



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007 - 2013

SLAVICI TITUS

GUBENCU DINU

TEHNICI MODERNE DE UTILIZARE A COMENZII NUMERICE ASISTATE DE CALCULATOR PENTRU OPTIMIZAREA PRELUCRĂRII MATERIALELOR

Material suport realizat în cadrul proiectului:

**Echipamente flexibile și modulare de conducere numerică a proceselor
tehnologice, cu aplicații în realizarea echipamentelor didactice și a
echipamentelor pentru prelucrarea materialelor și nanotehnologii**

ID PROIECT 2.3.1

***Programul Operațional Sectorial „Creșterea
Competitivității Economice”***

Axa prioritară 2: Competitivitate prin Cercetare, Dezvoltare

Tehnologică și Inovare

**Operațiunea: 2.3.1 Sprijin pentru Start-up-urile și Spin-off-urile
inovative**

EDITURA FUNDATIEI IOAN SLAVICI

Timișoara

2010

Cuprins

Cap 1 Considerații asupra algoritmilor utilizați în cazul implementării soft a echipamentelor de conducere a mașinilor-unelte cu comandă numerică.....	3
1.1 Considerații generale.....	3
1.2 Realizarea interpolării liniare.....	3
1.3 Interpolare circulară.....	5
Cap 2.Programarea asistată de calculator a mașinilor-unelte cu comandă numerică.....	7
2.1 Proiectarea asistată în CATIA V5	7
2.1.1 Proiectarea pieselor utilizând aplicația Part Design	10
2.1.2 Proiectarea tehnologiei de prelucrare prin strunjire cu aplicația Lathe Machining	20
2.2 Proiectarea tehnologică cu programul VisualMill.....	32
2.2.1 Interfața VisualMill.....	32
2.2.2 Succesiunea etapelor de programare.....	33
2.2.3 Metode de prelucrare disponibile în VisualMill.....	36
2.2.3.1 Operații de frezare în 3 axe.....	37
2.2.3.2 Operații de frezare în 2½ axe.....	46
2.2.4 Metodologia de proiectare a tehnologiei de frezare în 3 axe.....	52
2.2.4.1 Crearea semifabricatului.....	52
2.2.4.2 Crearea sculelor.....	55
2.2.4.3 Stabilirea avansurilor și a vitezelor de așchiere.....	57
2.2.4.3 Crearea operațiilor de frezare.....	61
2.2.4.4 Simularea operațiilor de frezare.....	66
2.2.4.5 Post-procesarea.....	69
Cap 2 Considerații asupra algoritmilor utilizați în cazul implementării soft a echipamentelor de conducere a mașinilor-unelte cu comandă numerică	72
2.1 Considerații generale.....	72
2.2 Realizarea interpolării liniare.....	72
2.3 Interpolare circulară.....	74

Cap 1 Considerații asupra algoritmilor utilizați în cazul implementării soft a echipamentelor de conducere a mașinilor-unelte cu comandă numerică

1.1 Considerații generale

Datorită importanței covârșitoare pe care o au algoritmi de interpolare folosiți la realizarea preciziei poziționărilor și traiectoriilor se prezintă bazele algoritmice utilizate la elaborarea pachetelor de programe.

S-au considerat următorii algoritmi:

-algoritmi de tip ADN

-algoritmi bazați pe calculul unui discriminant, în funcție de semnul căruia se apreciază poziția punctului curent al traiectoriei approximate față de curba reală;

-algoritmul diferenței coordonatelor, bazat pe emiterea de impulsuri pe cele două axe cu o frecvență comandată după o anumită lege;

-algoritmi cu calculul direct al funcției prin metoda octanților.

În continuare se abordează algoritmul bazat pe calculul unui discriminant, algoritm utilizat cu bune performanțe la conducerea cu calculatorul a mașinilor de prelucrare prin electroeroziune cu electrod filiform

1.2 Realizarea interpolării liniare

Fundamentul acestui algoritm este calculul unui discriminant D adecvat, al cărui semn precizează poziția punctului curent al traiectoriei față de conturul nominal de prelucrat.

Schema de principiu este prezentată în *figura 8.8* în care s-au utilizat aceleași notații cu cele utilizate în cadrul sursei în limbajul C, prezentate la sfârșitul acestei lucrări.

x_{54} , y_{54} - coordonatele punctului inițial (punctul de început al interpolării liniare);

x_{64} , y_{64} - coordonatele punctului final (punctul de sfârșit al interpolării liniare);

Coefficientul unghiular al dreptei definite astfel prin două puncte este evident

$$panta = \arctg \left(\frac{y_{64} - y_{54}}{x_{64} - x_{54}} \right);$$

Se definește variabila suplimentară sm care are valoarea:

1 - în cazul în care $panta < 0$, corespunzând deci unghiului cu valori în intervalul $(90, 180)$ grade;

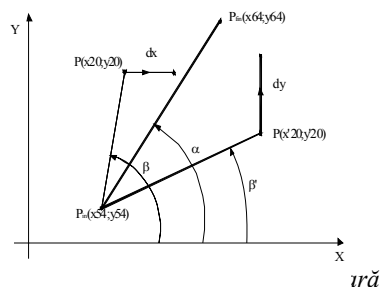
-1 - în cazul în care $panta \geq 0$, corespunzând deci unghiului cu valori cuprinse în intervalul $[0, 90]$ grade;

Se consideră un punct curent P , de coordonate x_{20}, y_{20} , propunându-ne în continuare să determinăm poziția acestuia față de segmentul $P_{in}P_{fin}$; evident că să se poate defini un nou segment de dreaptă $P_{in}P$, al cărei coeficient unghiular m este definit de relația:

$$m = \arctg \left(\frac{y_{20} - y_{54}}{x_{20} - x_{54}} \right)$$

Mecanismul interpolării liniare impune testarea continuă a poziției punctului P și corectarea poziției sale cu pași astfel determinați încât să se asigure readucerea pe segmentul nominal P_{in}, P_{fin} ; în cazul punctului P , este evident că această readucere se face prin intermediul unui segment dx paralel cu axa x ; pentru comparație se prezintă pe aceeași figură cazul unei poziții P' , la care readucerea pe segmentul $P_{in}P_{fin}$ se face prin intermediul unui segment dy , paralel cu axa y .

Se pune problema determinării unui criteriu de apreciere a necesității de a se face corecția pe axa x sau axa y ;



Se definește discriminantul

$$\Delta = sm * ((x_{64} - x_{54}) * (y_{20} - y_{54}) - (y_{64} - y_{54}) * (x_{20} - x_{54}));$$

În cazurile în care $\Delta > 0$ sau segmentul de interpolare este paralel cu axa y , se comandă efectuarea unui pas pe axa y , în caz contrar comandându-se efectuarea unui pas pe axa x .

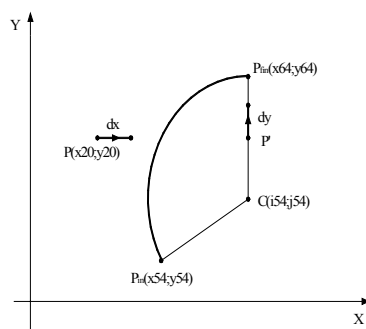
Observație: sensul mișcării se determină aprioric lansării algoritmului de interpolare prin setarea unor variabile de sens, aferente celor două axe, și anume:

$se1 = 1$ pentru $x_{54} < x_{64}$ și -1 în caz contrar

$se2 = 1$ pentru $y_{54} < y_{64}$ și -1 în caz contrar

1.3 Interpolare circulară

Schema de principiu este prezentată în figura 1.2.



2.1.1.1 Fig 1.2 Interpolarea circulară

Problema este asemănătoare cu interpolarea liniară, dar în această situație trebuie determinat un alt criteriu care să determine condiția de efectuare a unui pas pe axa x sau axa y. Criteriul utilizat va fi comparația distanței de la punctul studiat la centrul cercului cu raza acestuia:

-astfel în cazul punctului P, de coordonate x_{20}, y_{20} , distanța P_c este mai mare decât raza cercului impunându-se efectuarea unui pas de corecție dx paralel cu axa x;

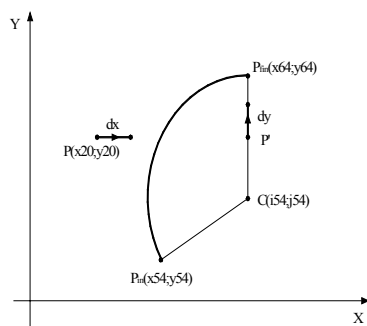
-în cazul punctului P', distanța sa până la centrul C al cercului este mai mică decât raza, și în această situație se impune efectuarea unui pas de corecție dy paralel cu axa y;

Aceste raționamente au condus la determinarea următoarei expresii pentru discriminatul delta:

$$\begin{aligned} \text{delta} = & ((x_{20} - i_{54}) * (x_{20} - i_{54}) - (x_{54} - i_{54}) * (x_{54} - i_{54}) \\ & + (y_{20} - j_{54}) * (y_{20} - j_{54}) - (y_{54} - j_{54}) * (y_{54} - j_{54})) * \text{cadrán}; \end{aligned}$$

Interpretarea semnului delta este identică cu situația interpolării liniare;

În paragraful următor este listat conținutul funcției C++ care implementează algoritmi de interpolare implementați anterior.



