abordarea problematicii enunțate, dezvoltată în continuare în prezenta lucrare, calitatea metodei fiind atestată prin compararea rezultatelor vis–a–vis de cele obținute printr–o metodă analitică, în baza unor produse soft dedicate.

3.1. Metoda 3D pentru profilarea sculei disc – SGSE (Scule Generatoare a Suprafețelor Elicoidale)

Se propune o nouă soluție pentru profilarea sculei disc utilizată la generarea suprafețelor elicoidale, făcând apel la facilitățile oferite de mediul grafic de proiectare *CATIA*, prin construcția 3D, în mediul virtual, a suprafeței pentru care se dorește aflarea profilului sculei disc.

Acest lucru se realizează prin crearea unui fișier de tip *Part*, care va conține toate elementele grafice reprezentând datele de intrare și anume: poziția originii și a sistemului de axe al piesei, căreia îi aparține suprafața elicoidală; forma suprafeței elicoidale Σ , dată prin geometria profilului care o generează; parametrii elicei generatoare.

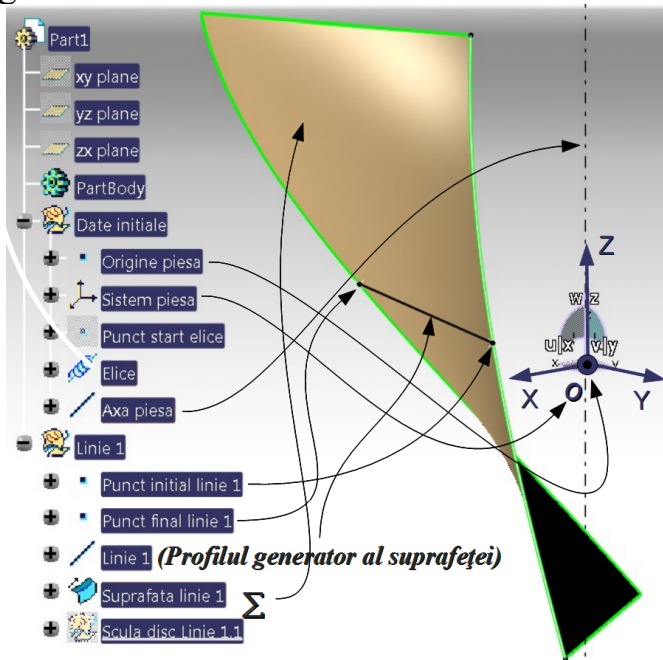


Fig. 28. Construcția suprafeței piesei și a elementelor grafice aferente; profil elementar generator rectiliniu

Rezolvarea propusă se bazează pe facilitățile mediului *Generative Shape Design*, în care se sintetizează toate aceste elemente, cu ajutorul cărora se poate afla geometria sculei disc, prin determinarea curbei caracteristice – curba de tangență dintre suprafața elicoidală și suprafața periferică primară a sculei; obținerea suprafeței de revoluție generată de tășurile sculei în mișcarea de rotație în jurul axei proprii – suprafața S , și, evident, a formei muchiei de așchiere, ca secțiune axială a acestei suprafețe de revoluție, pentru ca, în final, să se poată exporta într-un fișier text sau Excel, coordonatele punctelor de pe secțiunea transversală (axială) S_A , vezi figura 28.

Prin adoptarea geometriei tășului, se poate continua proiectarea 3D a sculei disc cu ajutorul celorlalte medii de proiectare integrate în CATIA, *Part Design* etc. Pentru început, se modelează 3D piesa, prin crearea originii acesteia cu ajutorul comenzii *Point*, indicând coordonatele originii față de sistemul de axe inițial, considerat fix. Cu comanda *Insert Axis System*, se va crea sistemul de axe al piesei, XYZ, care este considerat identic cu cel fix. În acest nou sistem de referință, XYZ, se construiesc punctele caracteristice de pe generatoarea suprafeței elicoidale, profilul generatoarei și modelul 3D al suprafeței elicoidale, utilizând comenzi specifice de tipul: *Point*, *Line*, *Helix* și *Sweep*, figura 28.

Evident, profilul piesei (aparținând suprafeței Σ) poate fi un profil compus. Se va analiza o astfel de problemă, prin crearea aplicației proprii SGSE, sub mediul de programare *Visual Basic for Applications (VBA)* împreună cu *Component Application Architecture (CAA)*.

Cu ajutorul comenzilor *Point* și *Insert Axis System*, se vor crea originea și sistemul de axe al sculei, $X_1Y_1Z_1$, sistem care, spre deosebire de cel al piesei, este un sistem de tip *Euler* (mobil), pentru a facilita rotirea axelor acestuia în raport cu sistemul piesei, vezi și figura 29. În figură, se acceptă ca axă a sculei disc axa Z_1 .

Prin comanda *Projection*, se determină proiecția axei Z_1 (axa sculei disc) pe suprafața Σ , obținându-se, pe aceasta din urmă, modelul curbei caracteristice.

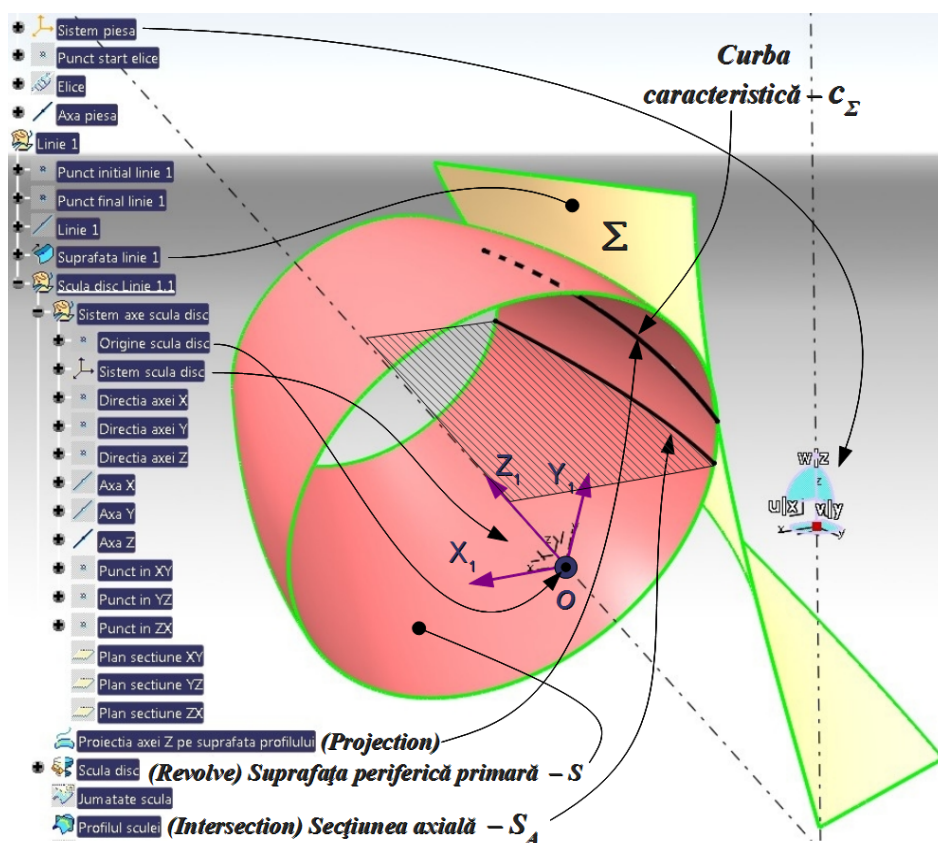


Fig. 29. Construcția suprafeței sculei și a elementelor grafice aferente

Prin comanda *Revolve*, se obține suprafața periferică primară S a sculei disc, *Scula disc*, prin rotirea curbei caracteristice în jurul axei Z_1 , vezi figura 29.

Profilul sculei în secțiune transversală (secțiunea axială S_A) se obține prin intersecția cu planul Z_1X_1 , *Intersection*, vezi figura 29, definindu-se puncte pe aceasta, cu comanda *Point* (opțiunea *PointOnCurve*). Se pot exporta coordonatele acestor puncte, în mod automat, cu ajutorul aplicației realizate în cadrul tezei – SGSE. Secțiunea axială a suprafeței periferice primare a sculei disc reprezintă profilul sculei de ordinul II, profilul cuțitului profilat sau profilul șablonului cu care se strunjește, respectiv, se controlează scula disc.

3.1.1. Aplicații pentru profilarea sculelor disc

Algoritmica prezentată anterior, dezvoltată în mediul de proiectare CATIA, permite abordarea unei multitudini de probleme referitoare la generarea suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant, ce au ca directoare segmente de dreaptă, arce de cerc sau profiluri compozite și, de asemenea, profiluri cunoscute numeric.

Astfel de aplicații sunt specifice pentru proiectarea suprafețelor periferice primare ale sculelor mărginite de suprafețe de revoluție, pentru prelucrarea canalelor elicoidale ale sculelor de tipul: alezoare cu dinți elicoidali, lărgitoare, burghie elicoidale. Aceiași problemă apare și la generarea organelor de mașini de tipul melcilor din componența angrenajelor, a șuruburilor conducătoare ale mașinilor unelte și a organelor active ale pompelor elicoidale cu șuruburi.

3.1.1.1. Profilarea sculei disc pentru prelucrarea unei suprafețe elicoidale compuse (canalul alezorului elicoidal)

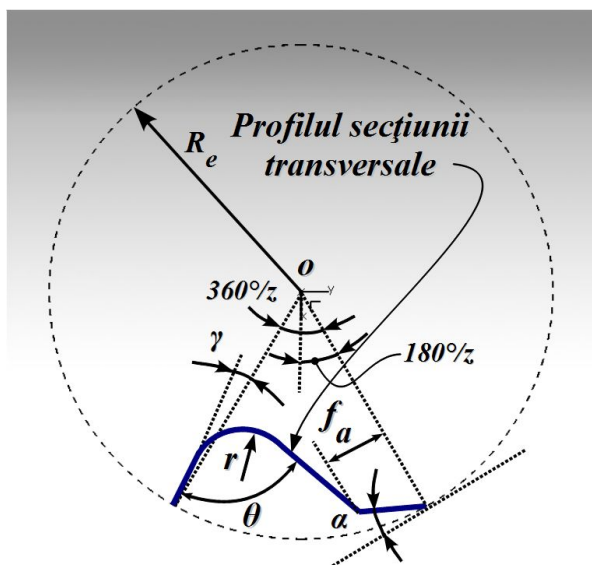


Fig. 30. Profilul secțiunii transversale a dintelui alezorului. (profil compus din arce de cerc și segmente de dreaptă)

suprafața periferică primară a sculei disc și secțiunea axială a acesteia.

În figura 32, se prezintă modelul 3D al alezorului, sistemul de referință în care este definită poziția axei sculei disc. Ca rezultat, se obține forma curbei caracteristice compuse, prin comanda *Projection*, specifică mediului de proiectare CATIA.

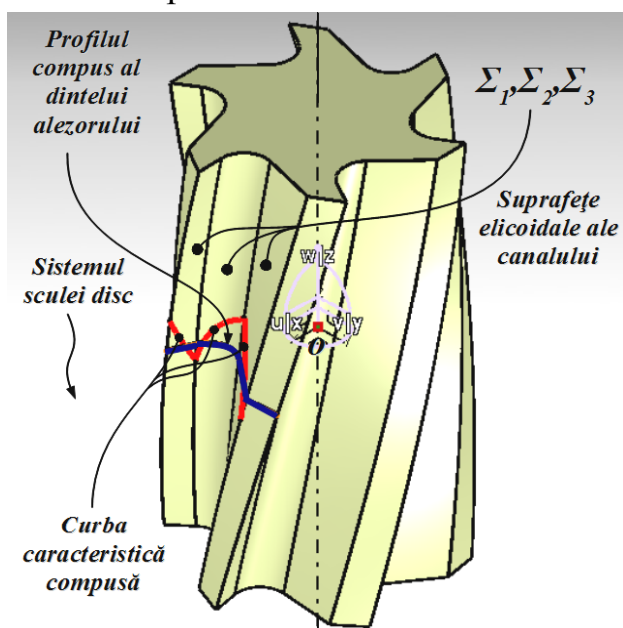


Fig. 32. Suprafața elicoidală compusă a dintelui de generat: curba caracteristică compusă și profilul transversal al suprafeței de generat

Secțiunea transversală a canalului alezorului cu dinți elicoidali este formată dintr-un ansamblu de profiluri simple, arce de cerc și segmente de dreaptă care, în punctele de contact (punctele comune), admit o tangentă unică, vezi figura 30. S-au definit parametri liniari și unghiulari care definesc, efectiv, forma profilului secțiunii transversale a canalului alezorului.

În aplicația SGSE – VBA, figura 31, se vor introduce marimile parametrilor de intrare. La modificarea acestor mărimi (alte tipodimensiuni), aplicația actualizează în mod automat: modelul solid al corpului alezorului și a canalului elicoidal, curba caracteristică la contactul cu scula disc,

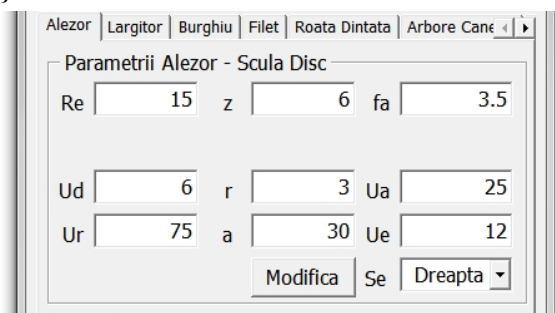


Fig. 31. Aplicația SGSE – VBA; scula disc pentru canalul alezorului

Metodica permite punerea în evidență a modificării formei curbei caracteristice, odată cu modificarea distanței dintre axele sculei și semifabricatului (distanța a), figura 33.

Prin rotirea curbei caracteristice în jurul axei Z_1 , vezi figura 33, cu comanda *Revolve*, se obține modelul 3D al suprafeței periferice primare compuse (suprafețele S_1, S_2, S_3) ale viitoarei scule disc. Acestea sunt tangente suprafețelor elicoidale ale canalului $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$, în lungul curbei caracteristice compuse.

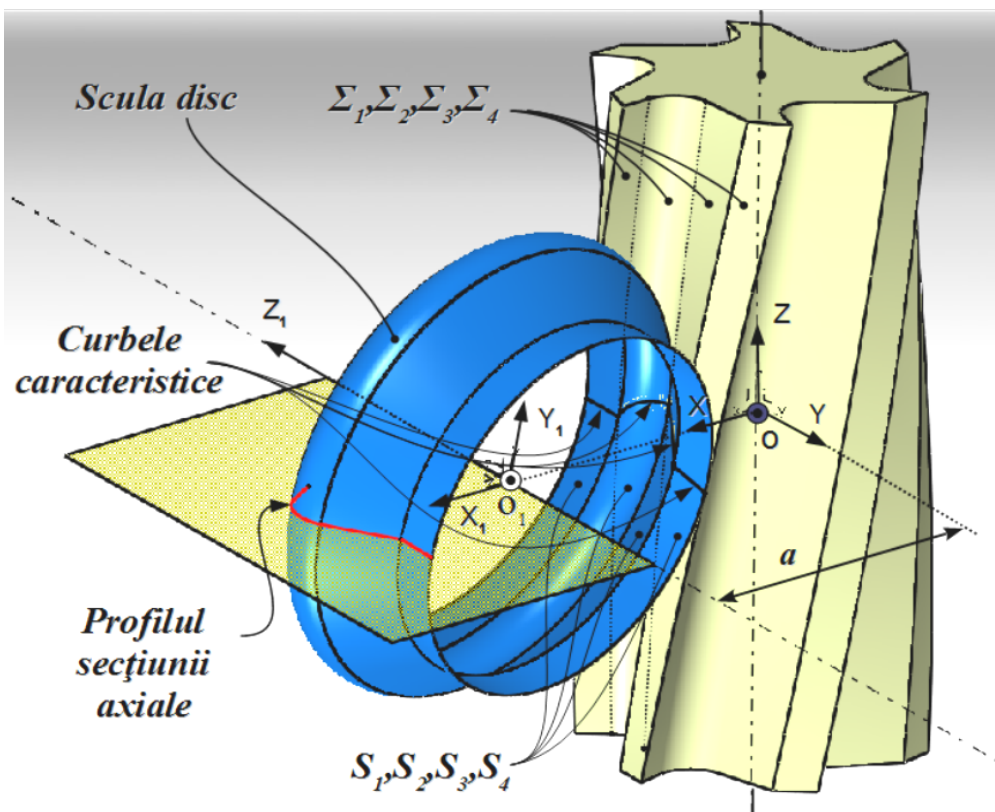


Fig. 33. Suprafața periferică primară a sculei disc – profilul secțiunii axiale

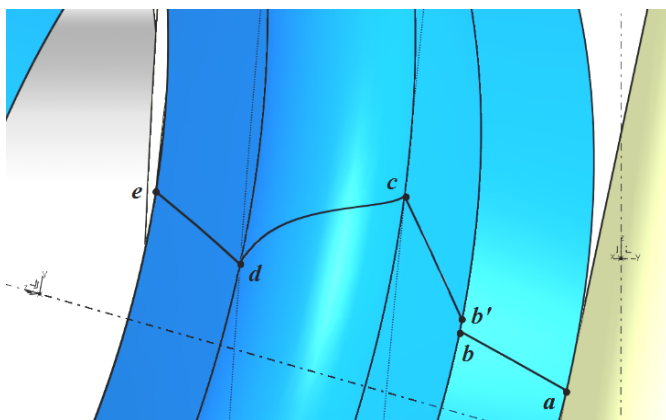


Fig. 34. Curbele caracteristice – discontinuități

Se obține secțiunea axială (intersecția modelului suprafeței periferice primare a sculei disc cu planul Z_1X_1), cu ajutorul comenzii *Intersection*.

În cele mai multe situații, curba reprezentând secțiunea axială este o curbă netedă. Puncte singulare pe profilurile generatoare ale suprafeței elicoidale compuse conduc la discontinuități ale tangentei pe secțiunea axială a sculei disc, figura 35.