2.1.1.2 **Figura 8.9 Interpolarea circulară**

Problema este asemănătoare cu interpolarea liniară, dar în această situație trebuie determinat un alt criteriu care să determine condiția de efectuare a unui pas pe axa x sau axa y. Criteriul utilizat va fi comparația distanței de la punctul studiat la centrul cercului cu raza acestuia:

-astfel în cazul punctului P, de coordonate x_{20}, y_{20} , distanța P_c este mai mare decât raza cercului impunându-se efectuarea unui pas de corecție dx paralel cu axa x;

-în cazul punctului P', distanța sa până la centrul C al cercului este mai mică decât raza, și în această situație se impune efectuarea unui pas de corecție dy paralel cu axa y;

Aceste raționamente au condus la determinarea următoarei expresii pentru discriminatul delta:

$$\begin{aligned} \text{delta} = & ((x_{20} - i_{54}) * (x_{20} - i_{54}) - (x_{54} - i_{54}) * (x_{54} - i_{54}) \\ & + (y_{20} - j_{54}) * (y_{20} - j_{54}) - (y_{54} - j_{54}) * (y_{54} - j_{54})) * \text{cadrant}; \end{aligned}$$

Interpretarea semnului delta este identică cu situația interpolării liniare;

În paragraful următor este listat conținutul funcției C++ care implementează algoritmi de interpolare implementați anterior.

2.

Programarea asistată de calculator a mașinilor-unelte cu comandă numerică

2.1 Proiectarea asistată în CATIA V5

Programarea asistată de calculator a mașinilor-unelte cu comandă numerică are drept obiectiv elaborarea programului-piesă pornind de la planul de operații al reperului ce urmează a fi executat, utilizând pentru aceasta calculatorul electronic în regim conversional.

Dezvoltarea în mai multe direcții a programării asistate de calculator a dus la apariția câtorva zeci de limbaje de programare implementate pe diferite sisteme de calculatoare.

În esență acestea cuprind un set de definiții geometrice cu care se poate acoperi, mai mult sau mai puțin satisfăcător, geometria plană (2D) și, parțial, cea în spațiu (3D) și un al doilea set de ordine de mișcare cu ajutorul cărora se generează deplasări ale subsansamblelor mobile ale MUCN. Această parte constituie procesorul propriu-zis care generează un set de date într-o anumită formă intermediară.

Pentru ca aceste date să poată fi exploatate în scopul generării unor programe în sensul arătat în exemplele de la paragrafele anterioare, trebuie apelate anumite programe specializate numite postprocesoare sau simulatoare; acestea deci, preiau informațiile din forma intermediară generată de procesorul propriu-zis și le prelucrează generând fraze în concordanță cu particularitățile sintactice ale echipamentului de comandă numerică.

Sistemele integrate CAD/CAM s-au dezvoltat și impus în ultimii ani; în esență se realizează o îmbinare intimă între cele două laturi adiacente și totodată complementare:

- latura de proiectare constructivă (proiectare propriu-zisă) – CAD (Computer Aided Design);
- latura de proiectare (realizare) tehnologică – CAM (Computer Aided Manufacturing).

Pentru realizarea unui prototip virtual, modulul CAD generează modele – reprezentări grafice ale obiectelor de prelucrat – și cunoștințe – informații legate de procesul de fabricație, necesare modulului CAM. Cunoștințele se pot regăsi în structura arborescentă generată în procesul de concepție al unui model particular sau pot avea aplicabilitate generală, fiind precizate sub forma unor algoritmi, sisteme expert etc.

Programul **CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Applications) Version5**, realizat de *IBM* și *Dessault Systems* reprezintă la ora actuală liderul mondial pe piața software CAD/CAM//CAE, având aplicații în domenii diverse, de la industria construcțiilor de mașini, la industria aeronautică și de automobile. El dispune de o documentație *on-line* amănunțită, a cărei pagină de gardă familiarizează din start utilizatorul, cu modulele integrate ale sale, prezentate în coloana din dreapta (*figura 2.1*).














Figura 2.1 Documentația on-line – Home page

În continuare se va insista pe prezentarea aplicațiilor a două dintre aceste module, și anume **Mechanical Design**, proiectarea asistată a produselor și **NC Manufacturing**, concepția proceselor tehnologice și fabricația asistate de calculator.

Modulul **Mechanical Design** cuprinde aplicațiile prezentate în *tabelul 2.1*.

Tabelul 2.1 Aplicațiile modului Mechanical Design





<i>Nr. crt.</i>	<i>Pictogramă</i>	<i>Denumirea aplicației</i>	<i>Rolul aplicației</i>
1.		<i>Part Design</i>	proiectarea 3D a pieselor
2.		<i>Assembly Design</i>	proiectarea ansamblurilor utilizând piesele componente
3.		<i>Interactiv Drafting</i>	realizarea desenelor 2D
4.		<i>Generative Drafting</i>	realizarea desenelor de execuție a reperelor 3D anterior modelate
5.		<i>Sketcher</i>	realizarea schițelor 2D
6.		<i>Sheetmetal Design</i>	proiectarea pieselor utilizând semifabricate din tablă
7.		<i>Sheetmetal Production</i>	proiectarea produselor utilizând semifabricate din tablă
8.		<i>Wireframe and Surface</i>	modelarea suprafețelor
9.		<i>Structure Design</i>	modelarea structurilor curbe sau liniare și a plăcilor de secțiuni diferite
10.		<i>Functional Tolerancing & Annotations</i>	tolerarea funcțională a pieselor și ansamblurilor 3D
11.		<i>Mold Tooling Design</i>	proiectarea ștanțelor și matrițelor

Modulul **NC Machining** cuprinde aplicațiile prezentate în *tabelul 2.2*.

2.1.1 Proiectarea pieselor utilizând aplicația Part Design

Aplicația **Part Design** a programului **CATIA Version 5** permite proiectarea reperelor 3D, utilizatorul beneficiind de o interfață prietenoasă. Ea face posibilă îndeplinirea cerințelor de proiectare pentru piese de complexitate diferită, folosind modalități variate, de la schițarea pieselor componente ale unui ansamblu, până la metode de proiectare iterative, detaliate.

Tabelul 2.2 Aplicațiile modului *NC Machining*

<i>Nr. crt.</i>	<i>Pictogramă</i>	<i>Denumirea aplicației</i>	<i>Rolul aplicației</i>
1.		<i>Lathe Machining</i>	strunjirea și găurirea pieselor de revoluție
2.		<i>Muti-Axis Surface Machining</i>	prelucrarea pieselor 3D utilizând tehnici multiaxe
3.		<i>Prismatic Machining</i>	frezarea și găurirea suprafețelor utilizând 2.5 axe
4.		<i>3 Axis Surface Machining</i>	prelucrarea suprafețelor complexe (ștanțe, matrițe) utilizând 3 axe

Modelarea piesei cu aplicația **Part Design** pornește de la realizarea unui profil 2D într-unul din planele determinate de axele de referință, după care piesa 3D este obținută prin extrudare sau prin revoluție. Modelul tridimensional obținut, complet parametrizat, reprezintă primul pas spre obținerea prototipului virtual, care poate fi testat prin simulări dinamice și interactive.

Pentru desenarea profilului 2D se utilizează aplicația **Sketcher** a modului **Mechanical Design**, apelată din meniul **Start** (*figura 2.2*). Lansarea acesteia conduce la deschiderea unui document nou cu extensia *CATPart* (*figura 2.3*). Planul de lucru, în care se va realiza profilul, se selectează cu ajutorul structurii arborescente din stânga documentului. Ca urmare, planul selectat va fi evidențiat prin afișarea cu o altă culoare.

Pentru a exemplifica folosirea aplicației **Part Design** se propune proiectarea reperului din *figura 2.4*. Analiza acestuia scoate în evidență faptul că este vorba despre un reper simetric, compus în esență din trei corpuri: placa

de bază, bosajele cilindrice și alezajele cilindrice. Piesa va fi proiectată desenând succesiv profilele acestor corpuri în planul xOy.