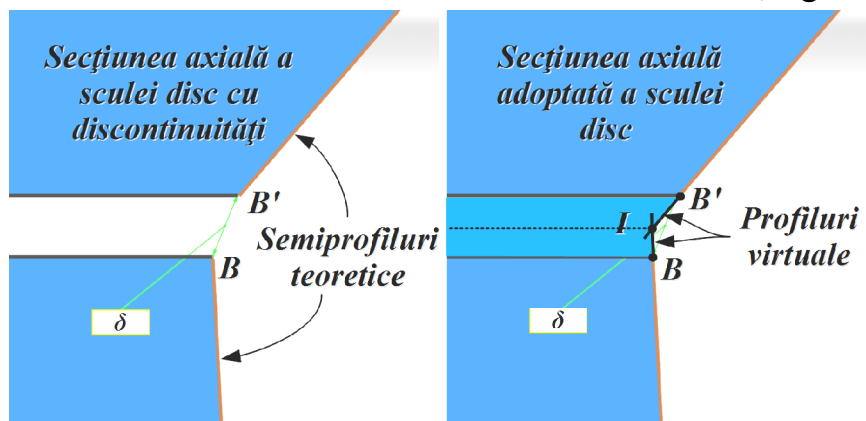


Fig. 35. Curbele caracteristice – discontinuități

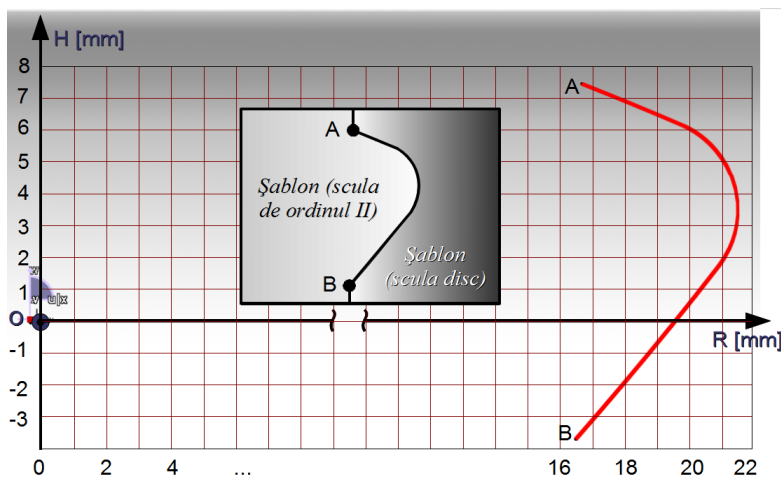


Fig. 36. Secțiunea axială a suprafeței periferice primare a sculei disc

În figura 36, sunt prezentate coordonatele secțiunii axiale a sculei disc (R,H), pentru exemplul prezentat. Forma secțiunii axiale servește pentru profilarea sculei de ordinul doi, care generează suprafața periferică primară a sculei disc. Acest profil reprezintă, totodată, profilul șablonului de control al suprafeței periferice a sculei disc.

În mod obișnuit, se realizează un șablon pentru controlul sculei disc și un contrașablon pentru profilarea sculei de ordinul doi (scula de ordinul doi este, de regulă, un cuțit profilat utilizat pentru detalonarea dinților frezei disc).

3.2. Profilarea sculei cilindro-frontale

Scula cilindro-frontală este o sculă mărginită de o suprafață periferică primară de revoluție, similară sculei disc.

În mod curent, scula cilindro-frontală și, în consecință, suprafața periferică primară generată de aceasta în mișcarea de rotație în jurul axei proprii are axa perpendiculară și incidentă axei suprafeței elicoidale de generat, figura 37. Cinematica procesului de generare cu scula cilindro-frontală cuprinde aceleași mișcări ca în cazul sculei disc

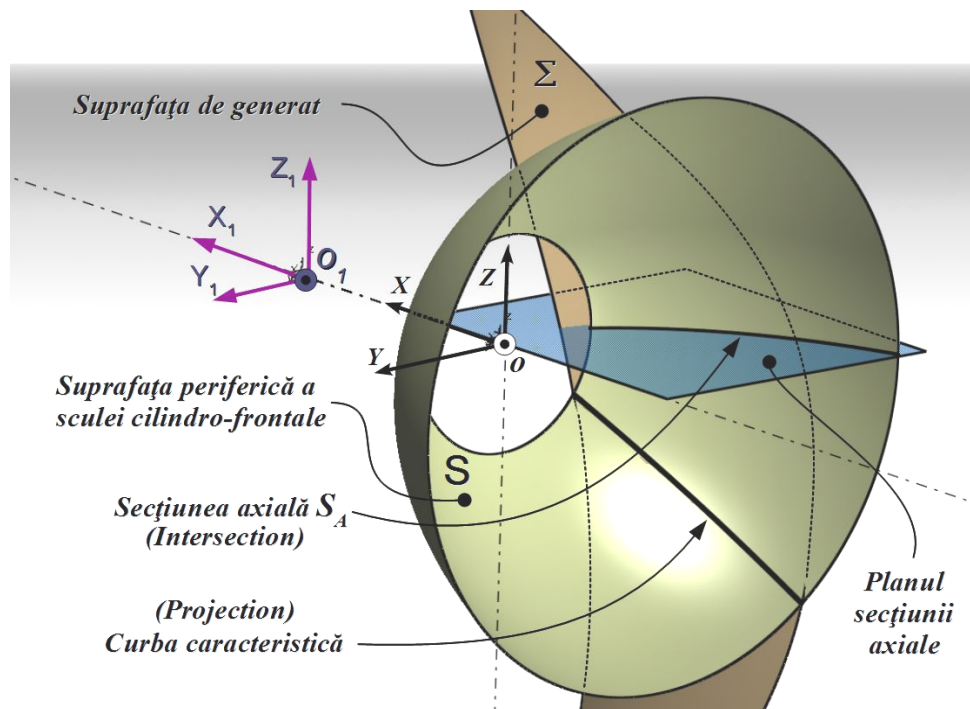


Fig. 37. Construcția suprafeței sculei și a elementelor grafice aferente

Soluția 3D, în mediul grafic de proiectare CATIA, pentru profilarea sculei cilindro-frontale, folosită la generarea suprafețelor elicoidale, se realizează prin crearea, în mediul *Part*, a tuturor elementelor grafice reprezentând datele de intrare: originea și sistemul de axe al piesei; suprafața elicoidală aferentă Σ ; profilul generator al acesteia, vezi figura 37.

În mediul *Generative Shape Design* (mediul de proiectare a suprafețelor), se sintetizează toate aceste elemente și, cu ajutorul comenzii *Project*, se proiectează axa sculei cilindro-frontale, pe suprafața elicoidală Σ , obținându-se curba caracteristică – curbă care reprezintă locul geometric al intersecției normalelor duse din puncte ale axei sculei pe suprafața Σ .

Suprafața de revoluție se generează prin rotirea curbei caracteristice în jurul axei sculei (*Revolve*). Forma muchiei de așchiere, ca secțiune transversală (axială) a acestei suprafețe de revoluție, se obține cu ajutorul comenzii *Intersect*, intersectându-se suprafața S cu un plan axial, iar cu ajutorul aplicației SGSE – VBA, se exportă coordonatele punctelor de pe secțiunea transversală (axială) S_A , vezi figura 37.

3.2.2. Aplicații pentru profilarea sculelor cilindro-frontale

Algoritmica, în mediul de proiectare CATIA, prezentată anterior pentru cazul sculei disc, este similară cu cea dezvoltată în scopul modelării 3D a suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant, ce au ca directoare segmente de dreaptă, arce de cerc și alte curbe determinate analitic sau măsurate (matrice de coordonate).

3.2.2.1. Profilarea sculei cilindro-frontale pentru prelucrarea canelurilor elicoidale

Arborii canelați cu caneluri elicoidale servesc la transmiterea mișcării în cutii de viteză cu roți baladoare. O geometrie similară arborilor canelați, se întâlnește la filetele cu multe începuturi utilizate în construcția preselor cu șuruburi axiale, vezi figurile 39 și 40. Parametrii de intrare sunt introduși în aplicația SGSE – VBA, specifică arborilor canelați elicoidali, vezi figura 38.

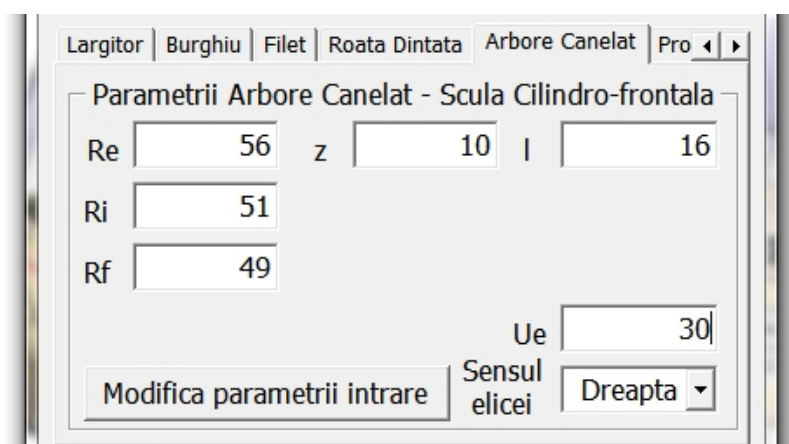


Fig. 38. Aplicația SGSE – VBA – scula cilindro-frontală, arbore canelat elicoidal

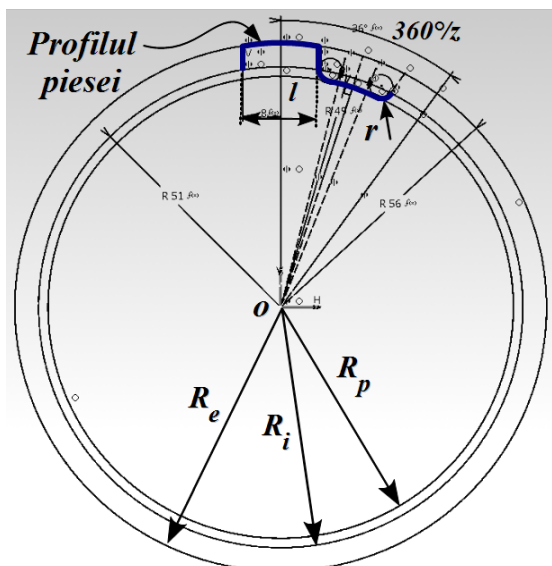


Fig. 39. Profilul secțiunii transversale a arborelui canelat

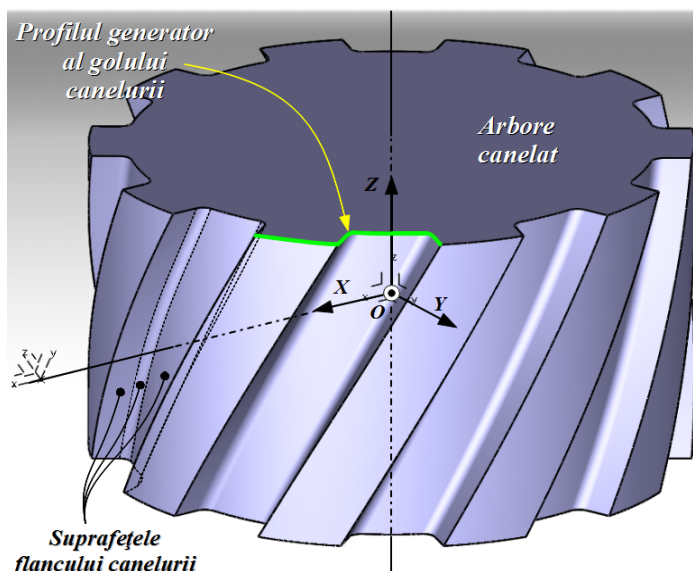


Fig. 40. Modelul 3D al canelurilor elicoidale

În figura 41, este reprezentată curba caracteristică ideală, pentru suprafața elicoidală a canelurii, rezultată în urma proiectării axei X pe această suprafață, (*Projection*), precum și forma 3D a suprafeței periferice primare a sculei cilindro-frontale pentru arborele canelat elicoidal, obținută prin rotirea curbei caracteristice în jurul axei X (comanda *Revolve*).

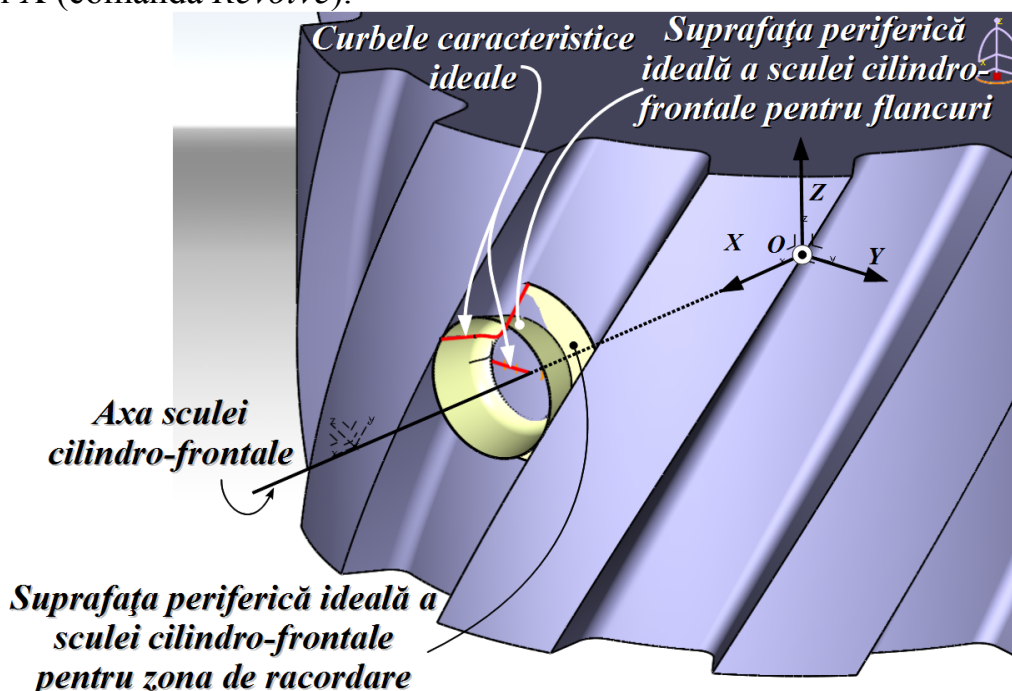


Fig. 41. Suprafața periferică primară a sculei cilindro-frontale – soluția ideală

După cum se observă din figură, această formă a sculei cilindro-frontale nu constituie o soluție tehnologică. Se va adopta o soluție constructivă a formei sculei, modificând suprafețele periferice ale sculei corespunzătoare racordării și a fundului canelurii, întrucât arborele canelat elicoidal prezentat se consideră a fi centrat pe flancuri, calitatea formei flancurilor canelurii fiind, în acest caz, obiectivul principal.

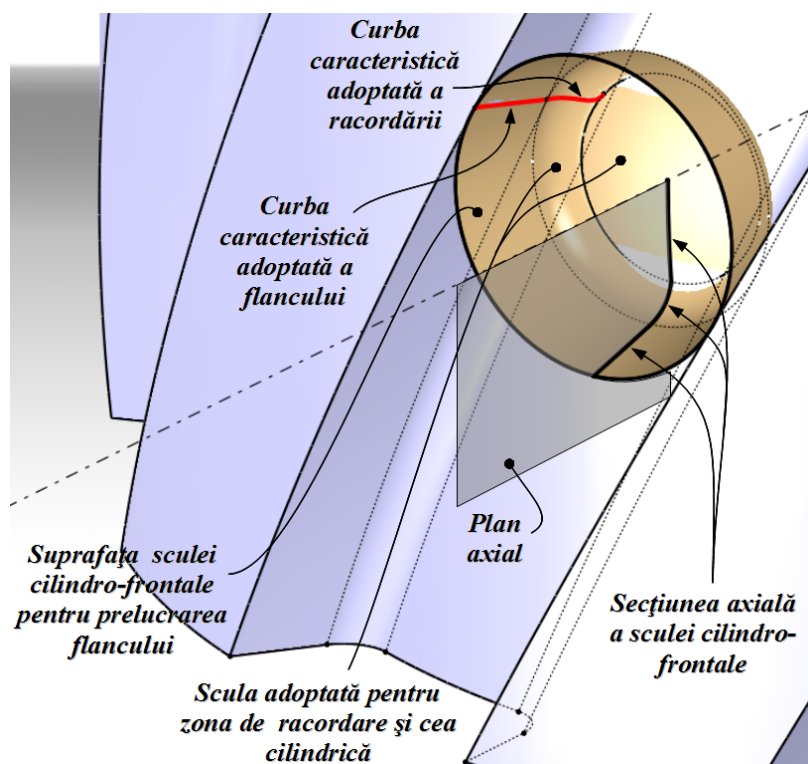


Fig. 42. Suprafața periferică primară a sculei cilindro-frontală – soluția adoptată

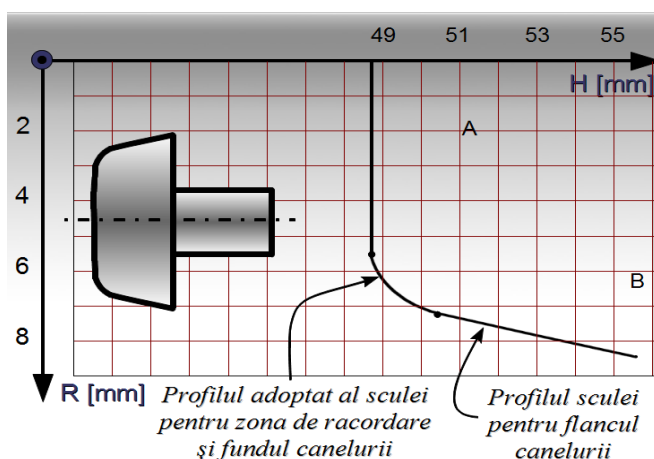


Fig. 43. Secțiunea axială a suprafeței periferice primare a sculei cilindro-frontale

Cu ajutorul aplicației SGSA – VBA sunt exportate coordonatele punctelor de pe curba caracteristică și secțiunea axială a suprafeței periferice primare a sculei cilindro-frontale.

În figura 43, este reprezentată secțiunea axială a sculei pentru prelucrarea canelurilor, forma constructivă adoptată.

3.3. Aplicația SGSE (Scule Generatoare a Suprafețelor Elicoidale –scule cu contact liniar)

În mediul de programare Visual Basic for Applications, sub mediul de proiectare CATIA – CAA, în capitolele precedente, au fost dezvoltate aplicații specifice fiecărui caz în parte.

Pentru a acoperi un caz general, aplicația SGSE – VBA a fost prevăzută cu un algoritm, prin care se pot introduce profiluri formate din: segmente de dreaptă, arce de cerc și curbe spline date prin puncte, legate de fișierul de lucru CATIA printr-un fișier de tip Excel sau text.

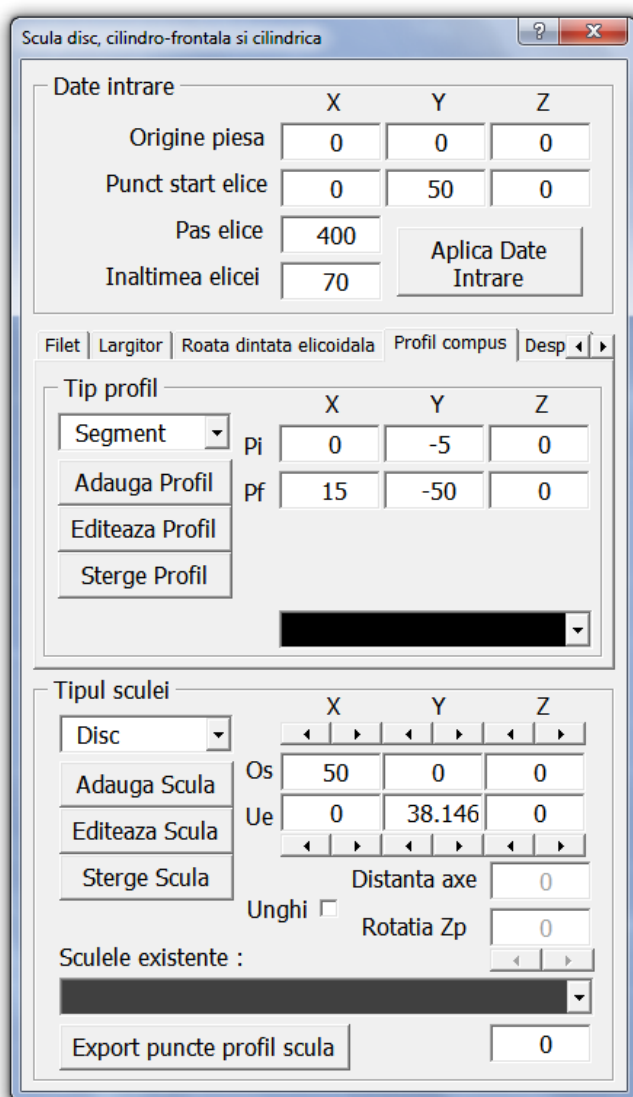


Fig. 44. Aplicația generală pentru un profil compus

Tipurile de scule ce se pot crea cu aplicația SGSE – VBA sunt: disc, cilindro-frontală, cilindrică. Tipul sculei se alege din lista derulantă, apoi se introduc coordonatele originii sculei și unghiurile Euler, pentru rotirea sistemului de axe în poziția dorită. Valorile acestor unghiuri sunt calculate automat, dar pot fi și introduse manual, pentru a putea corija eventualele probleme ce pot apărea la crearea suprafețelor periferice ale sculelor. Sculele create apar în lista derulantă „Sculele existente:” precum și tipul profilului în lista aferentă modulului „Tip profil”. În ambele module, există un buton pentru editarea sau ștergerea profilului și, respectiv, a sculei.

3.4. Concluzii

Metoda grafică 3D, bazată pe facilitățile CATIA, reprezintă o modalitate aparte de soluționare a problemelor legate de determinarea caracteristicii suprafețelor de revoluție (scula disc, cilindro-frontală, inelare) sau cilindrice (scula de rabotat), în care, în baza teoremelor fundamentale, se obțin soluții de reprezentări grafice, rapide și riguroase.

În figura 44, este prezentată aplicația SGSE – VBA, pentru un caz general.

Aceasta cuprinde trei zone distincte, care tratează porțiuni diferite din algoritmul general:

- ◆ *Date intrare* – modul în care se introduc coordonatele sistemului piesei, punctul de start al elicei ce va genera suprafața elicoidală precum și înălțimea și pasul elicei;

- ◆ *Tip profil*, ce servește la introducerea pas cu pas a profilului generator al suprafeței elicoidale. Pentru aceasta, se alege din lista derulantă tipul de profil dorit, se introduc parametrii profilului ales, ulterior se apasă butonul „Adauga Profil”.

- ◆ *Tipul sculei* va conține toate instrumentele de lucru pentru alegerea și crearea sculelor aferente unui profil existent, selectat în câmpul de selecție din modulul „Tip profil”.

Capitolul 4

4. Metoda 3D pentru profilarea sculelor generatoare cu contact punctiform (*metoda cremalierii generatoare*), [80]

– Scula melc –

Dezvoltarea mijloacelor grafice de proiectare poate permite o rezolvare aparte a problemei contactului punctiform între două suprafețe reciproc înfășurătoare (cazul generării cu scula melc). Metodologia profilării suprafețelor în înfășurare, dezvoltată în mediul grafic, trebuie să respecte principiile fundamentale ale înfășurării suprafețelor, având avantajul reprezentării sugestive a suprafețelor în înfășurare și, totodată, a preciziei determinării profilurilor suprafețelor necesare profilării sculei de ordinul II și a controlului acestora.

4.1. Metoda 3D pentru scula melc – MGMC și SGSE

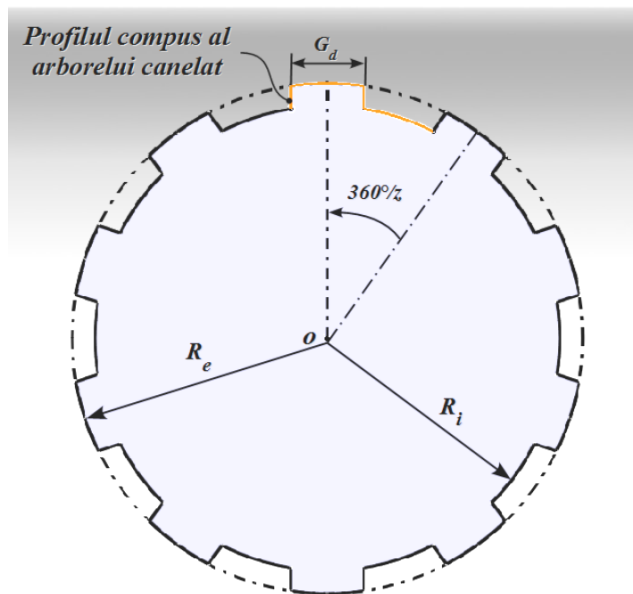


Fig. 45. Profilul secțiunii transversale a arborelui canelat (caneluri cu flancuri paralele)

Problematica determinării sculei melc prin metoda 3D, dezvoltată în mediul de proiectare grafică CATIA, se poate împărți în două etape.

Prima etapă constă în determinarea cremalierii, cu ajutorul mecanismelor MGMC și a aplicației VBA, caz discutat în capitolul 2

A doua etapă o constituie metoda grafică de stabilire a elementelor geometrice, care conduce la determinarea curbelor caracteristice și a modelului 3D al suprafeței periferice a sculei melc.

➤ *Profilarea sculei melc pentru prelucrarea unui arbore canelat*

Secțiunea transversală a canelurilor unui arbore canelat este formată, vezi figura 45, dintr-un ansamblu de segmente de dreaptă, pentru flancurile canelurii și un arc de cerc, reprezentând fundul canelurii. În figura 46, se prezintă modelul 3D al arborelui canelat obținut prin procedeul prezentat, vezi capitolul 2, și automatizat prin aplicația MGMC – VBA.

Prin comanda Extrude, specifică mediului de proiectare CATIA, se generează modelul 3D al suprafeței cremalierii generatoare a arborelui canelat.

➤ **Traietorii de interferență**

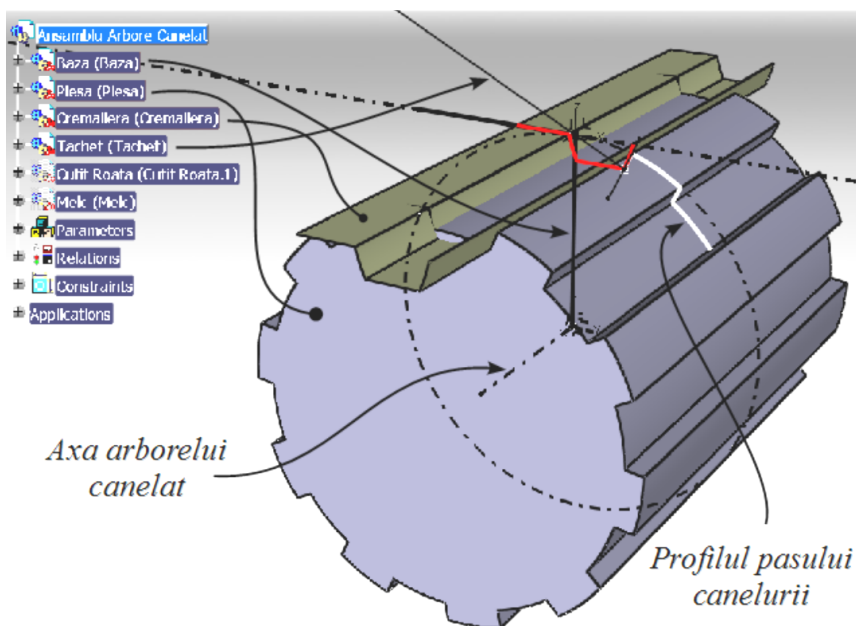


Fig. 46. MGMC pentru generarea profilului cremalierii; arborele canelat și cremaliera

Punctele singulare de pe profilul cremalierii determină, în raport cu semifabricatul, traiectorii de interferență primară, care impun modificarea formei constructive a arborelui canelat, astfel încât să existe posibilitatea generării în întregime a flancurilor canelurilor. În figura 47, se prezintă traiectoriile de interferență generate pe profilul canelurii de punctele singulare ale profilului cremalierii.

Ca urmare, profilul inițial al arborelui canelat trebuie modificat, incluzând în acesta și curbele de trecere determinate de traiectoriile de interferență.

Astfel, în urma modificării profilului arborelui canelat apar pe acesta noi puncte singulare care, în mișcarea de rulare, determină, față de cremalieră, traiectorii de interferență secundare, figura 48.

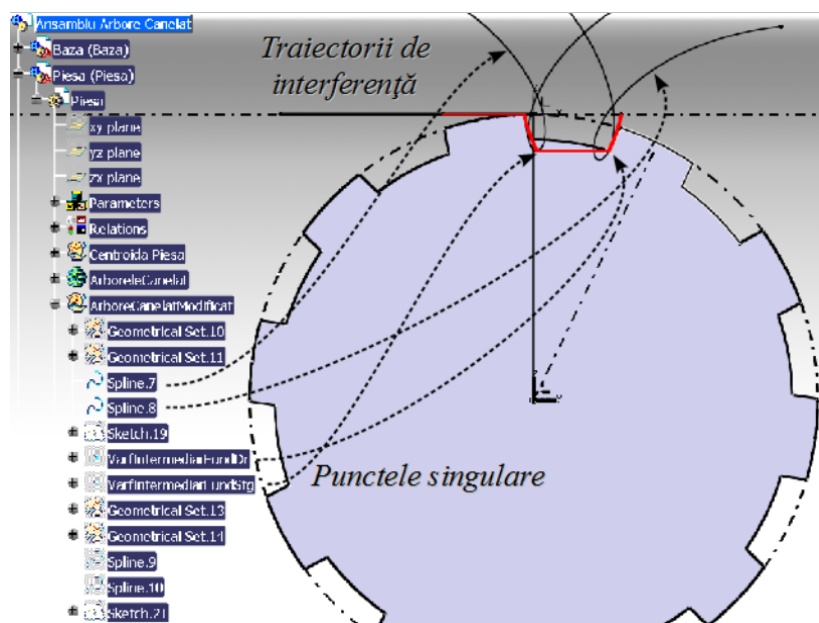


Fig. 47. Traietorii de interferență în raport cu arborele canelat

Traietoriile de interferență secundare determină limita profilului cremalierii, care este completată constructiv cu segmente de dreaptă, începând din punctele notate cu C pe figură, ținându-se seama de formele constructive acceptate în construcția sculelor așchiotoare, [26]. Forma constructivă a cremalierii asigură generarea în întregime a flancurilor, dar modifică suprafețele de trecere între flancuri și fundul canelurii, figura 48, ca urmare a traiectoriilor de interferență generate de punctele C de pe noul profil constructiv al sculei cremalieră.

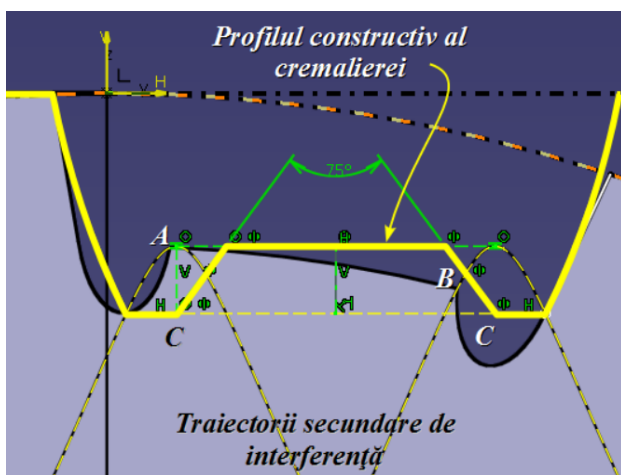


Fig. 48. Profilul modificat al arborelui canelat traieectorii de interferență secundare

Curba caracterică a suprafeței periferice primare a sculei melc, la contactul cu cremaliera generatoare, se obține prin proiectarea pe aceasta din urmă (*Projection*) a axei \vec{A} , paralelă cu axa suprafeței elicoidale primare a sculei melc, vezi figura 49.

În figura 49, sunt prezentate curbele caracterice la contactul între suprafața flancului canelurii și cremaliera generatoare ($C_{\Sigma I}$) între cremalieră și suprafața periferică primară a viitoarei scule melc ($C_{I,S}$).

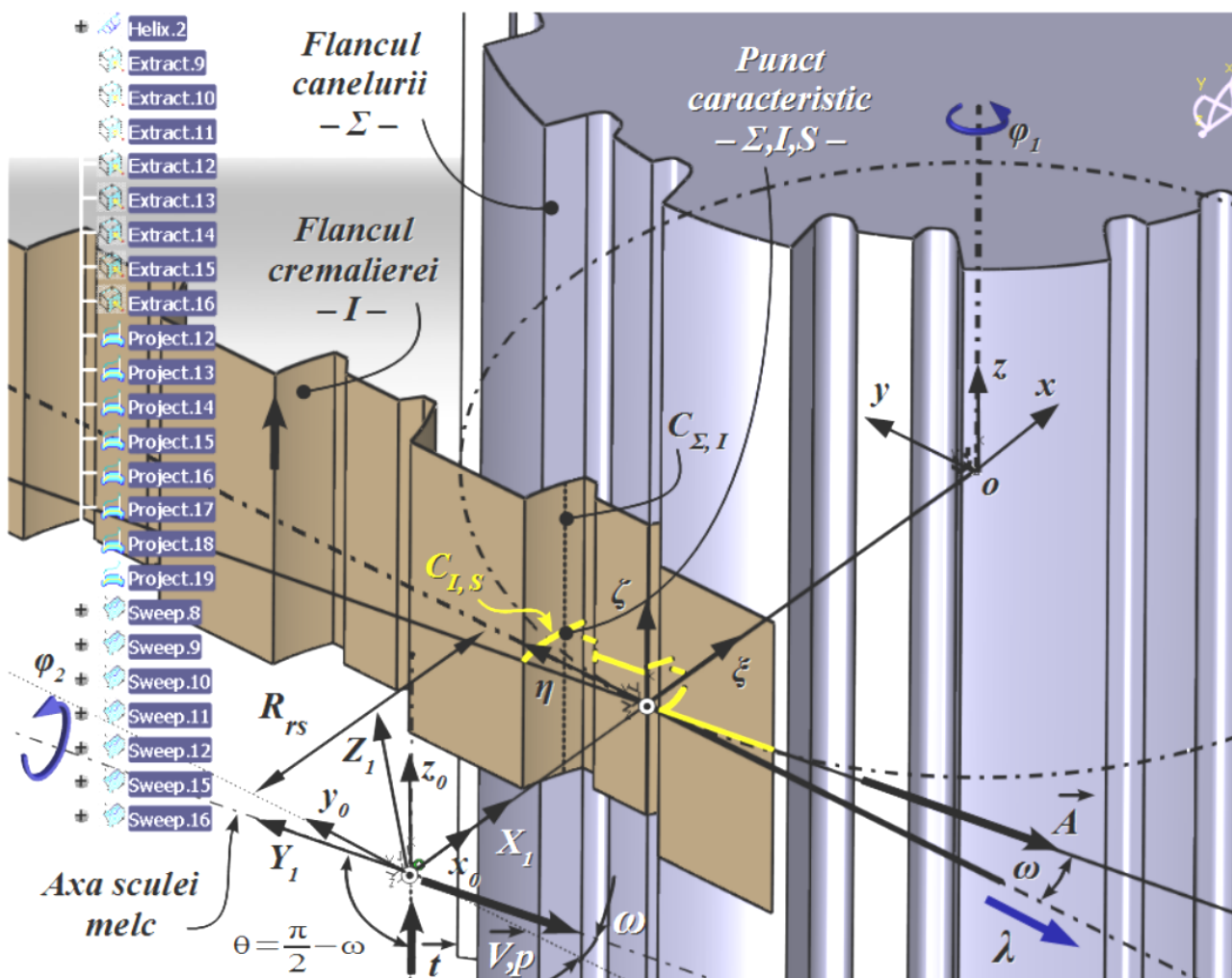


Fig. 49. Curbe carcterice pe cremaliera generatoare

Cele două curbe determină pe suprafața flancului cremalierii punctul caracteristic – punctul de contact între flancul canelurii și suprafața periferică primară a sculei melc.

Caracteristica compusă de pe suprafața cremalierii prezintă discontinuități datorate ansamblului de suprafețe ale cremalierii, netangente între ele.

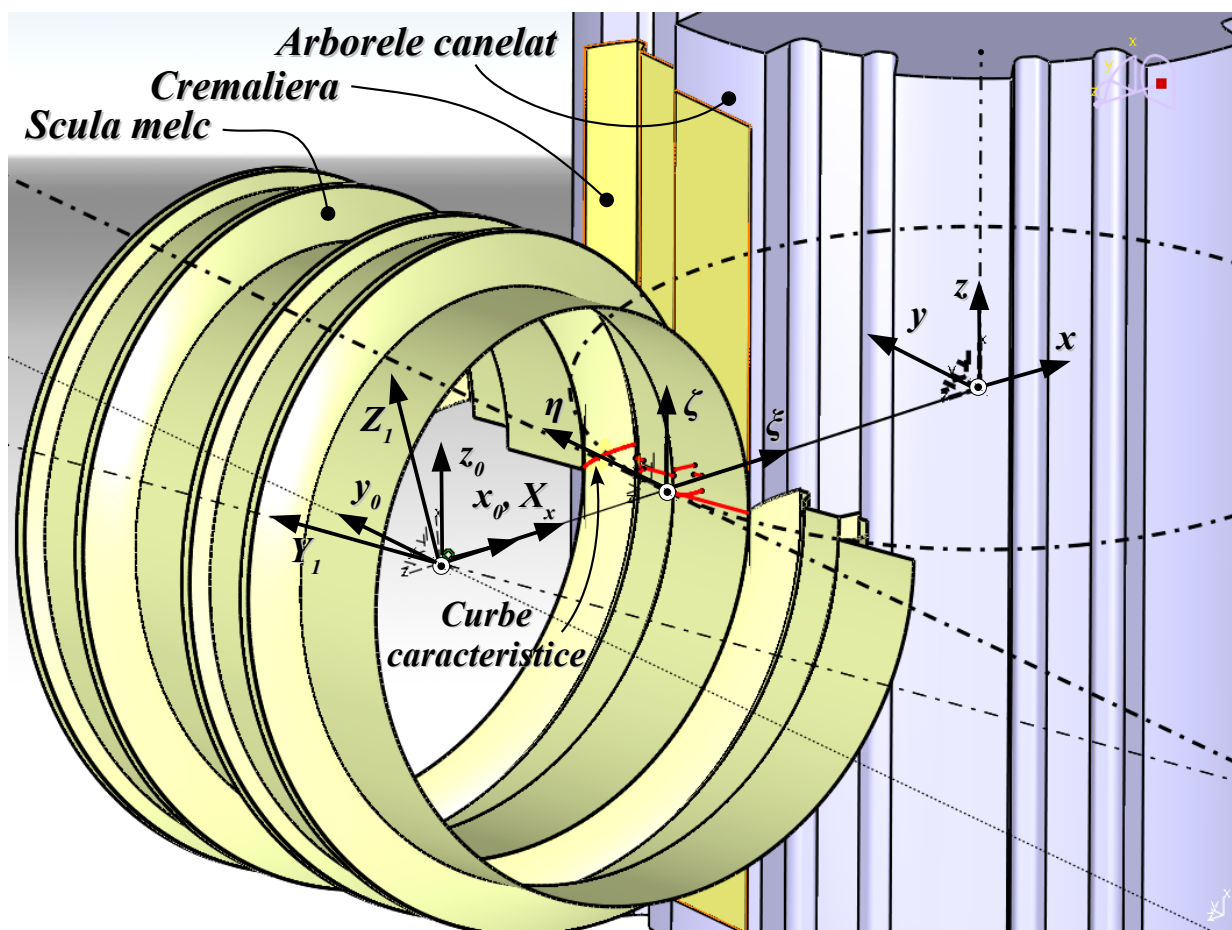


Fig. 50. Profilul suprafeței periferice primare a sculei melc

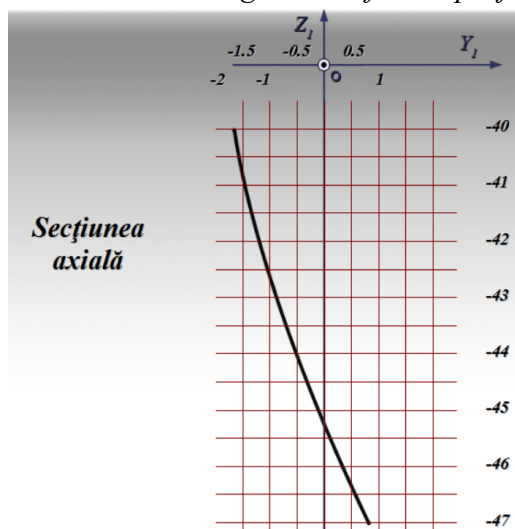


Fig. 51. Profilul suprafeței periferice primare a sculei melc

Modelul 3D al suprafeței periferice primare a sculei melc (figura 50) este obținut cu ajutorul comenzii Sweep, având drept curbă de ghidare elicea cu pasul elicei melcului, iar ca direcție – axa sculei melc.