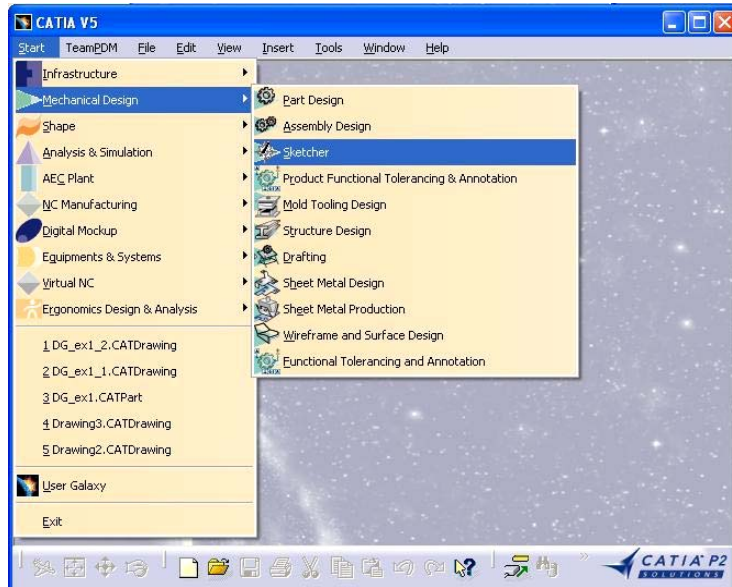


Figura 2.2 Lansarea aplicației Sketcher

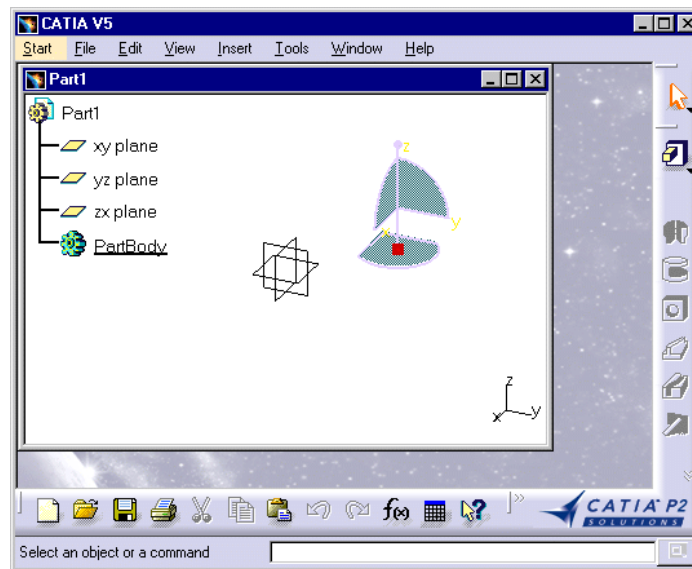


Figura 2.3 Document nou CATPart

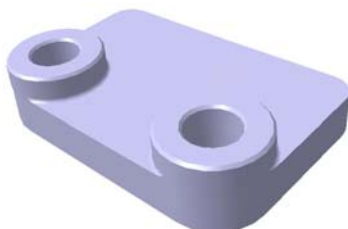


Figura 2.4 Exemplu de proiectare a unei piese

Selectarea acestui plan în documentul *CATPart* conduce la apariția liniilor de caroiaj, care facilitează trasarea profilului dorit (figura 2.5). Acesta poate fi desenat utilizând entitățile geometrice din bara **Geometry Creation**. Profilul plăcii de bază s-a realizat cu comanda **Profile**, la a cărei apelare bara **Tools** permite precizarea cu exactitate, în casete-text rezervate, a coordonatelor punctului final al fiecărei entități geometrice simple. Entitățile geometrice folosite, precum și punctele lor caracteristice, completează structura arborescentă a piesei. Nivelul de afișare/ascundere a elementelor componente ale piesei poate fi stabilit de către utilizator executând *click* pe nodurile +, respectiv –, ale structurii arborescente.

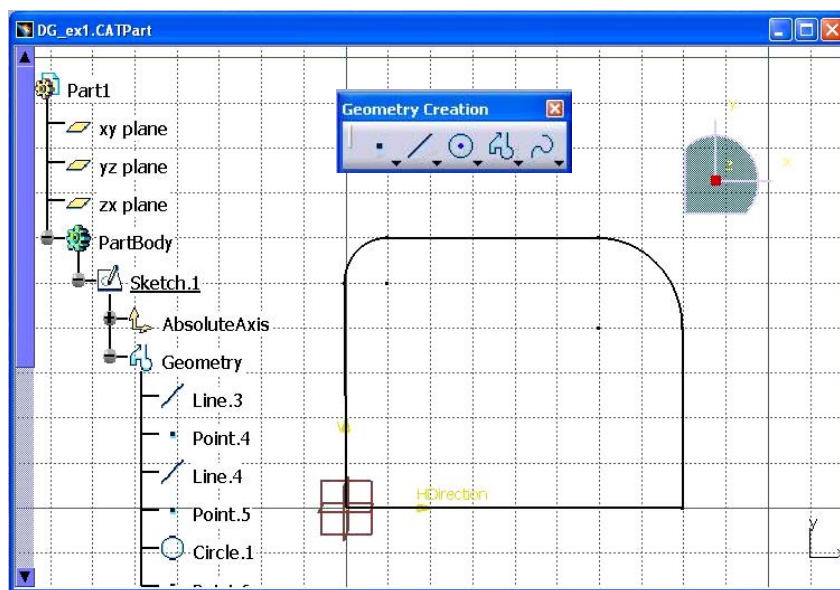



Figura 2.5 Desenarea profilului plăcii de bază

Figura 2.6 Bara de utilitare **Tools**

La finalizarea desenului se execută *dublu-click* în structura arborescentă pe **PartBody**, profilul fiind rotit (figura 2.7) în vederea realizării operației de extrudare. În acest scop, se selectează în structura arborescentă **Sketch.1** și se activează comanda **Pad** din meniul **Insert**, grupul **Skeatch-Based Features**, sau cu ajutorul pictogramei , din bara cu același nume. Acest lucru va avea ca urmare apariția ferestrei **Pad Definition** (figura 2.8 a), prin intermediul căreia se va preciza, în caseta-text **Lenght**, dimensiunea reperului în lungul axei Oz (15 mm). Astfel reperul devine un model 3D parametrizat (figura 2.8 b), fiind posibilă modificarea ulterioară a dimensiunii introduse prin această operație.

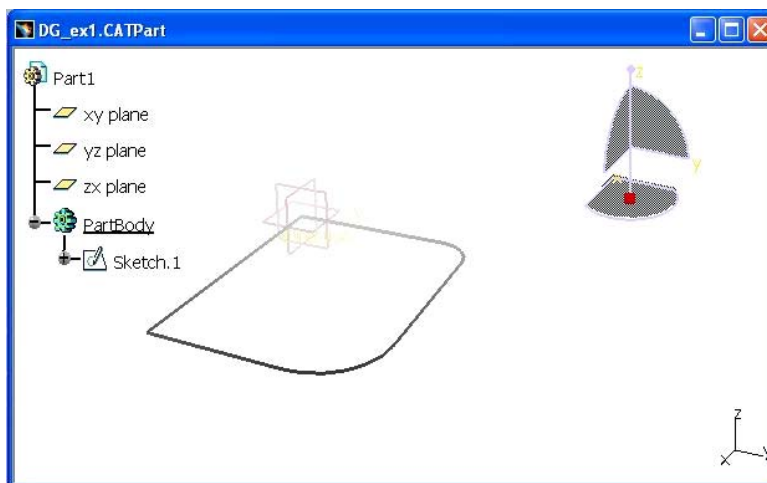




Figura 2.7 Pregătirea profilului inițial pentru extrudare

Pentru realizarea bosajului, se selectează suprafața superioară a plăcii de bază executând *click* cu *mouse*-ul pe aceasta și apoi se apelează aplicația de desenare cu pictograma **Sketcher** . Ca urmare, reperul va fi vizualizat în planul xOy, în care va fi trasat profilul unui cerc cu pictograma **Circle**  din bara **Geometry Creation**, pentru poziționarea relativă folosindu-se liniile de caroiaj. După desenarea profilului, se revine la vizualizarea 3D a reperului, executând *dublu-click* pe **PartBody** în structura arborescentă (figura 2.9).