O secțiune axială a unui flanc al canelurii sculei melc, este reprezentată în figura 51.

➤ Concluzii

Metoda a fost dezvoltată în baza teoremelor descompunerii mișcării elicoidale, facilitându-se astfel utilizarea comenzilor specifice mediului CATIA, cum ar fi Trace, Projection, Sweep, Intersection. Exemplul prezentat dovedește calitatea metodei, prin capacitatea mediului grafic de a trasa rapid și foarte riguros traiectoriile de interferență, absolut necesare a fi evidențiate în elaborarea formelor periferice ale sculelor de tip cremalieră și a sculelor melc, precum și pentru modificările formelor constructive ale pieselor de generat, impuse de limitările procesului de generare cu scule de tip cremalieră sau sculă melc.

Capitolul 5

5. Metodă cinematică în mediul grafic CATIA pentru modelarea generării prin înfășurare, [83]

Problema modelării generării suprafețelor este necesară în vederea determinării erorilor geometrice de generare, ca factor, adeseori dominant, în determinarea erorii de prelucrare. Descrierea suprafeței periferice primare a sculei se face numeric, deoarece aceasta poate fi cunoscută prin măsurare directă pe mașini de măsurare 3D. Reprezentarea acesteia se face sub formă de nor de puncte. O soluție simplificată este aceea în care este cunoscută, prin măsurare, o generatoare a suprafeței, de regulă o curbă plană, reprezentând o secțiune axială (sau transversală) a suprafeței periferice primare efective a sculei. Cu aceasta se generează o suprafață periferică virtuală a sculei, care servește la modelarea, ulterioară, a suprafeței virtuale a piesei efectiv generate.

5.1. Modelarea generării suprafețelor la prelucrarea cu scula cremalieră

Problematika generării cu scula cremalieră trebuie tratată ca o problemă „inversă” celei referitoare la profilarea acesteia. Este cunoscut, în formă numerică, profilul sculei cremalieră, și, în mișcarea de rulare a centroidelor asociate sculei și vârtejului de suprafețe de generat, se determină forma profilului suprafeței de generat (modelul virtual al suprafeței).

5.1.1. Metoda cinematică în CATIA pentru modelarea generării unei roți dințate cilindrice

Se prezintă exemplul modelării generării unei roți dințate cilindrice cu dinți drepti realizată cu ajutorul aplicației *MGMC – VBA*. În figura 52, se prezintă modelul solid al roții dințate teoretice pentru parametrii definiți în aplicație.

Pe aparatul de măsurat – profil proiector Scarlett, figura 53, s-au măsurat 200 de puncte de pe profilul unui cuțit pieptene, care a suferit un proces de uzură în urma utilizării efective a acesteia la prelucrarea unor roți dințate, asemenea celei modelate virtual. Coordonatele acestor puncte au fost introduse în CATIA cu ajutorul aplicației *VBA*, obținându-se profilul efectiv al cremalierii măsurate. Se urmărește modelarea roții generate de cuțitul pieptene având profilul efectiv, prezentat în figura 54.

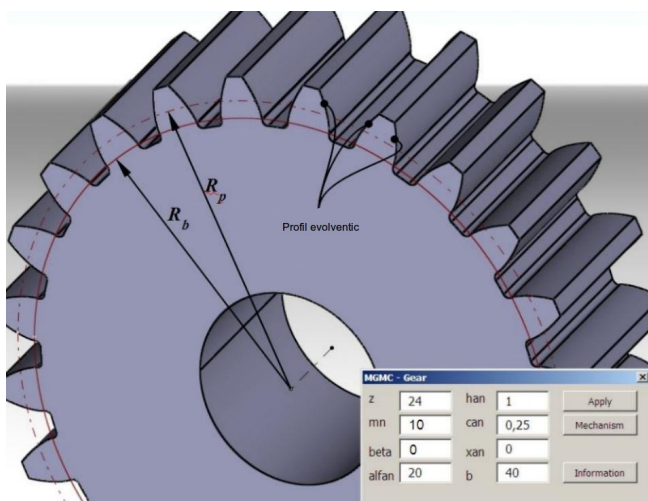


Fig. 52 Roata dințată teoretică și aplicația VBA



Fig. 53 Aparatul de măsurat, profil proiector Scarrett

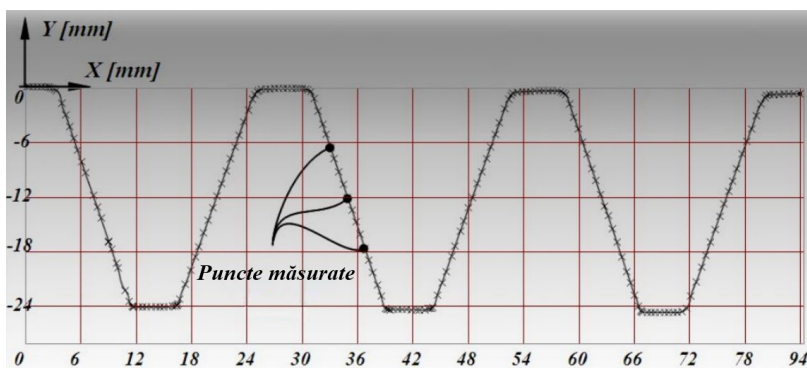


Fig. 54 Puncte măsurate pe profilul cremalierii (cuțit pieptene)

Pentru aceasta, s-au modelat și poziționat corespunzător modelele solide: roata dințată teoretică, cremaliera efectivă și un semifabricat cilindric, coaxial cu roata dințată teoretică, figura 55.

de generare ($f_i=60^\circ$) și incrementul unghiului de rotație al semifabricatului ($\text{delta}f_i=6^\circ$), s-a obținut modelul solid al roții dințate prelucrate virtual de cuțitul pieptene măsurat.

Rulând aplicația VBA în care s-au introdus:

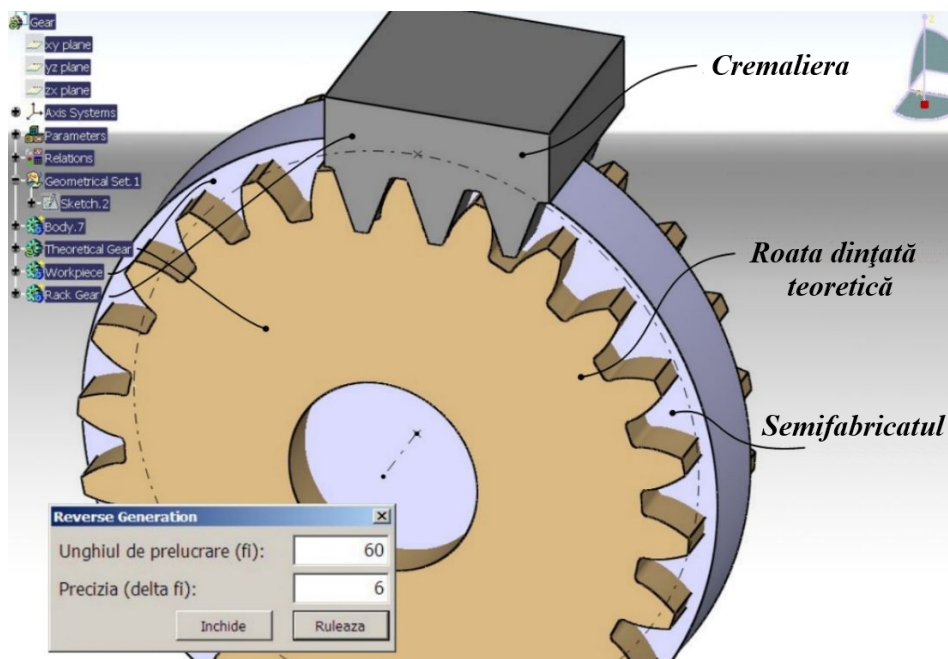


Fig. 55 Modelele solide ale roții dințate teoretice, a semifabricatului și a cremalierii măsurate

Tabel 2. Mărimile erorilor dintre cele două roți dințate, teoretică și modelată

Nr. crt.	Mărimea erorii de generare [mm]
$P_1 P_1'$	0,039
$P_2 P_2'$	0,002
$P_3 P_3'$	0,035
$P_4 P_4'$	0,110
$P_5 P_5'$	0,115
$P_6 P_6'$	0,145
$P_7 P_7'$	0,063
$P_8 P_8'$	0,102
$P_9 P_9'$	0,133
$P_{10} P_{10}'$	0,006
$P_{11} P_{11}'$	0,004
$P_{12} P_{12}'$	0,033

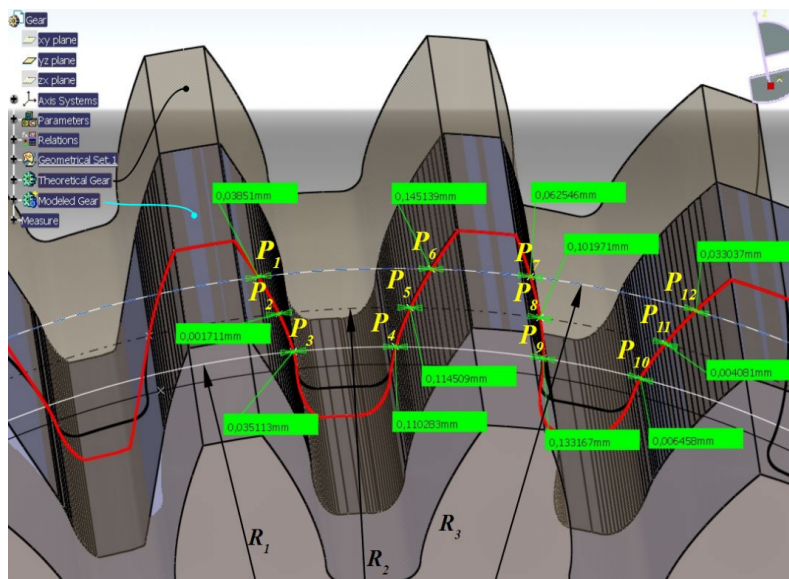


Fig. 56 Roata dințată prelucrată virtual și roata dințată teoretică – erori

Distanțele minime dintre perechile de puncte corespunzătoare celor două profiluri ale roților dințate, reprezentând erorile de generare ale roții dințate modelate prelucrată virtual, față de cea teoretică, sunt trecute în tabelul 2.

➤ **Concluzii**

Metoda modelării solide 3D a generării cu scula cremalieră, în mediul de proiectare CATIA s-a făcut utilizând aplicații dezvoltate pentru această problemă.

S-au prezentat exemple de aplicare, care dovedesc capacitatea metodei de a soluționa riguros problematica modelării 3D a generării cu o sculă cremalieră.

5.2. Modelarea generării suprafețelor la prelucrarea cu scula disc

Problematica modelării generării suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant, cu scule mărginite de suprafețe periferice primare de revoluție (scula disc, scula cilindro-frontală, sculele inelare), trebuie abordată ca o problemă „inversă” celei referitoare la profilarea unor asemenea scule.

➤ **Metoda cinematică în CATIA pentru prelucrarea virtuală a canalului unui alezor**

În urma rulării aplicației *MGMC – VBA* specifice, se simulează procesul de prelucrare a semifabricatului, prin descompunerea mișcării elicoidale în două mișcări: rotația semifabricatului și translația sculei disc. Mișcarea de rotație a semifabricatului are loc cu un anumit increment unghiular *delta fi*, vezi figura 57. Mărimea acestui increment unghiular determină precizia suprafeței modelate.

S-a determinat profilul secțiunii transversale a sculei disc, rulând aplicația *MGMC – VBA*, în care s-au introdus valorile parametrilor de intrare reprezentând profilul generator al canalului alezorului și parametrii elicoidali ai suprafeței elicoidale.

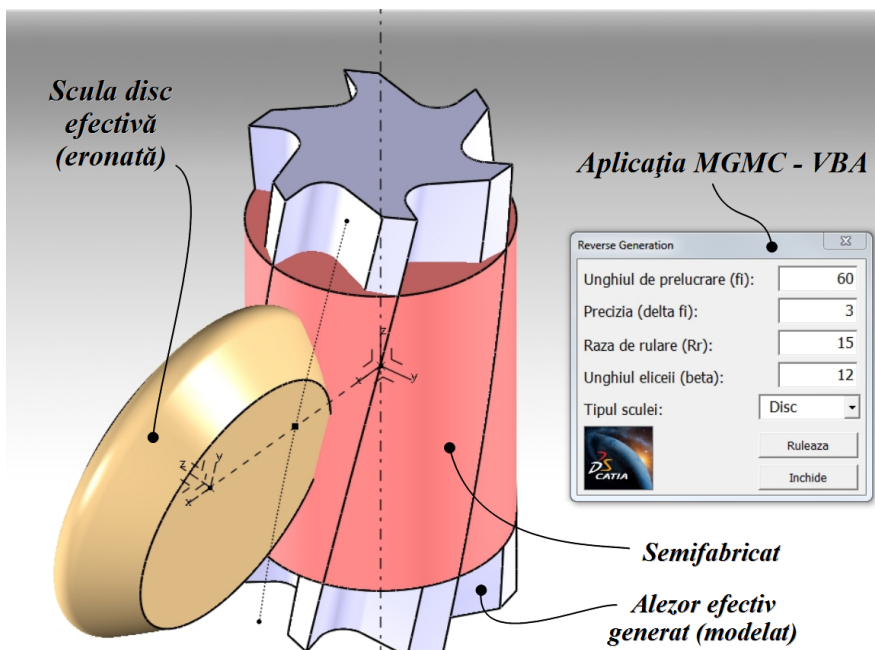


Fig. 57. Generarea inversă (alezor). Aplicația MGMC – VBA

Pentru exemplificare, se consideră modelul secțiunii axiale a sculei disc profil reprezentat în figura 58, care include eroarea de profilare a acesteia.

Se dorește a se afla profilul secțiunii transversale a alezului virtual, care va rezulta în urma simulării procesului de prelucrare cu aceasta sculă disc eronată.

Semifabricatul, reprezentat de un solid de

tip cilindru, modelul solid al alezului teoretic și modelul solid al sculei disc eronată (efectivă) sunt elementele de intrare în algoritmul aplicației MGMC – VBA, în fereastra căreia introduc parametrii de rulare, figura 57. Rulând aplicația MGMC – VBA, care automatizează comenzile de copiere și inserare a solizilor, rotații și, respectiv, translați. Prin extragerea solidului reprezentând scula, din semifabricatul virtual, rezultă, în final, modelul solid al alezului modelat, putând fi comparat cu modelul teoretic al acestuia. Sunt prezentate cele două modele 3D, precum și secțiunile transversale ale acestora, în sistemul de referință aferent.

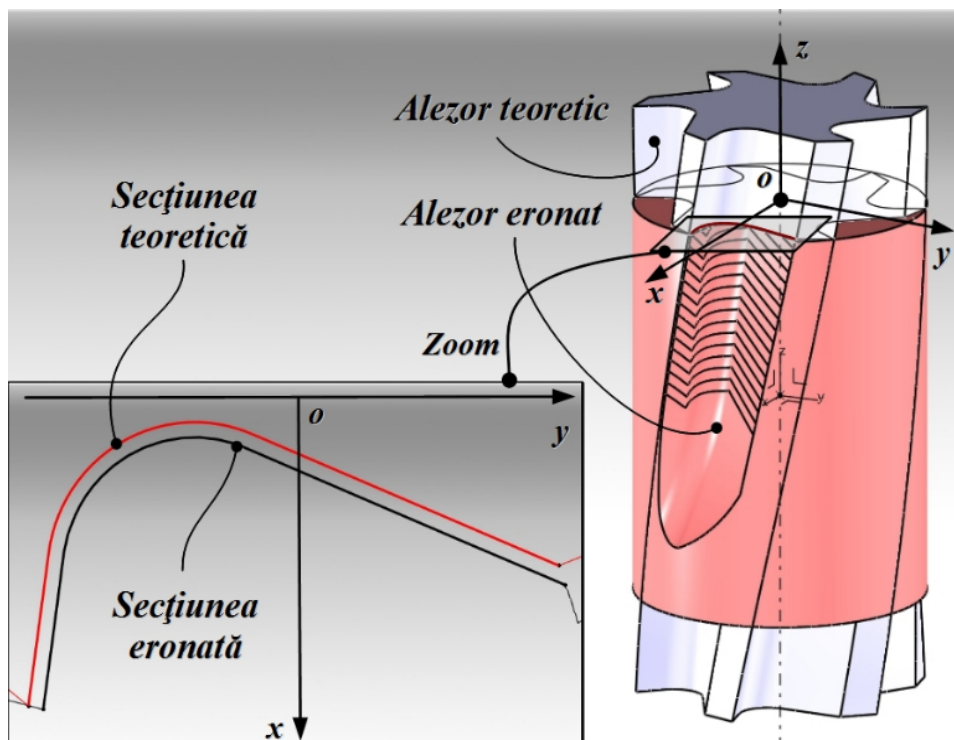


Fig. 58. Modele solide ale alezului, eronat și teoretic

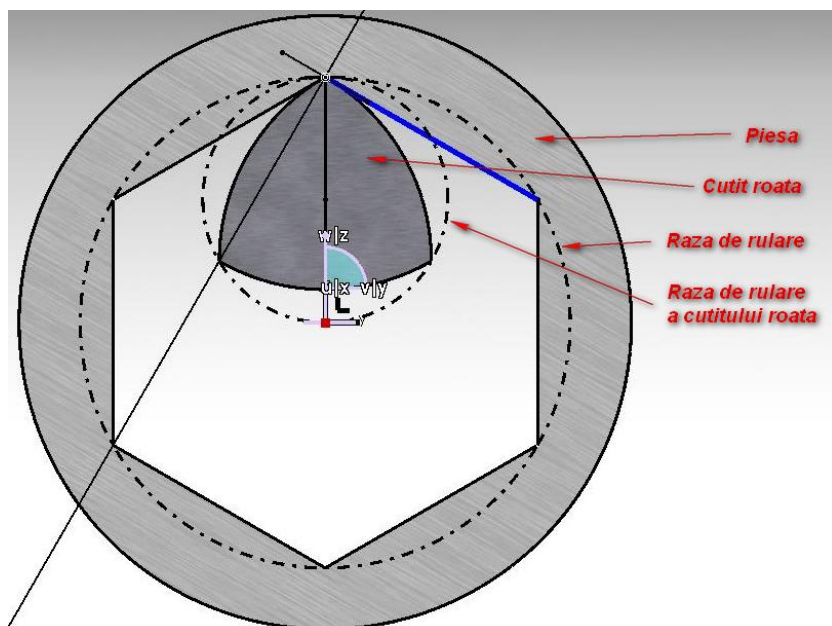


Fig. 61. Cutit roată pentru hexagon interior
($R_{rp} = 50 \text{ mm}$, $i = 6/3$)

În figura 61, este prezentat mecanismul specific (MG.M.C.-CATIA), pentru raportul de tramistere 6/3, care prin comanda Simulation realizează rularea celor două centroide tangente interior.

Din compararea coordonatelor, tabelele 3 și 4, este evident faptul că, profilurile sculelor determinate prin cele două metode sunt, practic, identice, dovedind, în acest fel, calitatea metodei grafice propuse.

Tabel 3. Coordonatele punctelor de pe profilul sculei (extras)

Nr. Crt.	$\eta[\text{mm}]$	$\zeta[\text{mm}]$	Nr. Crt.	$\eta[\text{mm}]$	$\zeta[\text{mm}]$	Nr. Crt.	$\eta[\text{mm}]$	$\zeta[\text{mm}]$
1	0,0000	-25,0000	31	-10,7616	-16,2132	61	-17,8265	-5,2921
4	-1,2736	-24,2353	34	-11,6229	-15,2105	64	-18,3457	-4,0919
7	-2,4980	-23,4422	37	-12,4490	-14,1874	67	-18,8304	-2,8717
10	-3,6758	-22,6222	40	-13,2402	-13,1443	70	-19,2799	-1,6312
13	-4,8091	-21,7765	43	-13,9971	-12,0812	73	-19,6938	-0,3702
16	-5,8998	-20,9062	46	-14,7199	-10,9986	76	-20,0712	0,9119
19	-6,9493	-20,0122	49	-15,4089	-9,8963	79	-20,4115	2,2154
22	-7,9592	-19,0952	52	-16,0640	-8,7746	82	-20,7137	3,5409
25	-8,9305	-18,1560	55	-16,6854	-7,6333	85	-20,9765	4,8892
28	-9,8644	-17,1952	58	-17,2729	-6,4725	101	-21,6478	12,0017

Tabel 4. Coordonatele profilului sculei roată pentru generarea bușei hexagonale

Nr. Crt.	$\eta[\text{mm}]$	$\zeta[\text{mm}]$	Nr. Crt.	$\eta[\text{mm}]$	$\zeta[\text{mm}]$
1	0,000	-25,000	46	-14,719	-10,998
4	-1,273	-24,235	49	-15,408	-9,896
7	-2,498	-23,442	52	-16,064	-8,774
10	-3,675	-22,622	55	-16,685	-7,633
13	-4,809	-21,776	58	-17,272	-6,472
16	-5,899	-20,906	61	-17,826	-5,292
19	-6,949	-20,012	64	-18,345	-4,091
22	-7,959	-19,095	67	-18,830	-2,871
25	-8,930	-18,156	70	-19,279	-1,631
28	-9,864	-17,195	73	-19,693	-0,370
31	-10,761	-16,213	76	-20,071	0,911
34	-11,622	-15,210	79	-20,411	2,215
37	-12,449	-14,187	82	-20,713	3,540
40	-13,242	-13,144	85	-20,976	4,889
43	-13,997	-12,081	101	-21,647	12,001

➤ Concluzii

Identitatea între profilurile sculelor determinate prin cele două metode, analitică și grafică, arată că, pentru aceste exemple, diferențele între profilurile determinate este de nivelul $1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$, ceea ce dovedește calitatea metodei propuse în baza facilităților CATIA.

6.2. Verificarea metodei grafice pentru scula disc

Se analizează, prin exemple numerice, profilarea sculei disc pentru generarea suprafețelor elicoidale cilindrice de pas constant. Se urmărește a se ilustra calitatea metodei dezvoltate, utilizând facilitățile CATIA, în raport cu metoda descompunerii mișcării elicoidale, NIKOLAEV.

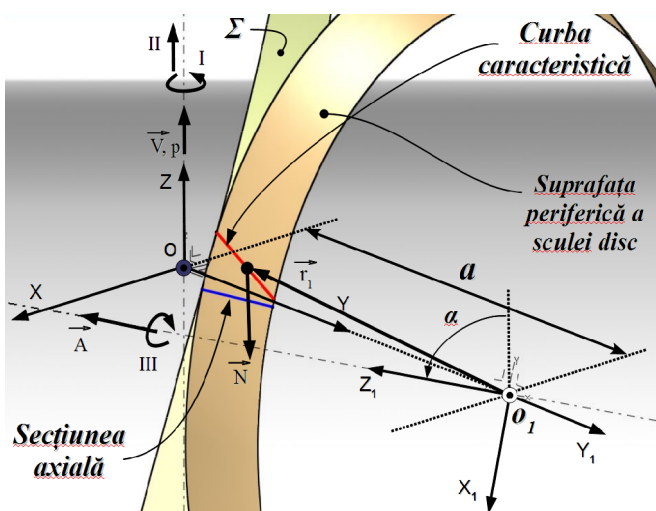


Fig. 62. Modelul 3D al suprafeței (profil transversal retiliniu)

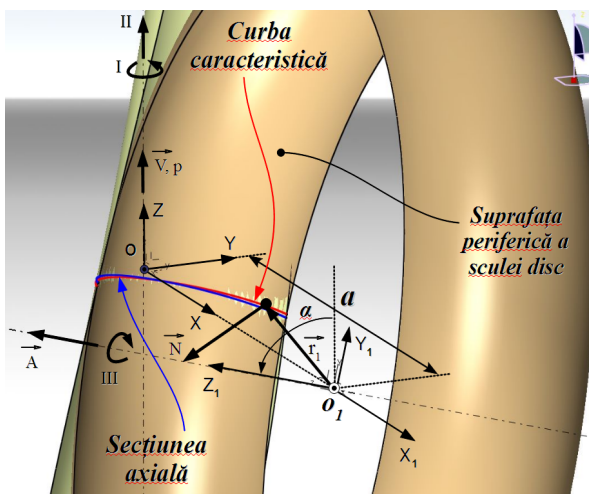


Fig. 63. Modelul 3D al suprafeței elicoidale (profil transversal circular)

6.2.1. Aplicație numerică

Pentru cele două tipuri de suprafețe elicoidale cilindrice și de pas constant cu generatoare circulară și rectilinie, se urmărește a se determina secțiunea axială a sculei disc prin cele două metode: analitică, grafică în mediul de proiectare CATIA.

În figurile 64, 65 și tablele 5, 6, sunt prezentate secțiunile axiale ale sculei disc calculate prin cele două metode.

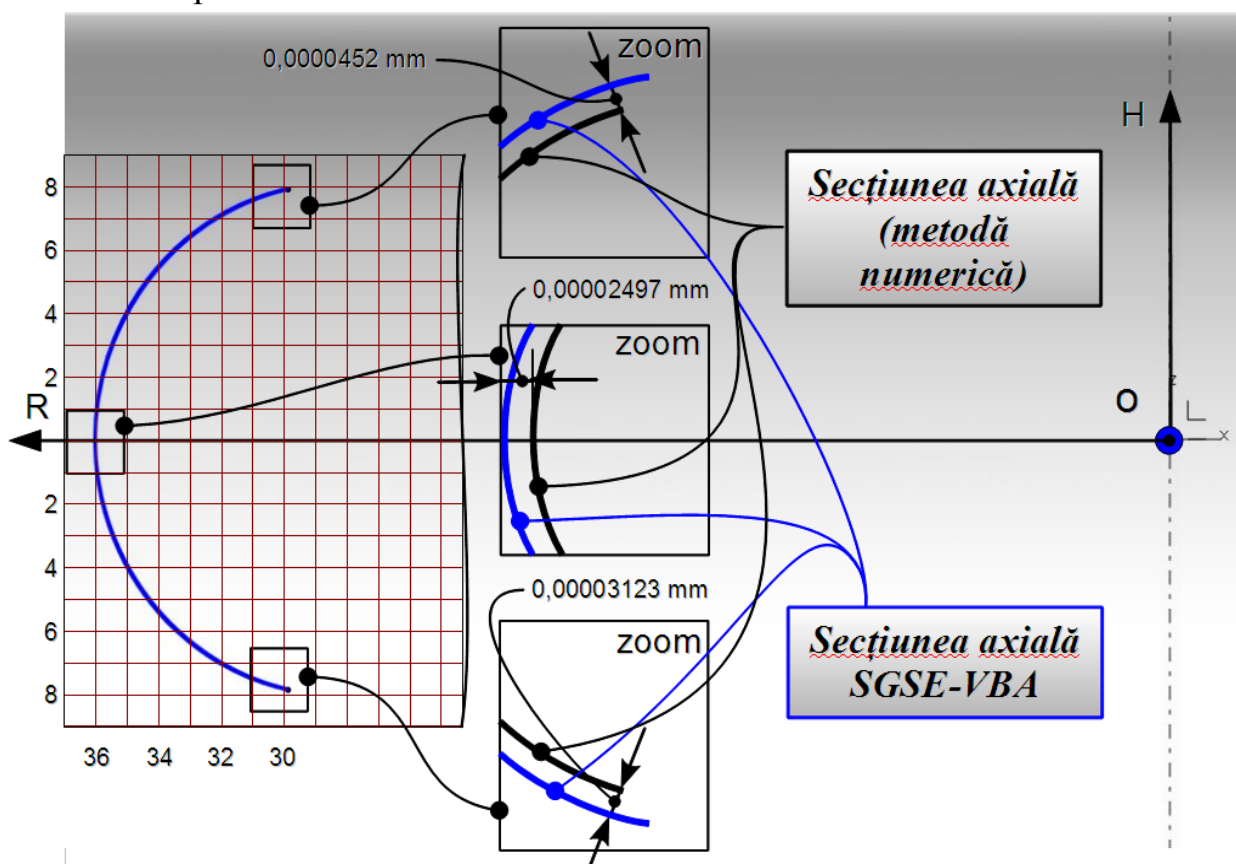


Fig. 64. Secțiunea axială a sculei disc calculată prin metodele CAD și analitic

Tabel 5. Secțiunea axială, comparativ CAD – analitic – profil circular(extras)

Punct	Metoda CAD		Metoda analitică	
	R[mm]	H[mm]	R[mm]	H[mm]
1	29,7451	7,8327	29,7452	7,8327
2	29,9623	7,7842	29,9619	7,7843
3	30,1781	7,7300	30,1775	7,7302
4	30,3926	7,6700	30,3916	7,6704
5	30,6054	7,6044	30,6043	7,6049
6	30,8159	7,5334	30,8152	7,5337
7	31,0248	7,4567	31,0242	7,4570
8	31,2316	7,3744	31,2312	7,3746
9	31,4361	7,2867	31,4360	7,2868
10	31,6386	7,1934	31,6384	7,1935
...
50	36,2454	0,1112	36,2454	0,1109
51	36,2454	-0,1112	36,2454	-0,1109
52	36,2390	-0,3333	36,2391	-0,3328
53	36,2263	-0,5558	36,2265	-0,5543
54	36,2073	-0,7775	36,2076	-0,7754
...
100	29,7451	-7,8327	29,7451	-7,8328

Tabel 6. Coordonatele secțiunii axiale – profil rectiliniu

Punct	Metoda CAD		Metoda analitică	
	R[mm]	H[mm]	R[mm]	H[mm]
1	37,3134	7,9973	37,3135	7,9974
2	37,2846	7,9331	37,2841	7,9321
3	37,2556	7,8689	37,2547	7,8668
4	37,2265	7,8048	37,2251	7,8017
5	37,1973	7,7408	37,1954	7,7366
6	37,1681	7,6769	37,1657	7,6715
7	37,1387	7,6130	37,1358	7,6066
8	37,1091	7,5487	37,1058	7,5417
9	37,0794	7,4848	37,0758	7,4768
10	37,0497	7,4209	37,0456	7,4120
...
50	35,7769	4,9081	35,7613	4,8796
51	35,7430	4,8463	35,7273	4,8179
52	35,7090	4,7847	35,6933	4,7562
53	35,6749	4,7230	35,6591	4,6945
54	35,6407	4,6614	35,6249	4,6330
...
100	33,9633	1,8904	33,9634	1,8906

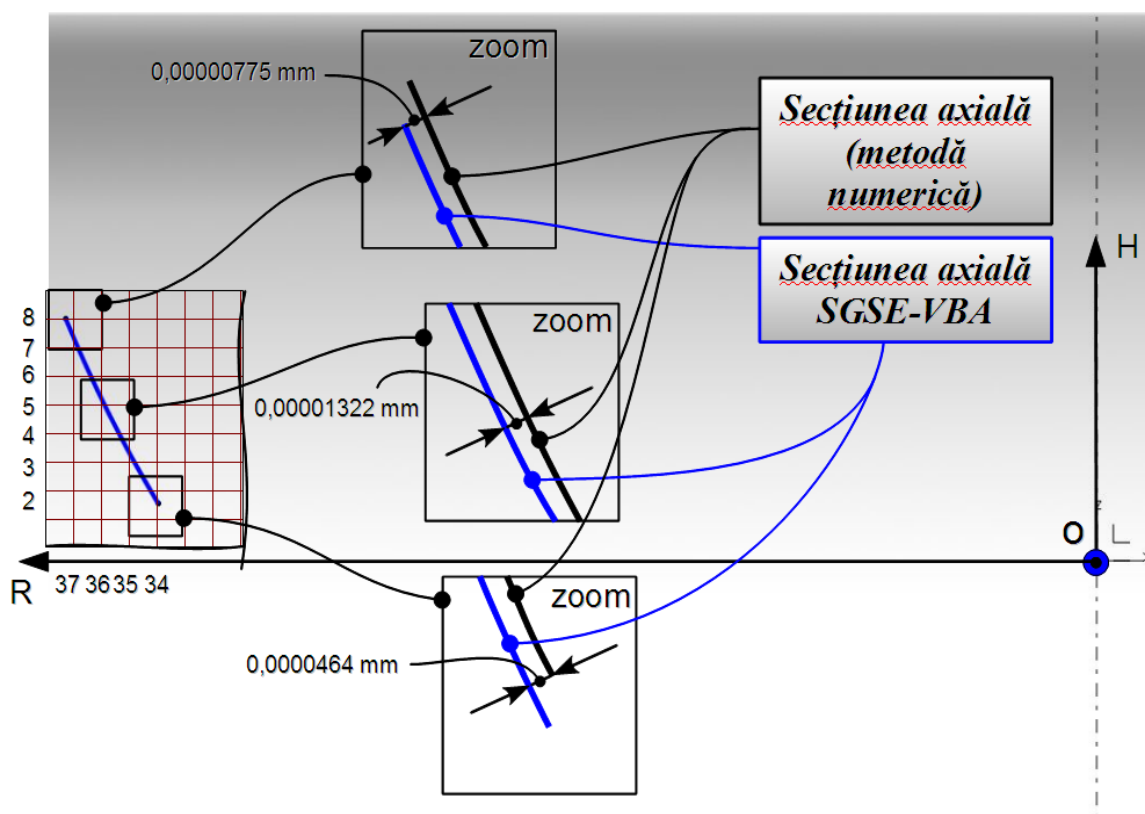


Fig. 65. Forma sețiunii axiale a sculei disc:metoda CAD și metoda analitică

Capitolul 7

7. Inginerie inversă – proiectarea sculelor generatoare a rotoarelor unui compresor elicoidal existent, [101]

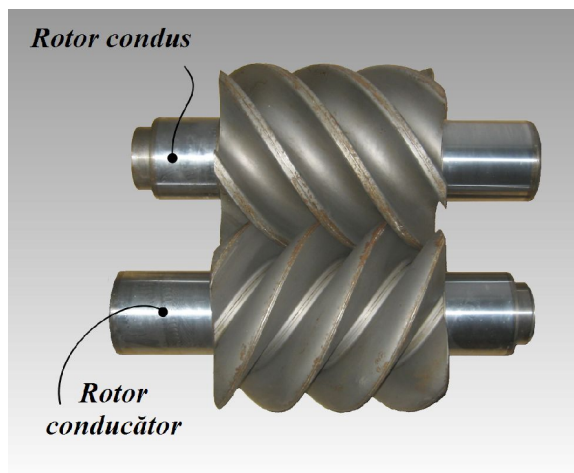


Fig. 66. Profilul axial al rotorului conducător



Fig. 67. Măsurarea profilului axial al rotorului conducător

Se urmărește realizarea unei metode pentru profilarea sculelor generatoare a rotoarelor unui compresor elicoidal cunoscut ca entitate fizică, figura 66. Rotoarele prezentate aparțin unui compresor elicoidal existent. Privind forma rotoarelor, condus și conducător, nu există informații referitoare la profilurile lobilor acestora.

Reconstrucția modelelor solide ale celor două rotoare se face prin măsurarea fizică a secțiunii axiale a acestora pe o mașină de măsurat 3D MicroHite, existentă în laboratoarele Departamentului de Construcții de Mașini, Robotică și Sudare, a Universității „Dunărea de Jos” din Galați, figura 67.

Precizia de măsurare a mașinii de măsurat 3D este de 0,001 mm.

În figura 68, este prezentată forma profilului axial măsurat al rotorului conducător. Profilul este format dintr-un ansamblu de arce de curbă cunoscute numeric, corespunzătoare: flancul stâng, AB; flancul drept, CD; piciorul profilului BC. Coordonatele măsurate au fost approximate în mediul de proiectare CATIA – *Digitised Shape Design*, prin curbe de tip *spline*, care trec prin toate punctele măsurate, pentru fiecare porțiune de profil măsurat.

Curbele *Spline* au fost generate cu o aplicație VBA proprie, dezvoltată sub mediul de proiectare CATIA.