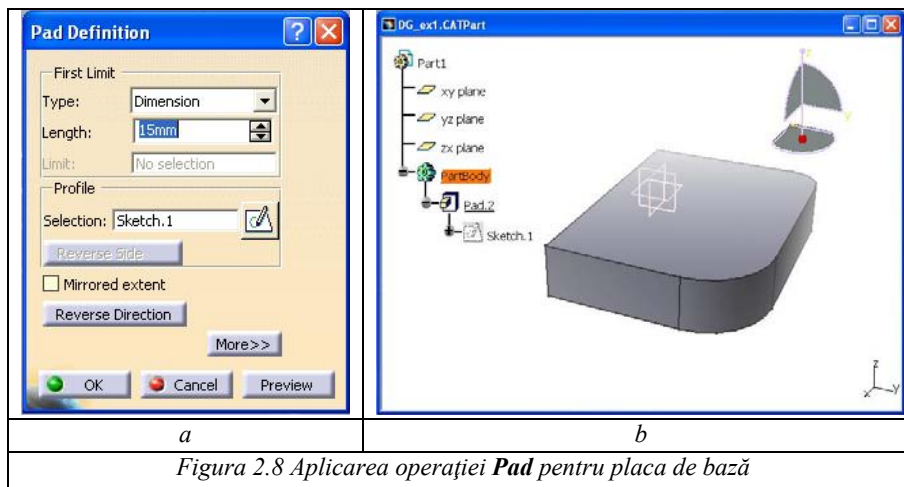


Figura 2.8 Aplicarea operației Pad pentru placa de bază

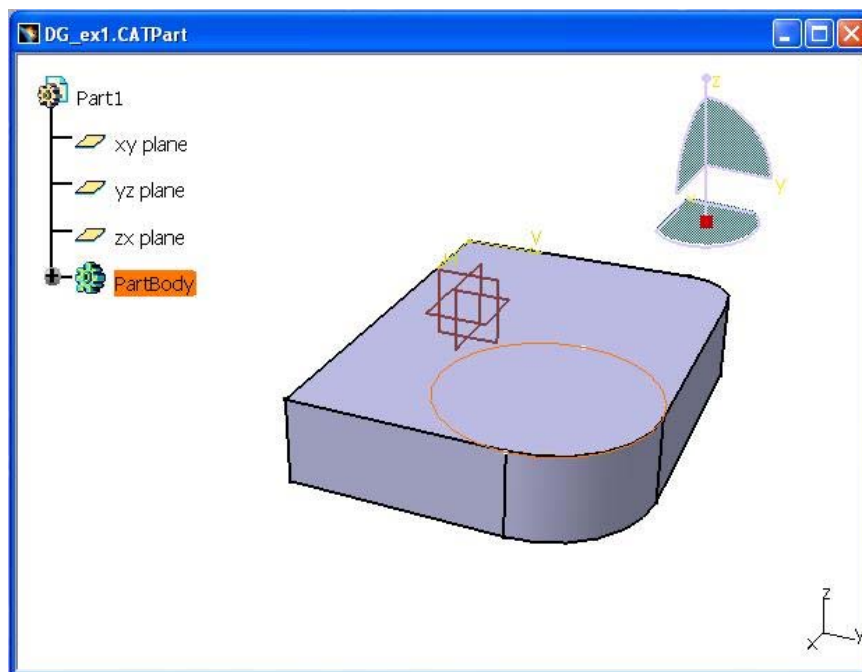


Figura 2.9 Pregătirea pentru extrudarea bosajului

Extrudarea bosajului presupune parcurgerea unor etape similare cu cele anterioare:

- selectarea profilului **Sketch.1** din structura arborescentă;
- apelarea comenzii **Pad**;
- precizarea dimensiunii bosajului pe direcția Oz (*10 mm*), în caseta-text **Length** a ferestrei **Pad Definition** (figura 2.10 a);
- alegerea butonului **OK** al ferestrei, ceea ce va avea ca efect apariția corpului din figura 2.10 b.

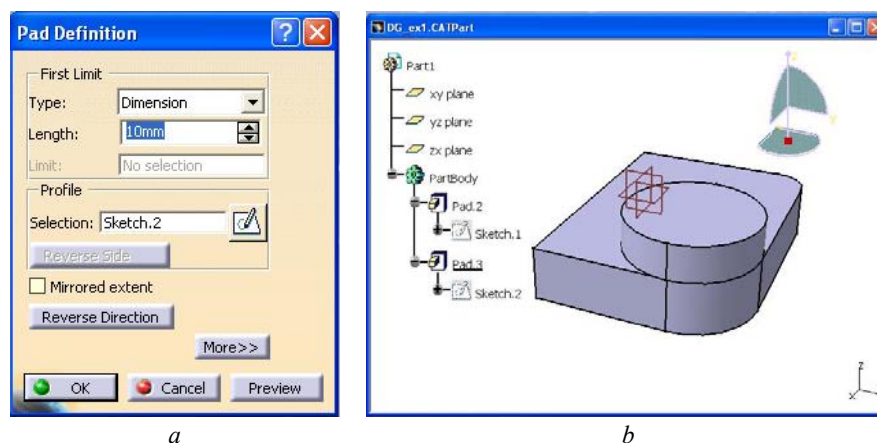




Figura 2.10 Aplicarea operației **Pad** pentru bosaj

Alezajul poate fi realizat prin simpla trasare a profilului cercului de diametru dorit în planul xOy. Se parcurg succesiv următoarele etape:

- se execută *dublu-click* în structura arborescentă pe **Sketch.2**;
- cu pictograma **Circle**  se trasează profilul alezajului (figura 2.11);
- se execută *dublu-click* în structura arborescentă pe **PartBody**, rezultând alezajul în bosaj;
- se repetă etapele anterioare pentru **Sketch.1**, obținându-se întregul alezaj (figura 2.12);

În scopul teșirii muchiilor superioare ale bosajului se selectează suprafața superioară a bosajului și se apelează comanda **Chamfer** din meniul **Insert**, grupul **Dress-Up Features**, sau cu ajutorul pictogramei  din bara de utilitare respectivă.

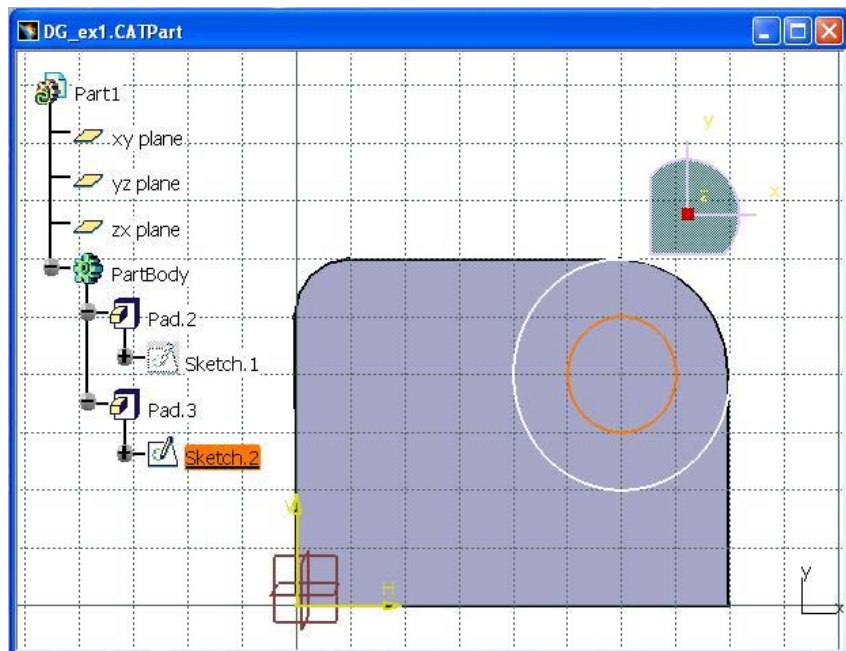


Figura 2.11 Trasarea profilului alezajului

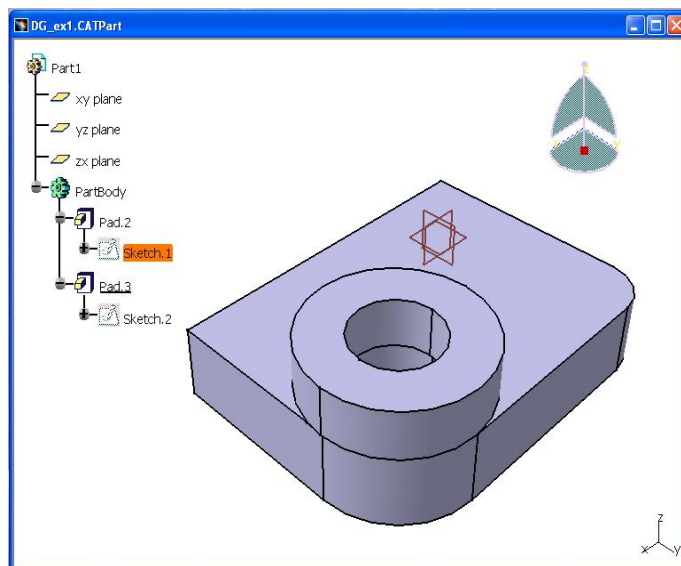


Figura 2.12 Realizarea alezajului

Ca urmare, va apărea fereastra **Chamfer Definition** (figura 2.13 a), care permite precizarea dimensiunilor teșiturii. Dacă în lista derulantă **Mode** este selectată opțiunea *Length1/Angle*, se alege lungimea catetei și unghiul de înclinare în casetele cu aceleași nume: *1 mm*, respectiv *45°*. Opțiunea alternativă a listei **Mode** este *Length1/Length2*, care, evident, ar permite stabilirea dimensiunilor ambelor catete ale profilului teșiturii. Alegerea butonului **OK** are ca efect obținerea unui reper de forma prezentată în figura 2.13 b.