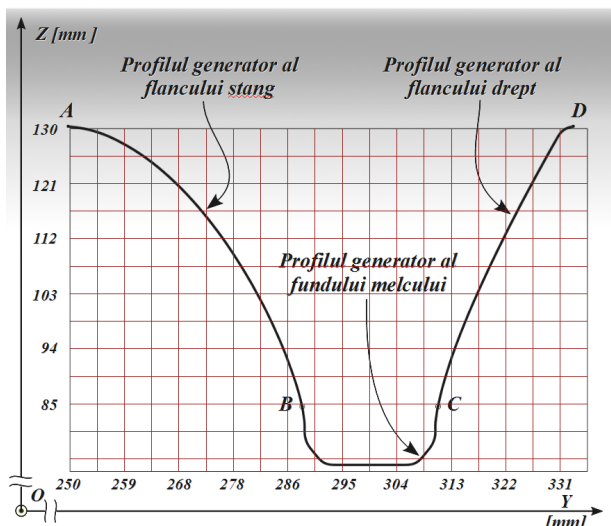


Fig. 68. Profilul axial al rotorului conducător

O problemă specifică în măsurarea suprafețelor elicoidale o constituie măsurarea pasului (parametrul elicoidal) melcului. Dimensiunile rotorului măsurat nu permit determinarea directă a pasului, deoarece lungimea totală a rotorului este inferioară mărimii pasului elicoidal. Ca urmare, s-a adoptat o soluție de determinare a mărimii parametrului elicoidal, p , prin măsurarea efectivă a două curbe aflate în plane paralele, pe același flanc al rotorului conducător, figura 69.

Prin intersecția curbelor măsurate pe flancul rotorului cu un cilindru de revoluție de rază $r=125$ mm, se determină coordonatele a două puncte ale aceleiași elice, distanțate în lungul axei acesteia cu o cotă L , figura 69,

$$L = z_2 - z_1 \tag{1}$$

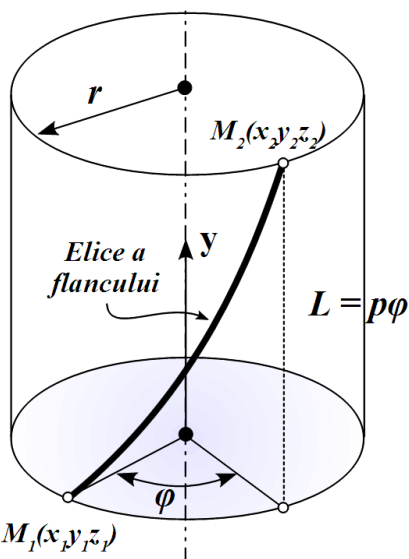


Fig. 69 Determinarea parametrului elicoidal al elicelor rotorului conducător

Se determină parametrul elicoidal al elicelor flancului lobului rotorului conducător cu relația

$$p = \frac{L}{\varphi} \text{ [mm]}, \tag{2}$$

vezi figura 69 (φ în radiani). Astfel pasul elicoidal al flancului se calculează cu relația

$$P_e = 2\pi \cdot p \text{ [mm]}. \tag{3}$$

Pentru acuratețea determinării, se repetă algoritmul pentru diferite mărimi ale razei r și diferite segmente de curbe măsurate în plane paralele cu planul axial, pentru același flanc al rotorului. Pentru rotorul măsurat, a rezultat un pas elicoidal al lobului melcului, $P_e = 335,892$ mm. Modelarea suprafeței periferice primare a sculei disc s-a realizat în mediul de proiectare *Generative Shape Design*, folosind comanda *Revolve*, prin rotirea curbelor caracteristice în jurul axei Y_1 a sistemului de referință al sculei disc.

Pentru segmentul de profil CD, se modelează o sculă cilindro-frontală mărginită de o suprafață de revoluție de axă Z_1 – axa de simetrie a zonei de picior a golului, între doi dinți succesivi ai rotorului, vezi figura 70. Prin rotirea curbei caracteristice în jurul axei Z_1 , se obține modelul solid al suprafeței periferice primare al sculei cilindro-frontale.

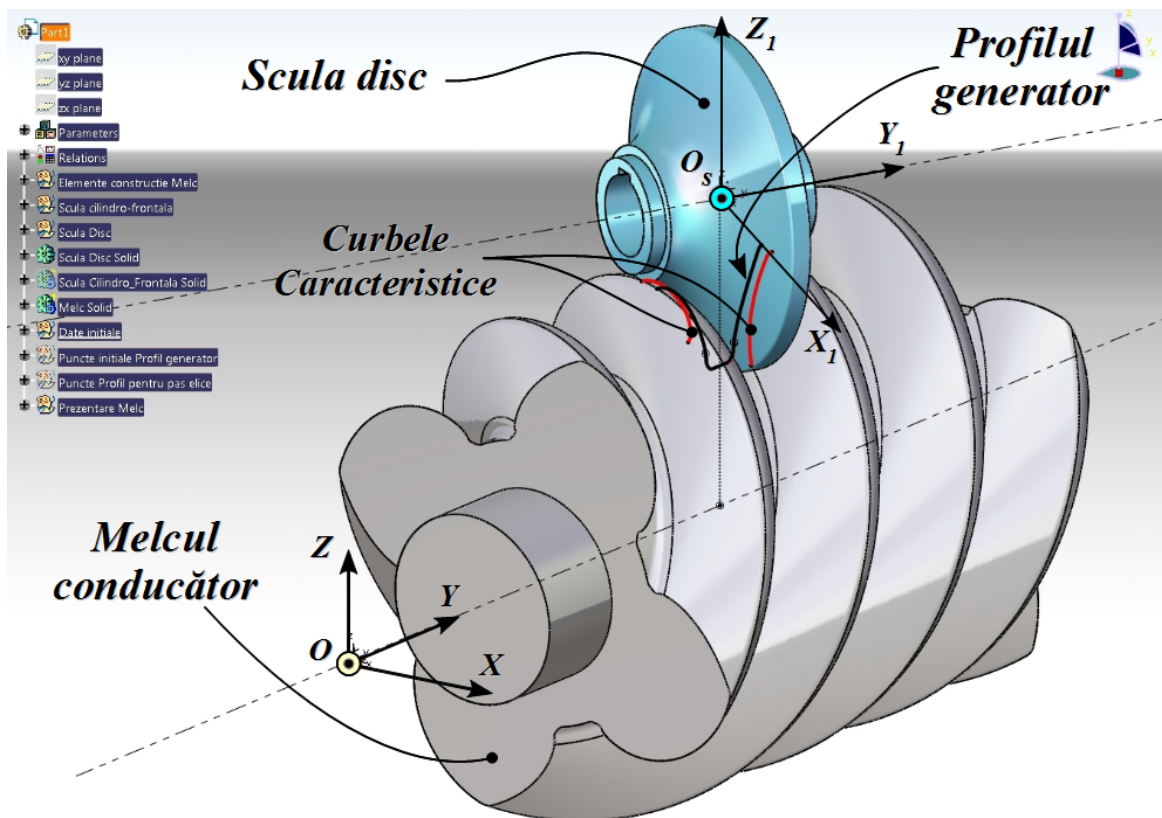


Fig. 70. Melc conducător – modelul solid al sculei disc

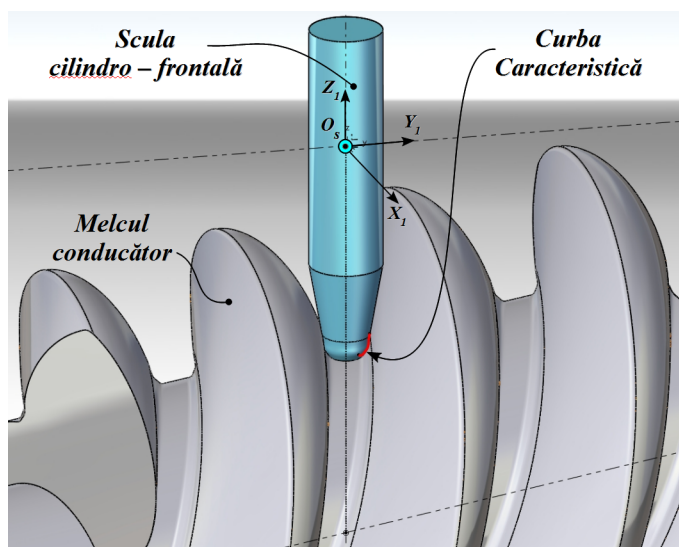


Fig. 71. Melc conducător – scula cilindro-frontală

Necesitatea modelării a două scule distincte, pentru generarea canalului elicoidal al danturii rotorului conducător, este impusă de faptul că, nu este posibilă obținerea unei curbe caracteristice unice pentru o sculă de tip disc, care să genereze în întregime golul danturii (suprafața periferică primară a sculei disc nu poate fi realizată – *Autointersecting surface error*).

7.1. Modelarea sculei disc generatoare a rotorului condus

Prin măsurare directă, pe mașina de măsurat 3D MicroHite, a profilului secțiunii axiale a rotorului condus, figura 72, se obține profilul secțiunii axiale.

Profilul este o curbă de tip *spline*, cu ajutorul căreia se determină suprafața elicoidală a rotorului condus (*Sweep*). Pentru determinarea pasului elicei rotorului, a fost necesară măsurarea suplimentară a unei porțiuni de pe flancul acestuia, într-un plan paralel planului axial al rotorului.

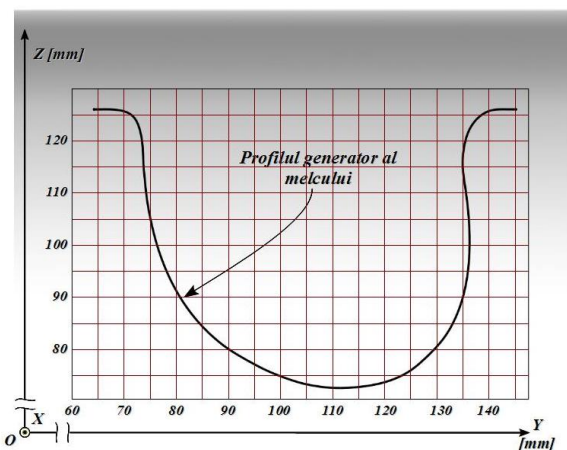


Fig. 72. Profilul axial măsurat al rotorului condus

În mediul de proiectare *Generative Shape Design*, se determină modelul solid al rotorului, ținând seama de faptul că acesta are 6 începuturi și parametrii de intrare specificați. Cu comanda *Projection* s-a determinat curba caracteristică pentru canalul rotorului condus.

Modelarea suprafeței periferice primare a sculei disc s-a realizat folosind comanda *Revolve*, prin rotirea curbei caracteristice în jurul axei Y_1 a sistemului de referință asociat sculei disc, vezi și figura 73.

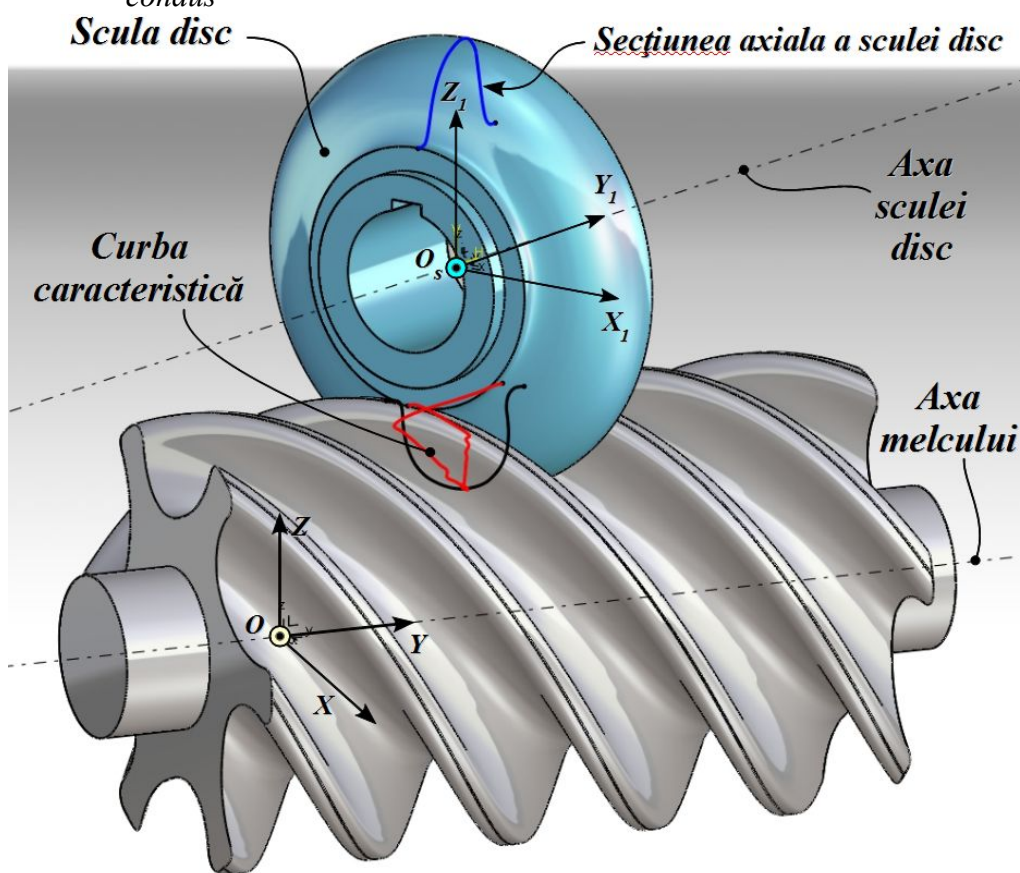


Fig. 73. Modelele solide ale rotorului condus și al sculei generatoare

7.2. Concluzii

Metoda grafică, dezvoltată în mediul de proiectare grafică CATIA, permite, așa cum am arătat, desfășurarea unor acțiuni de inginerie inversă, privind profilarea sculelor generatoare a suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant, suprafețe constituite a flancurilor rotoarelor compresoarelor elicoidale, care sunt cunoscute prin măsurarea efectivă, pe mașini de măsurat 3D.

Algoritmul a permis explicitarea numerică și grafică a secțiunilor axiale a sculelor generatoare, ca rezultat final al unei astfel de acțiuni.

Capitolul 8

8. Concluzii și contribuții personale

Teza de doctorat a abordat, în mediul grafic de proiectare CATIA, problemele specifice ale profilării sculelor care generează prin înfășurare: scule care generează vârtejuri ordonate de suprafețe cu scule de tip cuțit pieptene, cuțit roată și cuțit rotativ; – scule mărginite de suprafețe periferice primare de revoluție (scula disc, cilindro – frontală, cilindrică, scule inelare); – scule care generează prin înfășurare cu contact punctiform.

Problematica dezvoltată și soluțiile grafice (2D, 3D) prezentate, precum și aplicațiile software dezvoltate în VBA se bazează exclusiv pe facilitățile oferite de CATIA, în care, în baza teoremelor fundamentale ale înfășurării suprafețelor, s-au imaginat mecanisme virtuale de generare, pentru studiul proceselor de generare prin rulare; s-au propus soluții de determinare a curbelor caracteristice ale sculelor pentru generarea suprafețelor elicoidale utilizând comenzi de tipul "*Projection*"; s-au interpretat teoremele privind descompunerea mișcării elicoidale într-o mișcare de rotație și translație, în vederea unei posibile soluționări grafice a problemei de înfășurare cu contact punctiform; s-au elaborat algoritmi specifici, în mediul CATIA pentru modelarea virtuală a generării suprafețelor.

8.1. Concluzii

◆ În baza cinematicii proceselor de generare a vârtejurilor de profiluri (suprafețe) asociate unei centroide (frecvent circulară, de rază R_{rp}), în rulare cu centroidă sculei (cuțit pieptene, cuțit roată, cuțit rotativ), au fost imaginați algoritmi, în mediul de proiectare grafică CATIA (*metoda mecanismelor de generare*), pentru diferite tipuri de profil generat (segment de dreaptă, arc de cerc, arc de curbă spline).

◆ Au fost elaborate mecanisme specifice (M.G.M.C.), mecanismele fiind alcătuite din elementele: *bază, piesă, tachet, sculă*, în mediul *Part Environment*. S-au folosit cuple cinematice virtuale în mediul *Digital Mock Up*, rularea virtuală realizată prin comanda "*Simulation*", în urma căreia, cu comanda "*Trace*", obținându-se, forma profilului înfășurat, linia de angrenare sau curbele de trecere ale căror coordonate pot fi extrase și prelucrate. S-a dezvoltat o aplicație originală în VBA, în baza căreia s-au realizat aplicații pentru profilarea cremalierii înfășurătoare a unui arbore canelat; roată de lanț; roată dințată cilindrică cu dinți evolventici drepți. Similar, s-au realizat aplicații pentru generarea cu scule de tipul cuțit roată: hexagon interior, caneluri triunghiulare.

◆ S-au determinat și trasat grafic formele profilului sculelor generatoare. S-au prezentat formele liniilor de angrenare și a traiectoriilor curbilor de trecere. S-au propus soluții de diminuare a modificărilor produse de procesele de interferență pe profilul pieselor generate.

◆ Tipurile de mecanisme de generare propuse (M.G.M.C.) permit abordarea unei foarte diverse tipologii de profiluri, inclusiv profiluri cunoscute în formă numerică și approximate printr-o curbă *spline*.

◆ Aplicațiile VBA realizate utilizează exclusiv mediul de proiectare grafică CATIA și, prin ferestrele de dialog realizate, pot programa o mare diversitate de tipodimesiuni ale aplicațiilor.

◆ Metoda grafică 3D, bazată pe facilitățile mediului de proiectare CATIA, pentru profilarea sculelor - suprafețe de rotație, pentru generarea suprafețelor elicoidale, reprezintă o modalitate aparte de soluționare a problemelor legate de determinarea caracteristicii suprafețelor de revoluție (scula disc, cilindro-frontală, inelare) sau cilindrice (scula de rabotat), în care, în baza teoremelor fundamentale, se obțin soluții grafice, rapide și riguroase, bazate pe facilitățile din mediul de proiectare grafică CATIA (*metoda proiecției normale a axei sculei*).

Metoda propusă se caracterizează prin:

◆ o riguroasă descriere (reprezentare) a suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant, inclusiv a suprafețelor elicoidale compuse, cazul cel mai frecvent al canalelor elicoidale;

◆ generarea suprafeței elicoidale se face pornind de la o secțiune plană frontală a suprafeței (cel mai frecvent pentru canalele elicoidale ale sculelor așchietoare);

◆ o secțiune plană axială (cazul melcilor și filetelor din componența organelor de mașini);

◆ o generatoare oarecare pe suprafața elicoidală (caz general cu multiple aplicații);

◆ capacitatea metodei de a programa, în mediul de proiectare grafică CATIA, generatoare descrise numeric, prin matrice de coordonate, obținute prin măsurarea directă a suprafețelor pe mașini de măsurat 3D și preluate sub forma unor fișiere de tip baze de date (.xls, .txt etc.);

◆ metoda permite determinarea formei curbei caracteristice compozite, pentru cazul generării unei suprafețe elicoidale compuse și transpunerea în formă numerică a acesteia, prin fișiere de tip baze de date (.xls, .txt etc.), pentru scula disc, scula inelară, cilindro-frontală, scula tangențială;

◆ o foarte riguroasă determinare a influenței dimensiunilor diametrale (cazul sculei disc și inelare) asupra formei curbei caracteristice și, deci, a posibilităților reale de a realiza scula cu aceste dimensiuni;

◆ de asemenea, poziționarea axei sculei în raport cu axa suprafeței elicoidale, poate fi modificată simplu, punându-se în evidență problemele de interferență ale

canalului elicoidal cu suprafața periferică primară a sculei;

- ◆ precizia determinării profilurilor axiale a suprafețelor de revoluție – suprafețe periferice primare ale sculelor, disc, cilindro–frontală, inelară – este foarte bună, numărul de puncte considerate de aceste profiluri putând fi corelat cu necesitățile tehnologice ale execuției sculelor de ordinul II;

- ◆ profilarea sculei cilindrice pentru generarea suprafeței elicoidale (scula de rabotat) se realizează în baza unui algoritm având la bază principiul generării cu scula disc (sculă disc cu rază exterioară mare – $R_{ex} > 100000 \text{ mm}$);

- ◆ forma secțiunii transversale – profilul primar al cuțitului de rabotat, aproximat astfel, este deosebit de riguros pentru cerințele tehnice de profilare a acestui tip de sculă.