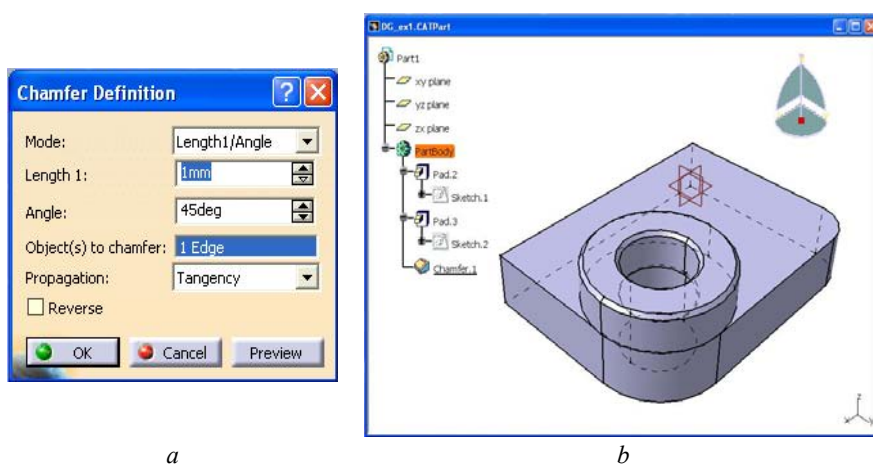




Figura 2.13 Teșirea muchiiilor superioare

Pentru realizarea racordării între bosaj și placa de bază se selectează muchia de racordat și se apelează comanda **Edge Fillet** din meniul **Insert**, grupul **Dress-Up Features**, sau cu ajutorul pictogramei  din bara de utilitare respectivă. Ca urmare, va apărea fereastra **Edge Fillet Definition** (figura 2.14.a), care permite stabilirea razei de racordare în caseta **Radius**. Alegerea butonului **OK** va determina materializarea acestei comenzi, reperul proiectat având forma din figura 2.14 b.

Finalizarea întregului reper presupune transformarea corpului existent, ținând cont de simetria sa. În acest scop, se selectează planul de simetrie al piesei xOz și se utilizează comanda **Mirror** din meniul **Insert**, grupul **Transformation Features**, sau cu ajutorul pictogramei . Alegând **OK** în fereastra **Mirror Definition** (figura 2.15 a), se va obține vederea izometrică a piesei de proiectat (figura 2.15 b), identică cu cea propusă în figura 2.4.

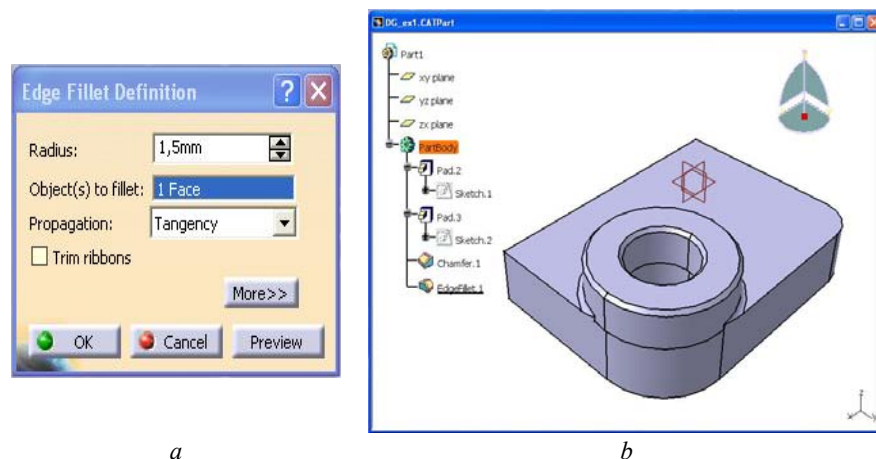


Figura 2.14 Realizarea racordării între bosaj și placa de bază

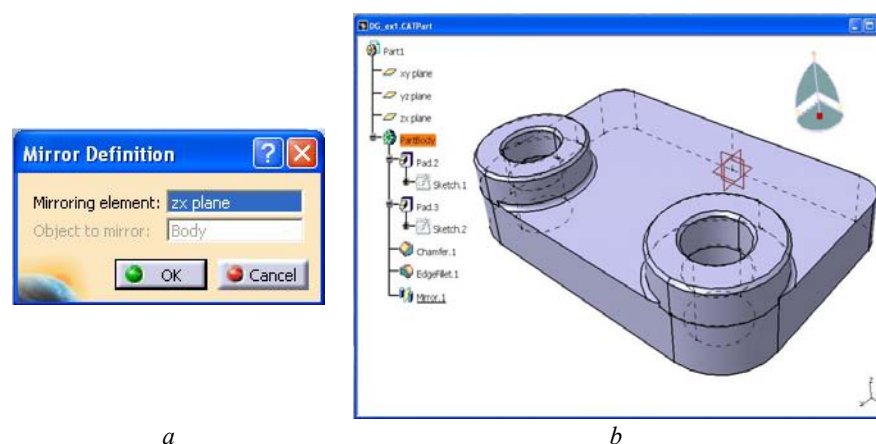


Figura 2.15 Realizarea întregului reper prin simetrie

Ulterior obținerii modelului 3D al piesei, se poate trece la generarea desenului de execuție al acesteia. În acest scop, se recurge la aplicația **Generative Drafting** a modului **Mechanical Design**. Într-o primă fereastră se poate opta pentru numărul de proiecții și dispunerea acestora, la eticheta **Select an automatic layout** (figura 2.16 a). Alegând butonul **Modify** din aceeași fereastră, se va deschide o nouă fereastră de opțiuni (figura 2.16 b), care permite selectarea dimensiunilor formatului, a orientării foii de hârtie și a scării de reprezentare a desenului, la etichetele **Format**, **Orientation**, respectiv **Scale**. Validarea opțiunilor alese are ca efect generarea automată a

vederilor selectate (figura 2.17), selectarea acestora putând fi făcută prin intermediul structurii arborescente din partea stângă.

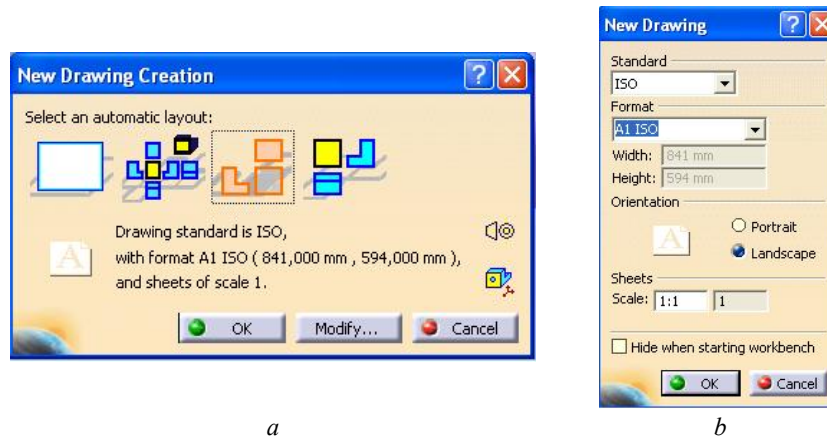


Figura 2.16 Selectarea opțiunilor pentru desenele de execuție

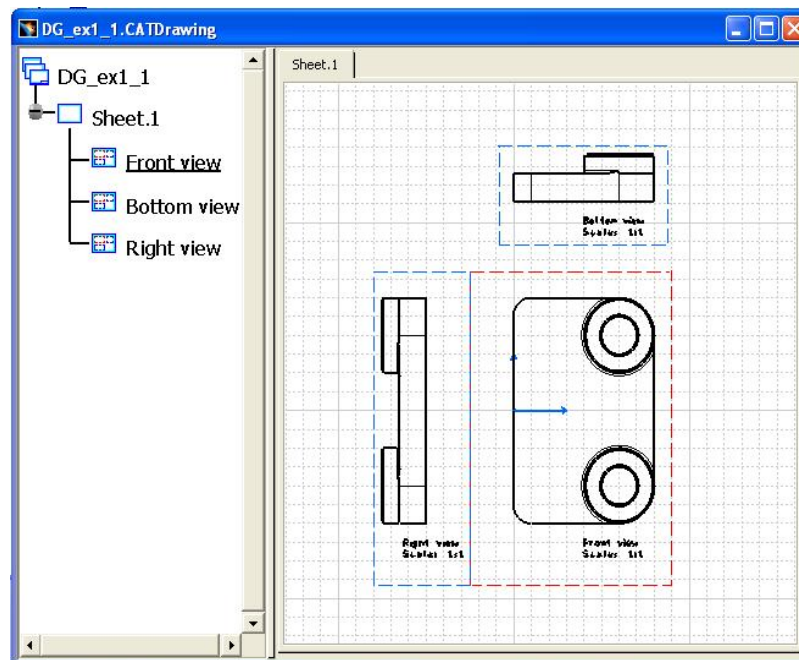


Figura 2.17 Desenul de execuție al piesei

2.1.2 Proiectarea tehnologiei de prelucrare prin strunjire cu aplicația **Lathe Machining**

Aplicația **Lathe Machining** definește cu ușurință programe NC dedicate prelucrării pieselor cilindrice de revoluție, folosind operații de strunjire și găurire în 2 axe, atât pe strunguri normale, cât și pe strunguri verticale.

Sculele pot fi create și integrate în cataloage cu ușurință. Trajectoriile descrise de scule pot fi definite cu ajutorul cutiilor de dialog ale interfeței grafice, fiind posibilă generarea, simularea și analiza lor. Pornind de la acestea, în final se obține programul NC dedicat strungului, cu ajutorul unui postprocesor integrat, precum și documentația tehnologică pentru operator, în format *html*.

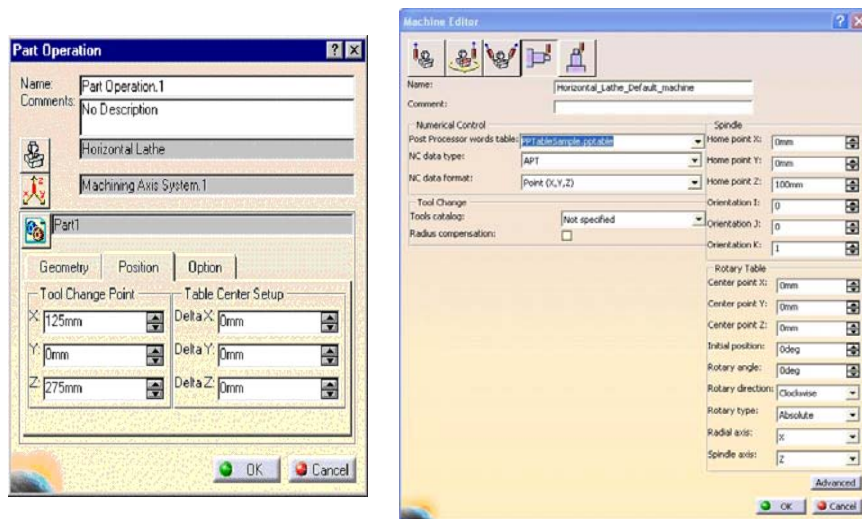
Pentru a ilustra modalitatea de utilizare a aplicației, vom considera o piesă de revoluție, al cărui model 3D a fost realizat folosind facilitățile oferite de aplicația **Part Design**. Deschiderea fișierului *CATPart* se poate face cu comanda **Open** din meniul **File** sau cu pictograma corespunzătoare din bara **Standard**. Din meniul **Start**, se apelează aplicația **Lathe Machining** a modului **NC Manufacturing**.

Executând *dublu-click* pe entitatea **Part Operation.1** din structura arborescentă, se va deschide fereastra **Part Operation** (*figura 2.18 a*). Alegând în această fereastră pictograma **Machine**, va fi afișată fereastra de dialog **Machine Editor** (*figura 2.18 b*), în care:

- se va selecta pictograma **Horizontal Lathe Machine**, corespunzătoare unui strung normal;
- se va verifica setarea corectă a axelor mașini-unelte, și anume axa mișcării de așchiere Z și cea radială X;
- se alege butonul **OK**.

Revenind în fereastra anterioară, **Part Operation**, la eticheta **Position**, se aleg coordonatele punctului de schimbare a sculei, conform *figurii 2.18 a*.

În structura arborescentă se selectează entitatea **Manufacturing Program.1** (*figura 2.19*), în care vor fi inserate comenzi corespunzătoare diferitelor operații de prelucrare succesive, pentru obținerea piesei. Programul propune sculele pentru aceste operații, fiind necesară doar precizarea suprafețelor de prelucrat și, eventual, a unor parametri ai sculelor sau de așchiere.



a

b

Figura 2.18 Alegerea mașinii-unelte și a punctului de schimbare a sculei

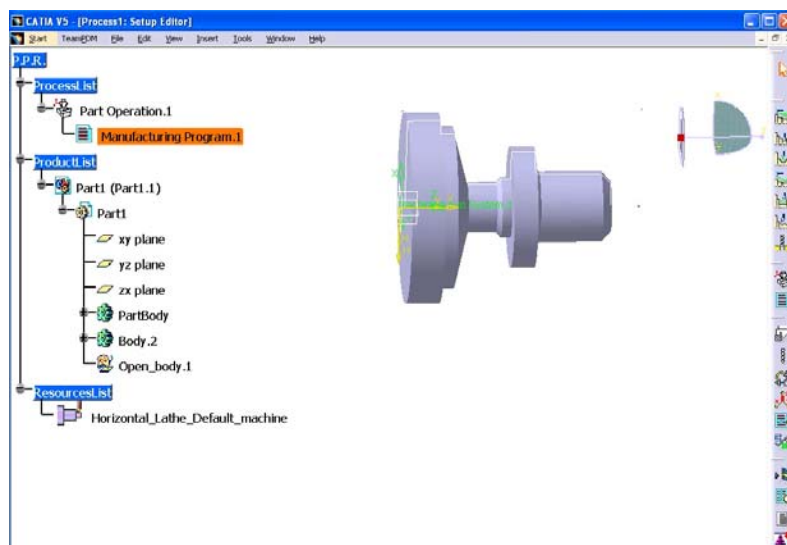











Figura 2.19 Inserarea operațiilor itinerariului tehnologic de prelucrare


Prima operație executată va fi una de strunjire longitudinală de degroșare. Selectarea pictogramei **Roughing**  determină adăugarea în program a entității **Roughing.1**, împreună cu scula implicită atașată.



În fereastra **Roughing.1**, eticheta **Geometry**  este implicită (figura 2.20 a), afișând o pictogramă centrală, utilizată pentru precizarea succesivă a profilului semifabricatului și, respectiv, al piesei. În acest scop, se execută *click* pe suprafețele frontale, colorate cu roșu, ale semifabricatului (*Stock area*) și, respectiv, ale piesei (*Part area*), se selectează profilul semifabricatului (*Stock Element*) și, ulterior, al piesei (*Part Element*), sfârșitul fiecărei selecții marcându-se prin alegerea butonului **OK** în bara **Edge Wizard** (figura 2.20 c).

Apoi se selectează pictograma **Strategy**  și se setează parametrii ca în figura 2. 20 b. Operația va fi creată executând *click* pe butonul **OK** al acestei ferestre.

Pentru a simula traiectoria sculei pentru această operație, se utilizează comanda **Replay Tool Path** . În fereastra de dialog asociată comenzii se alege modul de simulare continuu cu pictograma , se poziționează scula în punctul de start cu butonul  și se pornește simularea cu butonul . Scula se va deplasa de-a lungul traiectoriei calculate (figura 2.21). În aceeași fereastră sunt afișate valorile avansului, timpului de bază și timpului total al prelucrării.

Analizând profilul piesei și cel rezultat după strunjirea longitudinală (figura 2.21), se observă existența unei diferențe între acestea. Pentru eliminarea acesteia și definitivarea degroșării piesei se recurge la o operație de canelare, utilizându-se deci un ciclu de strunjire cu avans transversal. Astfel, se selectează entitatea **Roughing.1** în structura arborescentă și se apelează comanda **Grooving** . Fereastra **Grooving.1** permite, la eticheta **Geometry**  (figura 2.22 a), definirea succesivă profilelor semifabricatului și, respectiv, piesei (figura 2.22 c), în același mod ca în cazul operației de strunjire longitudinală.

Selecția pictogramei **Strategy**  facilitează modificarea valorilor implicite ale parametrilor așchierii. Astfel se va opta, la eticheta **Options**, în caseta *Gouging safety angle* (figura 2.22 b) pentru valoarea de 10° .

Pentru a aduce modificări cuțitului de canelat exterior selectat implicit, se vor alege succesiv pictogramele **Tool Assembly**  și **Tool**  (figura 2.23).