- ◆ Metodica, aplicabilă pentru o mare varietate de suprafețe elicoidale, este riguroasă, rapidă și sugestivă totodată.

- ◆ Metoda 3D pentru profilarea sculelor generatoare cu contact punctiform (**metoda cremalierii generatoare**), utilizând facilitățile mediului de proiectare CATIA, permite, cu ușurință, determinarea modelului 3D al suprafețelor periferice primare ale sculei melc, care generează prin înfășurare, prin metoda rulării, vârtejuri ordonate de suprafețe cilindrice sau elicoidale, asociate unei axoide circulare.

- ◆ Metoda a fost dezvoltată în baza teoremelor descompunerii mișcării elicoidale, facilitându-se astfel utilizarea comenzilor specifice mediului CATIA, cum ar fi *Trace*, *Projection*, *Sweep*, *Intersection*. Cele două exemple prezentate, dovedesc calitatea metodei prin capacitatea mediului grafic de a trasa rapid și foarte riguros traiectoriile de interferență, absolut necesare a fi evidențiate în elaborarea formelor periferice ale sculelor de tip cremalieră și a sculelor melc, precum și pentru modificările formelor constructive ale pieselor de generat, impuse de limitările procesului de generare cu scule de tip cremalieră sau scula melc.

- ◆ Metoda este deosebit de intuitivă, riguroasă și are capacitatea de a dezvolta rapid necesități de proiectare a sculelor (curbe de interferență, determinarea punctelor singulare, analiza punctelor caracteristice) care, prin metodele numerice clasice, sunt deosebit de dificile.

- ◆ Metoda modelării solide 3D a generării cu scula cremalieră, în mediul de proiectare CATIA, s-a făcut utilizând aplicații dezvoltate pentru această problemă.

S-au prezentat exemple de aplicare care dovedesc capacitatea metodei de a soluționa riguros problematica modelării 3D a generării cu o sculă cremalieră.

➤ Verificarea metodei grafice:

- ◆ Pentru verificarea metodei grafice în mediul grafic CATIA, pentru scule cuțit roată, s-a dovedit, numeric, identitatea între profilurile sculelor determinate prin cele două metode, analitică și grafică; diferențele între profilurile determinate este de nivelul $1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$, ceea ce dovedește calitatea metodei propuse în baza facilităților mediului de proiectare grafică CATIA;

◆ totodată, metoda grafică are avantajul unei mai ușoare punere în evidență a problemelor legate de apariția și extinderea curbilor de trecere, datorate punctelor singulare de pe profilurile în înfășurare. Mai mult, metoda grafică permite extragerea punctelor de pe proflurile sculelor, editarea acestora în format .txt, în vederea transmiterii acestei informații, în forma numerică, în sistemele CAD – CAM – CAI;

◆ rezultatele aplicării comparative a metodei CAD și analitică, pentru determinarea secțiunii axiale a sculei disc, generatoare a unei suprafețe elicoidale cilindrice și de pas constant, în cadrul exemplurilor prezentate, dovedește faptul că, cele două rezultate, grafic și analitic, sunt practic identice, subliniind, și pentru această aplicație, calitatea metodei grafice propuse;

◆ determinarea profilului secțiunii axiale a sculei melc, generatoare a arborelui hexagonal, reliefează faptul că, rezultatele numerice obținute prin cele două metode, grafică și analitică, sunt practic identice. Erorile de profil determinate prin cele două metode sunt de ordinul 10^{-3} mm, ceea ce dovedește calitatea metodei grafice de a rezolva riguros problematica profilării sculelor care generează prin înfășurare cu contact punctiform.

Metoda grafică dezvoltată în mediul de proiectare CATIA se bazează pe mecanisme de generare virtuală a profilului cremalierii de referință, imaginate în cadrul prezentei lucrări și, de asemenea, pe o metodă adecvată facilităților oferite de CATIA, pentru determinarea curbei caracteristice, la contactul unei suprafețe elicoidale cu o suprafață cilindrică.

Metoda grafică, dezvoltată în mediul de proiectare grafică CATIA, permite desfășurarea unor acțiuni de inginerie inversă, privind profilarea sculelor generatoare a suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant, suprafețe constituite a flancurilor rotoarelor compresoarelor elicoidale, care sunt cunoscute prin măsurarea efectivă, pe mașini de măsurat 3D.

Coordonatele punctelor măsurate pe profiluri au fost procesate prin programe numerice, existente implicit în CATIA și, ca urmare, rezultatul procesării poate fi influențat de tipul de curbă de substituire acceptat în program.

S-au modelat solizii melcilor, condus și conducător, și, ulterior, s-au determinat curbele caracteristice la generarea cu sculele mărginite de suprafețe de revoluție, scula disc și cilindro–frontală, reciproc înfășurătoare canalului rotoarelor compresorului elicoidal, în baza unui algoritm specific, dezvoltat în cadrul tezei, vezi capitolul 3.

Algoritmii au permis explicitarea numerică și grafică a secțiunilor axiale a sculelor generatoare, ca rezultat final al unei astfel de acțiuni.

8.2. Contribuții personale

Metoda grafică 3D, în mediul grafic de proiectare CATIA, dezvoltată în lucrarea de față, în scopul realizării unor algoritmi specializați pentru profilarea sculelor care generează prin înfășurare, în baza teoremei fundamentale a înfășurării suprafețelor, este destinată a acoperi o largă arie a problematicii specifice:

- ◆ profilarea sculelor care generează prin înfășurare, a vârtejurilor ordonate de suprafețe (profiluri) asociate unor centroide în rulare;
- ◆ profilarea sculelor pentru generarea suprafețelor elicoidale (scule mărginite de suprafețe de revoluție și suprafețe cilindrice);
- ◆ profilarea sculelor pentru generarea vârtejurilor de suprafețe cu contact punctiform (scula melc).

Considerăm că, în cadrul tezei de doctorat, s-au adus contribuții originale în plan teoretic și în plan informatic.

➤ **În plan teoretic:**

1. Sinteza unor algoritmi specifici pentru profilarea sculelor care generează prin rulare: scula cremalieră, cuțitul roată, cuțitul rotativ (**metoda mecanismelor de generare**), [90], [91], [92], [100];

2. Sinteza unor mecanisme virtuale de generare a traiectoriilor unor puncte și realizarea unei entități cinematice care să reproducă mișcarea de rulare a centroidelor în rulare (a piesei și a sculei) - *M.G.M.C. (Mecanism de Generare în Mediul CATIA)*;

3. S-au imaginat M.G.M.C. pentru *segmente de dreaptă, arc de cerc, curbe spline*;

4. M.G.M.C. permit trasarea profilurilor sculei (scula cremalieră, cuțit roată sau cuțit rotativ), de asemenea, a liniei de angrenare sau a traiectoriilor de interferență;

5. S-a dat o nouă interpretare a condiției de înfășurare, la contactul unei suprafețe elicoidale cu o suprafață de revoluție, în scopul utilizării unei comenzi specifice în CATIA (*Projection*) (**metoda proiecției normale a axei sculei**). Crearea unui algoritm specific, prin construcția virtuală 3D a suprafețelor pentru care se dorește aflarea profilului sculei disc înfășurătoare, [78], [79], [81];

6. Elaborarea de algoritmi specifici, dezvoltati în mediul grafic de proiectare CATIA, pentru profilarea sculelor de tip cilindro-frontal, inelară și tangențială, reciproc înfășurătoare unei suprafețe elicoidale, [85], [87], [88];

7. Imaginarea unui algoritm specific de profilare a sculei cilindrice reciproc înfășurătoare unei suprafețe elicoidale, prin înlocuirea acesteia cu o sculă disc de diametru suficient de mare ($D_{ex\ sculă} \geq 100000\ mm$), [82], [86];

8. S-a imaginat un algoritm de aplicare a metodei suprafeței intermediare (**metoda cremalierii generatoare**), utilizând principiul descompunerii mișcării elicoidale, cu scopul facilitării utilizării funcției de proiectare a unei drepte, *Projection*, în vederea determinării curbei caracteristice pe suprafața intermediară, [80];

9. S-au imaginat algoritmi specifici pentru modelarea generării cu scula cremalieră și scula disc, în scopul de a determina erorile geometrice transpuse pe semifabricatul virtual, ca urmare a unor erori de profilare ale sculelor, [83];

10. S-a verificat calitatea metodei grafice în mediul de proiectare CATIA, în raport cu metode analitice, [89], [93], [95], [96], [102];

11. S-au elaborat algoritmi specifici pentru rezolvarea unei probleme de inginerie inversă - profilarea sculei disc pentru suprafețe elicoidale cunoscute prin măsurare, [101].

12. În plan informatic:

13. A fost dezvoltat un produs informatic dedicat, realizat în limbajul VBA, bazat pe facilitățile integrate în CATIA, în care au fost sintetizate elementele unor mecanisme virtuale specifice (M.G.M.C.), pentru profiluri generate cu scule de tip cremalieră, cuțit roată și cuțit rotativ. Profilurile pentru care au fost realizate M.G.M.C. sunt profiluri rectilinii, circulare și profiluri compuse, [90], [91];

14. Aplicațiile create permit introducerea datelor de intrare și extragerea coordonatelor punctelor de pe profilurile generate (cu comanda *Design Table* sau printr-o aplicație proprie bazată pe VBA); de asemenea, coordonate ale liniei de angrenare și traiectoriilor de interferență;

15. Au fost realizate multiple aplicații pentru scule generatoare ale unor profiluri compuse: arbori canelați; dantură evolventică; bucă hexagonală; bucă cu caneluri triunghiulare; filetul unui șurub trapezoidal. Datele numerice pot fi extrase sub formă de fișiere tip .txt sau .xls;

16. Elaborarea unor produse soft, integrate în CATIA, în mediul *Generative Shape Design*, S.G.S.E. (Scule Generatoare a Suprafețelor Elicoidale), permit determinarea secțiunii axiale (forma șablonului de control, de asemenea, profilul sculei de ordinul doi) pentru scule de tipul: scula disc, scula cilindro-frontală, scula inelară cuprinzătoare; scula inelară tangențială, scula cilindrică, [83], [88];

17. Realizarea de aplicații pentru determinarea în formă grafică a formei sculelor generatoare pentru canalele sculelor așchietoare (alezor, lărgitor, burghiu elicoidal), dantură elicoidală evolventică, caneluri elicoidale, filet trapezoidal. Sunt prezentate, pentru fiecare caz, datele numerice ale formei profilurilor sculelor modelate;

1. Elaborarea unui produs soft, integrat în CATIA, pentru profilarea sculelor generatoare prin înfășurare cu contact punctiform (M.G.M.C. - S.G.S.E.). Realizarea de aplicații pentru profilarea sculei melc generatoare a unui arbore canelat și a unei roți dințate evolventice, [83], [101].

8.3. Direcții de dezvoltare a cercetării

- ◆ Elaborarea unor algoritmi și produse soft pentru studiul proceselor de angrenare a danturilor conice, a danturilor hipoide și a angrenajelor spiroidale;
- ◆ Elaborarea unor algoritmi și produse soft pentru studiul erorilor de generare;
- ◆ Sinteza unui produs soft integrat în CATIA care să includă toate aplicațiile specifice prezentate.

Bibliografie selectivă

- [1] Andrei L., *Studiul generării și comportării în funcționare a angrenajelor cilindrice cu dinți în arc de cerc, din materiale plastice*, Teză de doctorat, 2002;
- [2] Baicu I., *Graphic Algorithm To Profile Generating Tools By The Rolling Method Of Compound Profiles*, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iași, Tomul XLVIII (LII), Supliment I, 2002, Pag. 301 – 305;
- [3] Baicu I., *Cercetări privind utilizarea modelării 3D pentru algoritizarea profilării sculelor așchietoare*, Teză de doctorat, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 2002;
- [4] Baicu I., Oancea N., *Profilarea sculelor prin modelare solidă*, Ed. TEHNICA – INFO, Chișinău, 2002, ISBN 9975–3–172–X;
- [5] Beju L., Brândasu D., Muțiu D., *Methodology for the Design and Manufacturing of Helical Tools*, Proceedings of the 3rd International Conference on Manufacturing Science and Education, Sibiu, 2007, ISSN 1843–2522, Pag. 71–72;
- [6] Bouzakis K., Lili E., Michailidis N., Friderikos O., *Manufacturing of cylindrical gears by generating cutting processes: A critical synthesis of analysis methods*, CIRP Annals – Manufacturing Technology, Volume 57, Issue 2, 2008, DOI:10.1016/j.cirp.2008.09.001, Pag. 676 – 696;
- [7] Brândașu D. Beju I., *Bazele prelucrării suprafețelor și sculelor așchietoare*, Editura Universității „Lucian Blaga”, Sibiu, 2002;
- [8] Chen C. – K., Lin R. – Y., *A Study of Manufacturing Models for Ball–End Type Rotating Cutters with Constant Pitch Helical Grooves*, Springer – Verlag London Limited, 2001, Pag. 157–167;
- [9] Cozmâncă, M. ș. a., *Bazele așchierii*, Ed. Ghe. Asachi, Iași, 1995, ISBN 973–9173–23–5;
- [10] Cozmâncă M., Panait S., Constantinescu C., *Bazele generării suprafețelor pe mașini – unelte (partea I)*, Litografia I. P. Iași., 1992;
- [11] Epureanu Al. ș. a., *Tehnologia construcției de mașini*, București, Editura Didactică și pedagogică, 1983;
- [12] Epureanu Al., Dima M., Teodor V., Oancea N., *Cuțit pieptene pentru danturare*, Brevet de invenție nr. 122264, București, 2009;

- [13] Frumușanu G., Oancea N., Dura G., *Applications of Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids*, Proceedings of the International Conferences on Manufacturing Systems ICMaS, 2006, ISSN: 1842–3183, Pag. 303–306;
- [14] Frumușanu, G., *Algorithm And Soft To Evaluate The Errors Between Profiles Given Through Points*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Publicat de Universitatea Tehnică „Ghe. Asachi”, Iași, Tomul LII (LVI), fasc.5A, 2006, Pag. 119–123;
- [15] Ghionea I., *Module de proiectare asistată în CATIA V5 cu aplicații în construcția de mașini*, Editura BREN, București, Iulie 2004, ISBN: 973–648–317–7;
- [16] Ghionea I. *Utilisation Of Knowledge – Based Parametric Modeling In Engineering Design*, International Conference On Manufacturing Systems, Editura Academiei Române, Section 8, 2004, ISSN 0035–407, Pag. 579–582;
- [17] Ghionea A., Constantin G., Ghionea I., *Cutting Kinematics Analysis In Hypocycloidal Tooth Milling Of Cylindrical Gears*, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS, Published by Editura Academiei Române, 2006, ISSN 1842–3183, Pag. 121–124;
- [18] Ghiță E., Luigi R. M. & Rusu C. C., *The Gevolvent's – New Curves With Applications In Mechatronics And Robotics*, ModTech International Conference – New face of TMCR, Vol 1, 2011, Pag. 465;
- [19] Ghiță E., *Teoria și tehnologia suprafețelor poliforme*, Published by BREN, București, 2001, ISBN 973–8143–07–1, Pag. 29–42;
- [20] Goanță A. M., *Modern Methods of Calculation and Modeling of the Cylindrical Gears*, ModTech International Conference – New face of TMCR, Iasi, 2010, ISSN 2066–3919, Pag. 307–310;
- [21] Grămescu Tr., Slătineanu L., Pruteanu O., Marin A., *Tehnologii de danturare a roților dințate*, Editura Universitas, Chșinau, 1993;
- [22] Ilie S., *Contribuții privind generarea prin rulare fără alunecare a profilelor neevolvenice*”, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, 2004;
- [23] Jiang Zhu, *Machining Feature Based Geometric Modeling of Twist Drills*, A Thesis in The Department of Mechanical & Industrial Engineering, Concordia University Montreal, Quebec, Canada, August 2011;
- [24] Lashnev S., Yulikov I., *Proektirovanie rezhushchei chasti instrumenta s primeneniem EVM (Computer Aided Design of the Cutting Parts of Tools)*, Moskow, Machinostroenie, 1980;
- [25] Lazanu V., Teză de doctorat, *Distribuția tensiunilor la roțile dințate conice cu dantură în arc de cerc*”, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iasi, 2000;

- [26] Lăzărescu, D., I., *Calculul și construcția sculelor așchietoare*, Editura Tehnică, București, 1961;
- [27] Lee J. N., Huang C. B., Chen T. C., *Toolpath generation method for four – axis NC machining of helical rotor*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 31, Issue 2, 2008, Pag. 510–517;
- [28] Litvin, F., L., Fuentes, A., Fan, Q., Handschuh, R., F., *Simulation Of Meshing And Contact And Stress Analysis Of Face – Milled Formate Generated Spiral Bevel Gears*, Mechanism and Machine Theory, 37, 2002, Pag. 441–459;
- [29] Litvin F. L., Ignacio G. P., Alfonso F., ș. a., *Design, generation and stress analysis of face – gear drive with helical pinion*, Elsevier, Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 194, 2005, Pag. 3870–3901;
- [30] Litvin F. L., Alfonso F. A., Ignacio G. P. and Kenichi Hayasaka, *Noncircular Gears: Design and Generation*, Cambridge University Press, 2009, ISBN–13 978–0–511–60521–5;
- [31] Litvin F. L., Ignacio G. P., Alfonso F., *Generalized concept of meshing and contact of involute crossed helical gears and its application*, Elsevier Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 194, 2005, Pag. 3710–3745;
- [32] Liukshin V. S., *Theory of Screw Surfaces in Cutting Tool Design*, Machinostroyeniye, Moscow, 1968;
- [33] Makarov V. M., *Model for Regulating the Shaping Precision of Helicoid Surfaces in the Design of Machine – Tool Systems*, Russian Engineering Research, Vol. 29, No. 3, 2009, ISSN 1068–798X, DOI: 10.3103/S1068798X09030204;
- [34] Makarov V. M. and Kosterin A. S., *Simulation of the Working Surface of a Grinding Wheel in Complex Gear Cutting*, Russian Engineering Research, Vol. 28, No. 11, 2008, ISSN 1068–798X, DOI: 10.3103/S1068798X0811021X, Pag. 1125–1128
- [35] Minciu C., Străjescu, ș. a., *Scule așchietoare, Îndrumar de proiectare*, Editura Tehnică, București, 1995;
- [36] Minciu C., Ioan Gheorghe Sandu, Ghionea A., Constantin G., *Analytical study of the profile roughness of the flanks in generation of cylindrical gears*, The International Conference of Advanced Manufacturing Technologies, Sibiu, 2007, Pag. 329–336;
- [37] Minciu C., Croitoru S. M., Ilie S., *Numeric Applications Regarding Determination Of The Complementary Profiles In Gear Hobbing*, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS, Published by Editura Academiei Române, 2006, ISSN 1842–3183, Pag. 315–318;