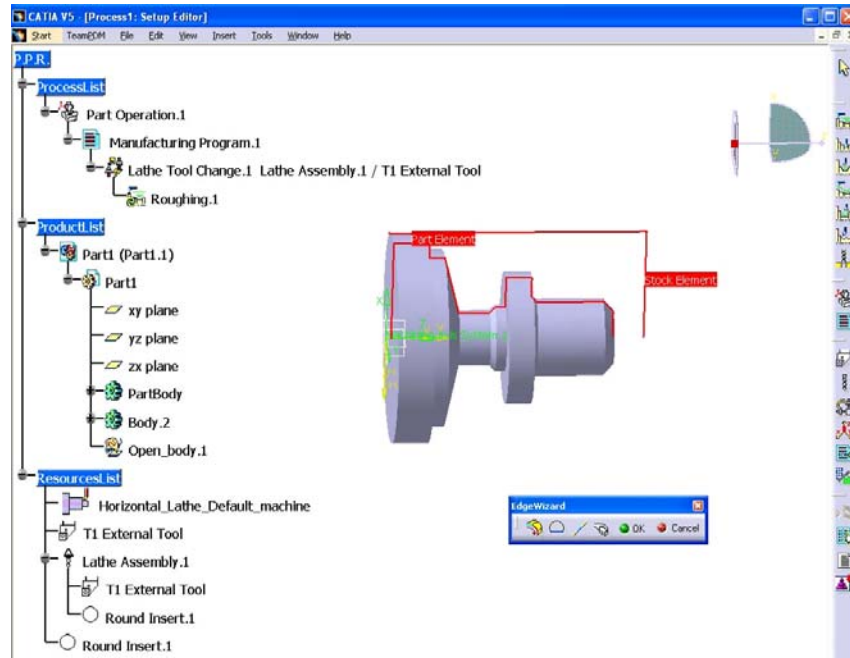
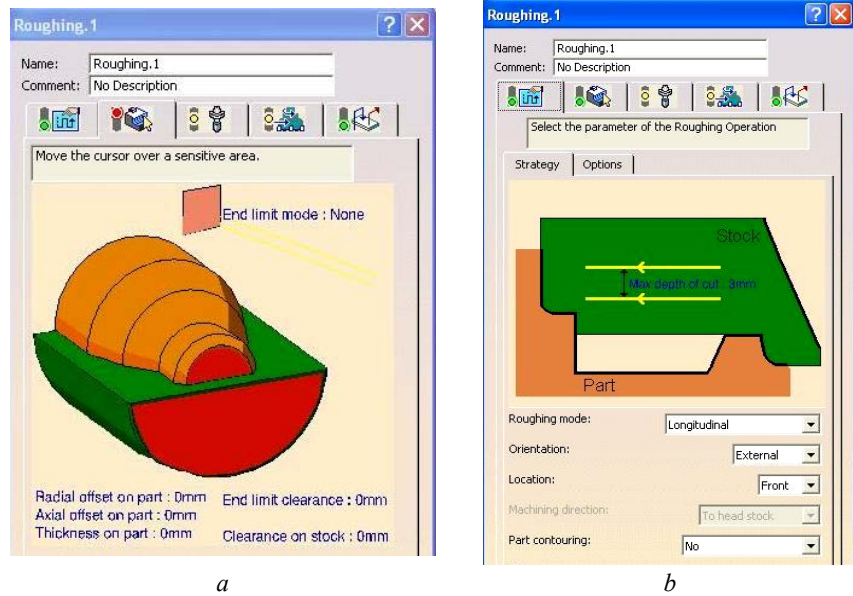


Figura 2.20 Defnirea profilului semifabricatului și al piesei pentru strunjirea longitudinală de degroșare

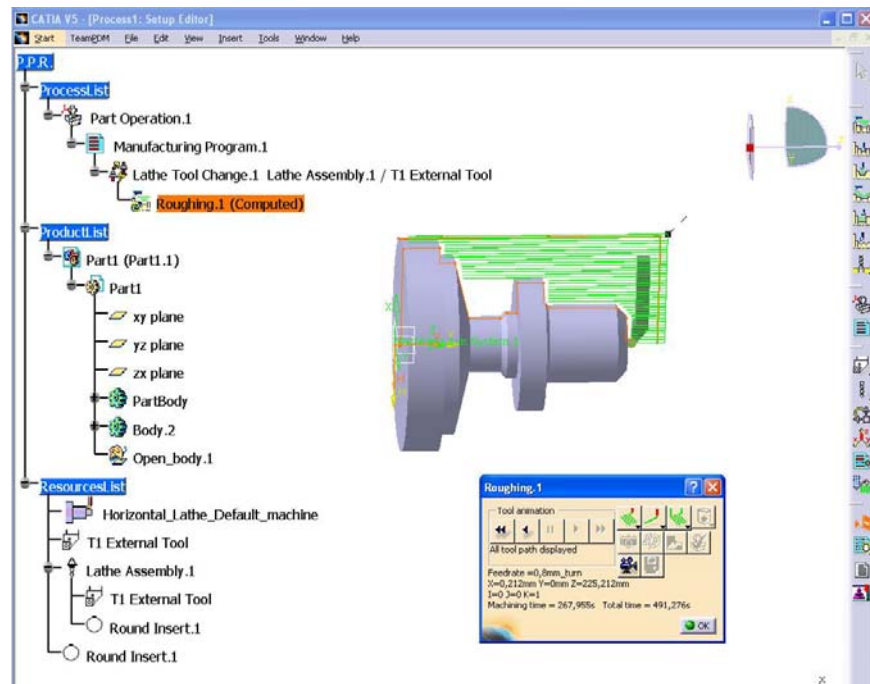



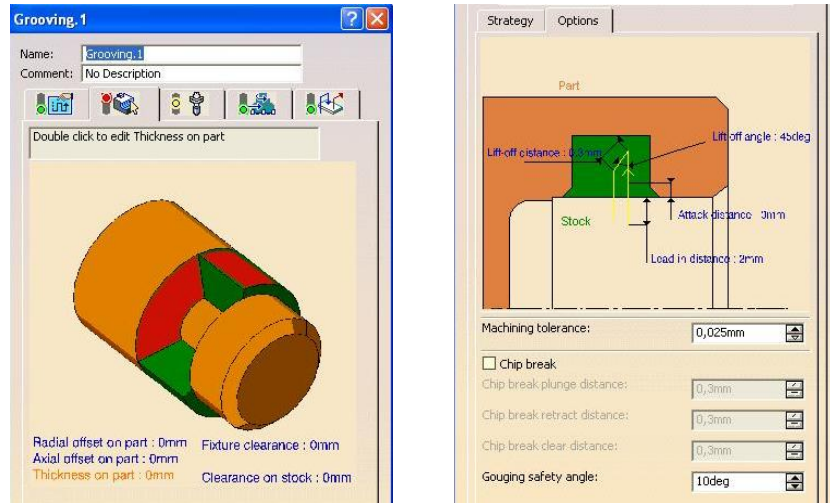
Figura 2.21 Simularea traiectoriei sculei la strunjirea longitudinală de degroșare

În caseta etichetată **Name**, se poate introduce o denumire particularizată a cuțitului de canelat exterior, după care, pentru modificarea unei dimensiuni implicite se va executa *dublu-click* pe cota respectivă de pe schița sculei. Aceasta va fi evidențiată prin culoare și, în caseta **Edit Parameter**, se introduce noua valoare. În cazul prelucrării considerate este necesară alegerea valorii de 60 mm pentru cota l_2 (*Shank length 2*). Parametrii care definesc geometria sculei pot fi modificați și în modul următor:

- se execută *click* pe butonul **More**, ceea ce va avea ca efect extinderea ferestrei **Grooving.1**;
- în zona nou apărută, la eticheta **Geometry**, se pot introduce noile valori dorite, în casete rezervate fiecărei dimensiuni;
- se alege butonul **OK**, modificările operate fiind vizualizate pe schița alăturată.

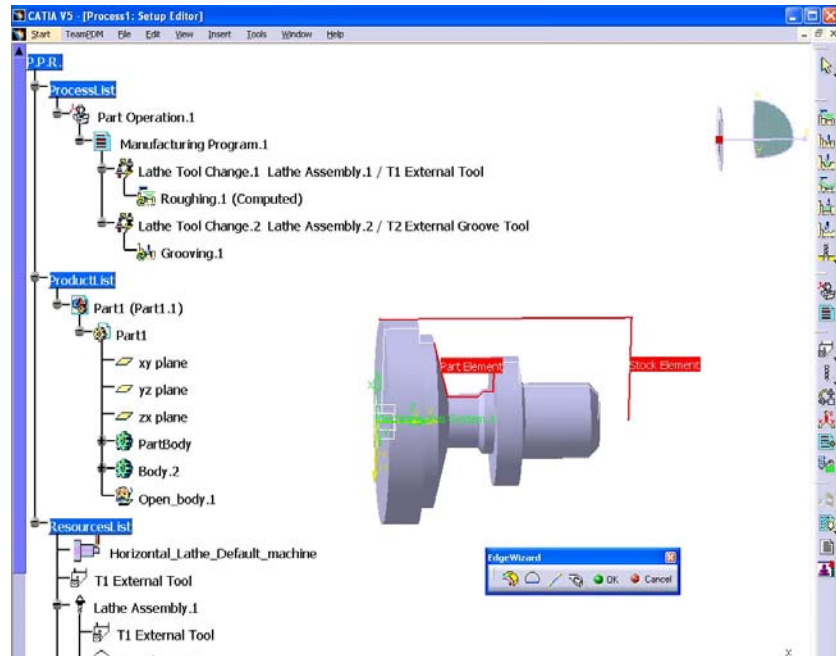
Modalitatea descrisă anterior se utilizează și pentru definirea parametrilor tehnologici ai sculei, la eticheta **Techology** (figura 2.23), precum și a corecțiilor de sculă, la eticheta **Compensation**. Pentru exemplul considerat, se modifică valoarea implicită *Max cut depth* la 80 mm . Simularea

traectoriei sculei se realizează utilizând pictograma  (figura 2.24).