- [38] Mohan L. V., Shunmugam M. S., *Simulation of whirling process and toolprofiling for machining of worms*, Journal of Materials Processing Technology, Volume 185, Issues 1 – 3, 2007, DOI:10.1016/j.jmatprotec, 2006, Pag. 191–197;
- [39] Muțiu N. C., *Contribuții privind proiectarea și prelucrarea asistată de calculator a unor scule cu canale profilate, pentru prelucrarea alezajelor*, Teză de doctorat, Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu, 2007;
- [40] Nankov G., Ivanov V., *Method And Specialized Cad System For Profiling Of Rotational Tools Used For Forming Of Helical Surfaces*, International Science Conf. CO–MAT–TECH'97, Trnava, Slovak Republic, 1997, Pag. 517–520;
- [41] Nedelcu D., *Contribuții Teoretice și Experimentale Asupra Formării prin Deformare Plastică la Rece a Canelurilor*, Teză de doctorat, 1998;
- [42] Oancea N., Frumușanu G., *Algorithm To Profile Rack–Tool For Profiles Known In Discrete Form By Using Bezier Polynomial Approximations*, Proceedings Of The International Conference On Manufacturing Systems ICMaS, Editura Academiei Române, Bucharest, 2008, ISSN 1842–3183, Pag. 235 – 238;
- [43] Oancea N., *Generarea suprafețelor prin înfășurare*, The „Dunărea de Jos” Publishing House, Galați, Vol. I, II, 2004, ISBN 973–627–106–4;
- [44] Oancea N., *Méthode numérique pour l'étude des surfaces enveloppées*, Mechanism and Machine Theory, vol. 31, no 7, 1996, Pag. 957 – 972;
- [45] Oancea N., Baicu I., *Grafhic Algorithm To Profile Generating Tools By The Rolling Method Of Compound Profiles*, Universitatea Tehnică „Ghe. Asachi”, Iași, Tomul XLVIII (LII), Supliment I, 2002, Pag. 171 – 174;
- [46] Panagiotis Kyratsisa, Nikolaos Bilalis, Aristomenis Antoniadis, *CAD – based simulations and design of experiments for determining thrust force in drilling operations*, ScienceDirect Computer–Aided Design, Volume 43, Issue 12, 2011, DOI:10.1016/j.cad.2011.06.002, Pag. 1879 – 1890;
- [47] Pătrașcu G., *3D Simulation Of Turning Process Using Fem Software*, International Conference On Manufacturing Systems, Editura Academiei Române, Section 3, 2004, ISSN 0035–407, Pag. 297 – 300;
- [48] Petukhov Yu. E. And A. V. Movsesyan, *Determining the Shape of the Back Surface of Disc Milling Cutter for Machining a Contoured Surface*, Russian Engineering Research, Vol. 27, No. 8, DOI: 10.3103/S1068798X07080084, ISSN 1068 – 798X, Pag. 519–521;
- [49] Pottmann H. and T. Randrup, *Rotational and Helical Surface Approximation for Reverse Engineering*, Springer – Verlag, Computing, 60, 1998, Pag. 307 – 322;
- [50] Pruteanu O., Epureanu Al., Bohosievici C., Gyenge Cs., *Tehnologia fabricării mașinilor*, Editura Didactica, 1981;

- [51] Puneet Tandon, Md. Rajik Khan, *Three dimensional modeling and finite element simulation of a generic end mill*, Elsevier, Computer – Aided Design, 41, 2009, Pag. 106 – 114;
- [52] Radzevich S., P., *Kinematics Geometry of Surface Machining*, CRC Press, London, 2008, ISBN 978-1-4200-6340-0;
- [53] Raicu L., Ioniță E., Vasilescu I. A., *Computer Aided Design Of Involute Gear Cutter*, International Conference On Manufacturing Systems, Buchraest Editura Academiei Române, Section 8, 2004, ISSN 0035-407, Pag. 603 – 606;
- [54] Rodin R., Osnovy P., *Proektirovania Rezhushchikh Instrumentov (Basics of design of Cutting Tools)*, Kiev: Vishcha Shkola, 1990;
- [55] Slătineanu L., Grănescu T., ș.a., *Tehnologii de prelucrare pe mașini de alezat și frezat*, Editura Ghe. Asachi, Iași, 1997;
- [56] Stetiu G. ș.a., *Teoria și practica sculelor așchietoare, Elemente de teoria așchierii metalelor*, Sibiu, Editura Universității, Vol. I, 1994;
- [57] Străjescu E., Constantin Dogariu, Olimpia Pavlov And Dumitru D., *Contributions Concerning The Computer Aided Control Of The Fellows' Cutter*, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Tomul LVI (LX), Fasc. 2, 2010, Pag. 31 – 39;
- [58] Șoaită D., Chetan P., *Techniques CAD – CAM For Cloaks Surfaces Generatio*, International Conference On Manufacturing Systems, Bucharest, Editura Academiei Române, Section 8, 13, 2004, ISSN 0035-4074, Pag. 611 – 614;
- [59] Teodor V., Oancea N., Dima M., Oancea V. G., *Discontinuity Points on Cutting Tools Using the Virtual Extension Method*, WMSCI – The 10th World Multi – Conference on Systematics, Cybernetics and Informatics, PROCEEDINGS, Volume IV, 2006, ISBN 980-6560-69-8, Pag. 239 – 244;
- [60] Teodor V. G., *Contribuții la elaborarea unei metode pentru profilarea sculelor care generează prin înfășurare*, Teză de doctorat, 2005;
- [61] Teodor V. G., *Contribution to elaboration method for profiling tools wich generate by enveloping*, Lambert Academic Publishing, 2010, ISBN 978-3-9433-8261-8;
- [62] Teodor V., Oancea N., Dima M., *Profilarea sculelor prin metode analitice*, The „Dunărea de Jos” Publishing House, Galați, 2005, ISBN (10) 973-627-333-4, ISBN (13) 978-973-627-333-9;
- [63] Totolici S., *Studiul angrenajului melcat spiroidal cilindric cu melc cu flancuri compozite*, Editura didactică și pedagogică, București, 2008;
- [64] Veliko Ivanov, Gentcho Nankov, Vanio Kirov, *CAD orientated mathematical model for determination of profile helical surfaces*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 38, Issue 8, 1999, DOI:10.1016/S0890 – 6955(98)00002 – 9, Pag. 1001 – 1015;

- [65] Veliko Ivanov and Gentcho Nankov, *Profiling Of Rotation Tools For Forming Of Helical Surfaces*, „International Journal of Machine Tools & Manufacture”, Elsevier Science, Pergamon, Vol.38, N9, 1998, Pag. 1125 – 1148;
- [66] Voicu S.M. și Muiu N. C., *Solid_Pro – software pentru reprezentarea virtual tridimensională a sculei aschietoare prelucrate pe MU – CN în vederea verificării sale din punct de vedere geometric și dimensional*, Sibiu, System V & SRL, 2003;
- [67] Yurasov S. Yu., *Tool Positioning Parameters at Processing Conical Helical Surfaces*, Russian Engineering Research, Vol. 27, No. 4, 2007, ISSN 1068 – 798X, DOI:10.3103/S1068798X07040132, Pag. 226–228;
- [68] Yuwen Sun & Jun Wang & Dongming Guo & Qiang Zhang, *Modeling and numerical simulation for the machining of helical surface profiles on cutting tools*, Springer – Verlag London Limited, 2006, DOI 10.1007/s00170 – 006 – 0860 – 4, Pag. 448–456;
- [69] Yuwen S., Jun W., Dongming G., Qiang Z., *Modeling and Numerical Simulation for the Machining of Helical Surface Profiles on Cutting Tools*, International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, Vol. 36, 2008, Pag. 525 – 534;
- [70] Zapciu M., Mitache A., Ștefan S., *Modelling Slides And Joints In Machine Tool Domain Using 3d Cad Software*, Proceedings Of The International Conference On Manufacturing Systems ICMAS, Editura Academiei Române Bucharest, 2008, ISSN 1842 – 3182, Pag. 371 – 374;
- [71] Zhang W., Wang X., He F., Xiong D., *A Practical Method of Modelling and Simulation for Drill Fluting*, International Journal of Machine Tools Manufacturing, Vol. 46, 2006, Pag. 525 – 672;
- [72] *** SolidWorks, Website: <http://www.solidworks.com/>;
- [73] *** SolidEdge, Website:
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/velocity/solidedge/;
- [74] *** CATIA V5 release 17, CATIA V5. Computer Aided Design (CAD) software. Dassault systems. France, Website: <http://www.3ds.com/>;
- [75] *** LibreOffice, <http://www.libreoffice.org/>;
- [76] *** Tools Wizard GmbH (Switzerland) și SC System V& SRL Romania Technical Software, <http://www.tools-wizard.com/index.php>. și <http://www.systemv.ro/>
- [77] *** AutoCAD, Autodesk, <http://usa.autodesk.com/autocad/>

Lucrări publicate în cadrul tezei

- [78] **Berbinschi S.**, Teodor V. and Oancea N., *A study on helical surface generated by the primary peripheral surfaces of ring tool*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, DOI: 10.1007/s00170 – 011 – 3687 – 6 <http://www.springerlink.com/content/2560671327587214> ;
- [79] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., *3D graphical method for profiling tools that generate helical surfaces*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, DOI: 10.1007/s00170 – 011 – 3637 – 3, <http://www.springerlink.com/content/g2118838442xj351/> ;
- [80] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., *3D Graphical Method for Profiling Gear Hob Tools*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, DOI: 10.1007/s00170-012-3989-3 Springerlink, 2012, <http://www.springerlink.com/content/20w2871674056j08/> ;
- [81] **Berbinschi S.**, Teodor V., Baroiu N., Oancea N., *Ring Tangential Tool Topological Representation of Peripheral Surfaces*, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Volume I, 2011, pag. 11-19, ISSN 1221-4566, METADEX®, CSA Engineering Research Database, CSA Mechanical & Transportation Engineering Abstracts, CSA Copper Data Center Database, http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2011/V1/L02_Berbinschi.pdf ;
- [82] **Berbinschi S.**, V. Teodor, N. Oancea, *A 3D Method for Profiling the Shaping Tool for the Generation of Helical Surfaces*, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Volume I, 2011, pag. 19-24, ISSN 1221-4566, METADEX®, CSA Engineering Research Database, CSA Mechanical & Transportation Engineering Abstracts, CSA Copper Data Center Database, http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2011/V1/L03_Berbinschi.pdf ;
- [83] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., *A Graphical Method Developed in the CATIA Design Environment for the Modeling of Generation by Enveloping*, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Volume I, 2011, pag. 25-30, ISSN 1221-4566, METADEX®, CSA Engineering Research Database, CSA Mechanical & Transportation Engineering Abstracts, CSA Copper Data Center Database, http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2011/V1/L04_Berbinschi.pdf ;
- [84] Baroiu N., Teodor V., **Berbinschi S.**, Oancea N., *Multi – flute helical drills, the modeling of hyperboloid sharpening method back faces*, Proceedings of International Conference on Innovative Technologies, IN_TECH 2011, Bratislava, Slovachia, ISBN 978 – 80 – 904592 – 6 – 4, Pag. 37 – 41, http://www.in-tech.info/page_assets/doc/Schedule_of_IN-TECH_Conference_2011.pdf;

- [85] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., *3D method in CATIA design environment for end mill tool's profiling*, 15th International Conference ModTech 2011, Chișinău, ISSN 2069-6736, Pag. 81 – 84, http://www.modtech.ro/2011/technical_program_overview.pdf ;
- [86] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., *A 3D method for profiling the shaping tool for generation of the helical surfaces*, Proceedings of the 5th International Conference on Manufacturing Science and Education – MSE 2011, Editura Universității "Lucian Blaga" din Sibiu, ISSN 1843 – 2522, Pag. 281 – 284, <http://conferences.ulbsibiu.ro/mse/materiale/Conference%20Program%20MSE%202011.pdf>;
- [87] **Berbinschi S.**, Teodor V., Baroiu N., Oancea N., *The topological representation of the primary peripheral surfaces of ring tool which generate a helical surface*, Buletinul Institutului politehnic din Iași, Publicat de Universitatea Tehnică Ghe. Asachi din Iași, Secția Construcții de mașini, Tomul LVII(LXI), Fasc. 4, 2011, Editura Politehnicum, ISSN 1911 – 2855, Pag.1 – 8, <http://www.cm.tuiasi.ro/docs/CM%202011%20fasc%204%20romana.pdf>;
- [88] **Berbinschi S.**, Baroiu N., Teodor V., Oancea N., *A Profiling Method For Secondary Order Tool For Drill Manufacturing*, The International Conference NEWTECH 2011 on Advanced Manufacturing Engineering, Brno, Czech Republic, ISBN 978 – 80 – 214 – 4267 – 2, Pag. 57 – 62, http://newtech.fme.vutbr.cz/data/newtech2011_final_programme.pdf http://www.cmrs.ugal.ro/Research/ID_791/lista_lucrari_2011.html ;
- [89] Frumusanu G., **Berbinschi S.**, Oancea N., *Disc tool profiling – a comparison between CAD method and analytical method*, Proceedings in Manufacturing Systems, Vol.6, Issue 1, 2011, Romanian Academy, Bucuresti, ISSN 2067 – 9238, Pag. 37 – 42, http://edition2011.icmas.eu/Program_ICMAS_2011_FINAL.pdf ;
- [90] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., *Kinematical Method for Rack – gear Tool's profiling in CATIA Design Environment*, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, ISSN2967 – 3604, Vol II, No 2, 2010, Pag. 23 – 30, http://www.modtech.ro/vol2no22010/Silviu_Berbinschi.pdf, <http://www.scribd.com/doc/47971856/Rack-Gear-Tool-Profiling> ;
- [91] **Berbinschi S.**, Teodor V., Dumitrașcu N., Oancea N. *Contributions to the Elaborations of a Graphical Method for Profiling of Tools Which Generate by Enveloping, I - Algorithms*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LVI (LX), fascicula 2, secția Construcții de Mașini, 2010, ISSN 1011 2855, Pag. 41 – 48, http://www.cm.tuiasi.ro/docs/CM_fasc.2_2010.pdf ;
- [92] **Berbinschi S.**, Teodor V., Dumitrașcu N., Oancea N., *Contributions to the Elaborations of a Graphical Method for Profiling of Tools Which Generate by Enveloping, II - Application for Rack Gear Tool's Profiling*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LVI (LX), fascicula 2, secția Construcții de Mașini, 2010, ISSN 1011 2855, Pag. 49 – 56,

http://www.cm.tuiasi.ro/docs/CM_fasc.2_2010.pdf ;

- [93] Frumușanu G., **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., ***Gear – Type Tool Profiling –A Comparison Between A Cad Method And The Analytical Method***, ICMA S București 2010, Proceedings in manufacturing systems, Vol 5, 2010, No 2, , ISSN 2067–9238, Pag. 61 – 66,
http://icmas.eu/Volume5_No2_2010.htm#pp._61-66 ;
- [94] Baroiu N., **Berbinschi S.**, Teodor V., Fetecău C., Oancea N., ***Hyperboloidal sharpening method for multi-flute curved edges drills***, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Technologies in machine Building , ISSN 1221 – 4566, 2010, Pag. 117 – 124,
http://www.tcm.ugal.ro/TMB/2010/L17_Fascicula%20V_2010_Baroiu_Berbinschi.pdf ;
- [95] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., ***Comparison Between CAD Method and Analytical Method –Rotary Cutter Tool’s Profiling***, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Technologies in machine Building, ISSN 1221 – 4566, 2010, Pag. 23 – 28,
http://www.tcm.ugal.ro/TMB/2010/L03_Fascicula%20V_2010_Berbinschi_Teodor.pdf ;
- [96] **Berbinschi S.**, Teodor V., Oancea N., ***Comparison Between CAD Method and Analytical Method – Rack – Gear Tool’s Profiling***, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Technologies in machine Building, ISSN 1221 – 4566, 2010, Pag. 57 – 64,
http://www.tcm.ugal.ro/TMB/2010/L08_Fascicula%20V_2010_Berbinschi_Teodor.pdf;
- [97] Dima M., **Berbinschi S.**, Dumitrașcu N., Oancea N., ***A New of Major Cutting Edge of Helical Drill***, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Technologies in machine Building, 2008, ISSN 1221 – 4566, Pag. 29 – 33, http://www.tcm.ugal.ro/Cercetare/PNII_656/Documente%20raportare/A%20New%20Form%20of%20Major%20Cutting%20Edge%20of%20Helical%20Drill.pdf ;
- [98] Baroiu N., Teodor V., **Berbinschi S.**, Oancea N., ***The Methodology To Generate A Helical Flute For Drill With Curved Cutting Edge, Using Sv& Toolbox Environment***, Proceedings of The 16th International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation - ModTech & Hellip Politehniun Publishing House, 2012, ISSN 2069-6736,
<http://www.modtech.ro/ijpapers.php> - în curs de publicare;
- [99] Baroiu N., **Berbinschi S.**, Teodor V., Urse C., ***Modelling And Simulation Of The Manufacturing Of A Twisted Drill With Three Curved Cutting Edges, Using The Sv& Toolbox Software***, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Volume II, 2011, pag. 95-102, ISSN 1221-4566,
http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2011/V2/L02_Baroiu.pdf ;

- [100] **Berbinschi S.**, Santos Martin F.J., Baroiu N., Teodor V., *Topological Representation Of Rotating Cutter Reciprocally Enveloping With A Helical Surface*, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Volume II, 2011, pag. 103-106, ISSN 1221-4566,
http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2011/V2/L03_Berbinschi.pdf ;
- [101] **Berbinschi S.**, Teodor V., Baroiu N., Oancea N., *Profiling Methodology For Side Mill Tools For Generation Of Helical Compressor Rotor Using Reverse Engineering*, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Volume II, 2011, pag. 111-116, ISSN 1221-4566,
http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2011/V2/L05_Berbinschi.pdf ;
- [102] **Berbinschi S.**, Teodor V., Baroiu N., Oancea N., *Enwrapping Surfaces With Point Contact — Comparisson Between CATIA Method And Analitical One* The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galati, Fascicle V, Volume II, 2011, pag. 111-116, ISSN 1221-4566,
http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2011/V2/L06_Berbinschi.pdf .

Ing. Silviu Berbinschi



Funcția: 2012 – Asistent Universitar la Departamentul Organe de Mașini și Grafică a Facultății de Mecanică, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați;

Cunostințe Software:

CAD: CATIA V5, AutoCAD, SolidEdge, SolidWorks, Inventor;

Office: LibreOffice, Microsoft Office;

Informatică: VBA, AutoLisp, Ubuntu Linux;

Limbi străine cunoscute: Engleză – nivel mediu,
Greacă – nivel mediu;

email: sberbinschi@ugal.ro ; sberbinschi@yahoo.com

Mobil: 0740571227