a

b



c

Figura 2.22 Definierea profilului semifabricatului și al piesei pentru strunjirea cu avans transversal

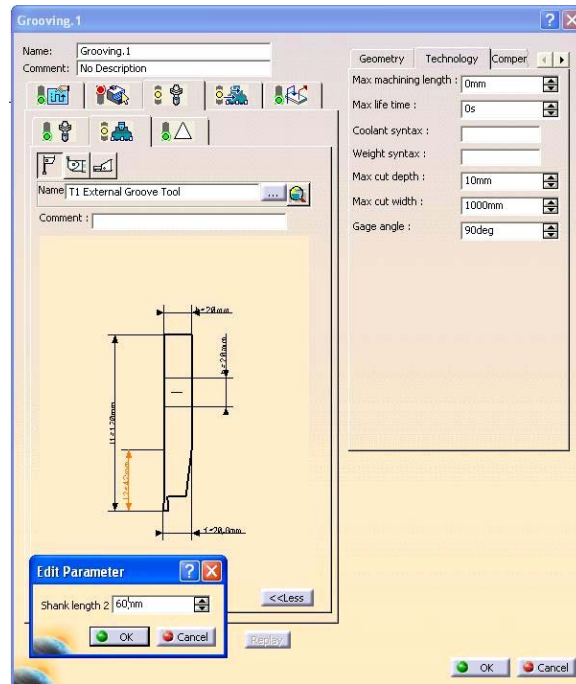


Figura 2.23 Definierea parametrilor geometrici și tehnologici ai cuțitului de canelat

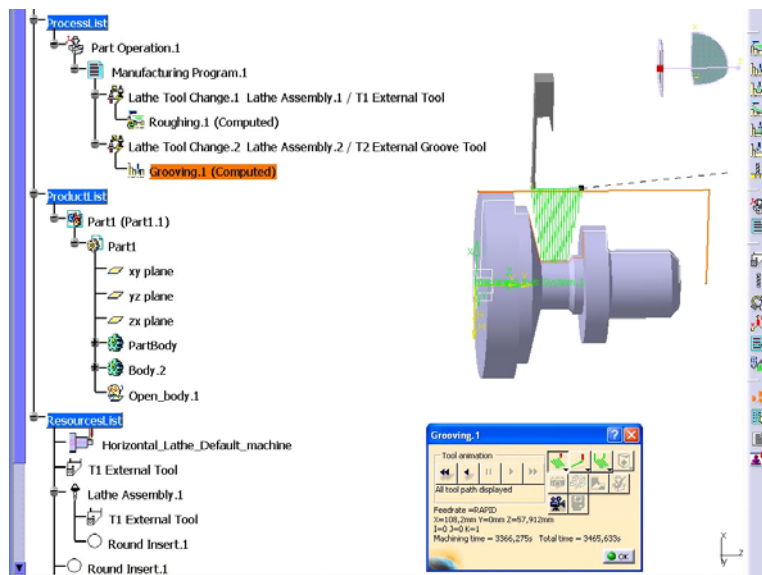









Figura 2.24 Simularea traiectoriei sculei la strunjirea cu avans transversal



În finalul itinerariului tehnologic de prelucrare se prevede o operație de strunjire de finisare. În acest scop, se apelează comanda **Profile Finishing** , în structura arborescentă fiind selectată entitatea anterioară, **Grooving.1**.

În fereastra **Profile Finishing.1**, la eticheta **Geometry**  (figura 2.25 a), se execută *click* în partea frontală, colorată cu roșu, a pictogramei ce reprezintă piesa, iar pe modelul acesteia se selectează profilul final *Part Element* (figura 2.25 c). Sfârșitul selecției este marcat prin butonul **OK** din bara **Edge Wizard**.

Utilizând pictograma **Strategy** , eticheta **Machining** (figura 2.25 b), este necesară alegerea în caseta *Leading safety angle* a valorii de 0° . Crearea operației presupune alegerea butonului **OK**.

Pentru a vizualiza traiectoria cuțitului la operația de strunjire de finisare (figura 2.26), se folosește comanda **Replay Tool Path** . După activarea pictogramei **Continuous replay mode** , animația se poate urmări alegând succesiv butoanele  și, respectiv, .

Aplicația **Lathe Machining** permite și inserarea altor tipuri de operații, utilizând comenzile din meniul **Insert**, grupa **Lathe Operations** sau pictogramele corespunzătoare din bara de utilitare:

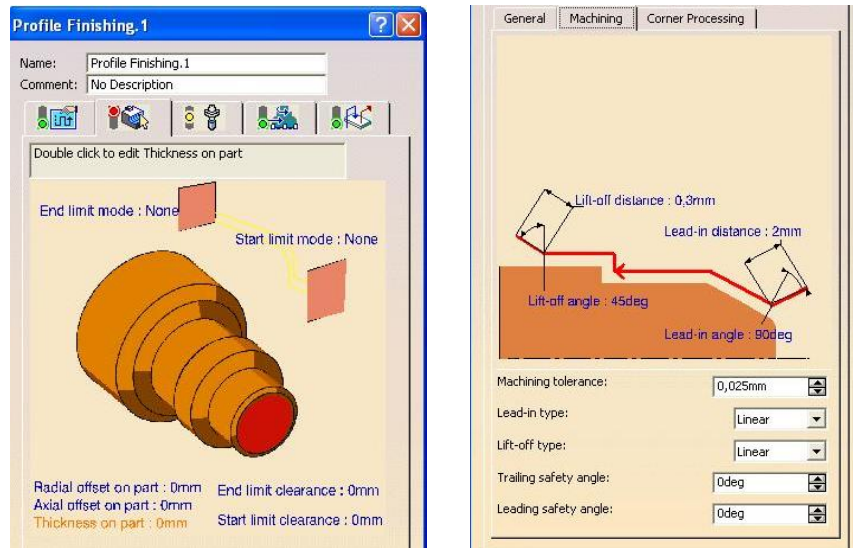
- **Grooving Finishing** , canelarea de finisare a suprafețelor cilindrice exterioare, interioare, frontale sau conice;
- **Threading** , filetarea cu cuțitul a diferitelor tipuri de filete.

În mod similar pot fi utilizate și operațiile de prelucrare axială a alezajelor, precum și cele de lucru secvențiale.

Sesiunea de lucru se finalizează prin generarea unui fișier-sursă în format *APT*, ce urmează a fi postprocesat în scopul obținerii programului dedicat echipamentului NC al strungului.

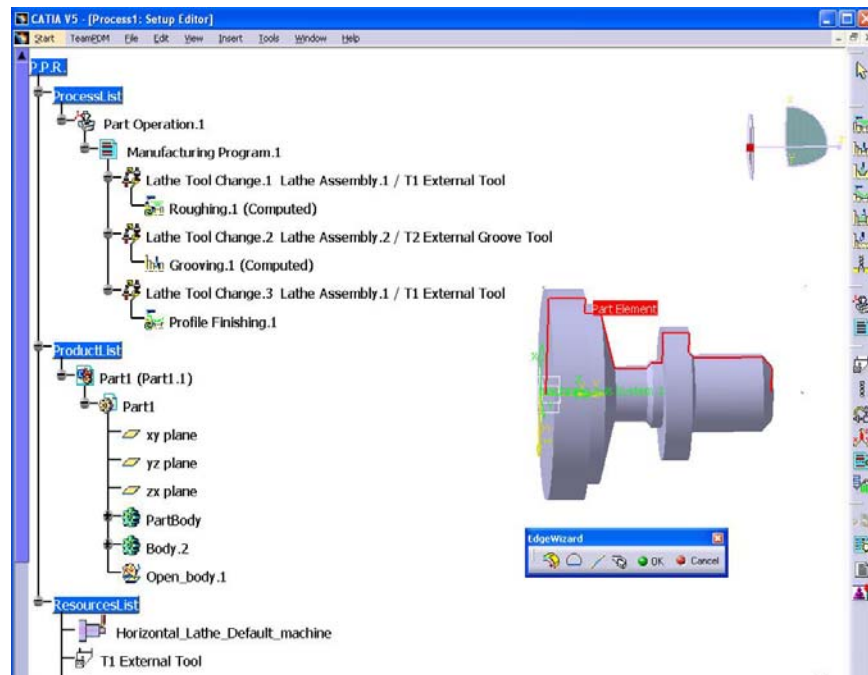
În primă fază, se verifică opțiunile inițiale, referitoare la tipul strungului și la sistemul de axe al acestuia. În acest scop, se execută *dublu-click* pe entitatea **Part Operation** a structurii arborescente și, în final, se deschide fereastra **Machine Editor**.

După efectuarea verificării, se apelează meniul contextual, executând *click-dreapta* pe entitatea **Manufacturing Program.1**. Se vor alege succesiv **Manufacturing Program.1 object**, **Generate NC Code Interactively** (figura 2.27).



a

b



c

Figura 2.25 Definierea profilului semifabricatului și al piesei pentru strunjirea longitudinală de finisare

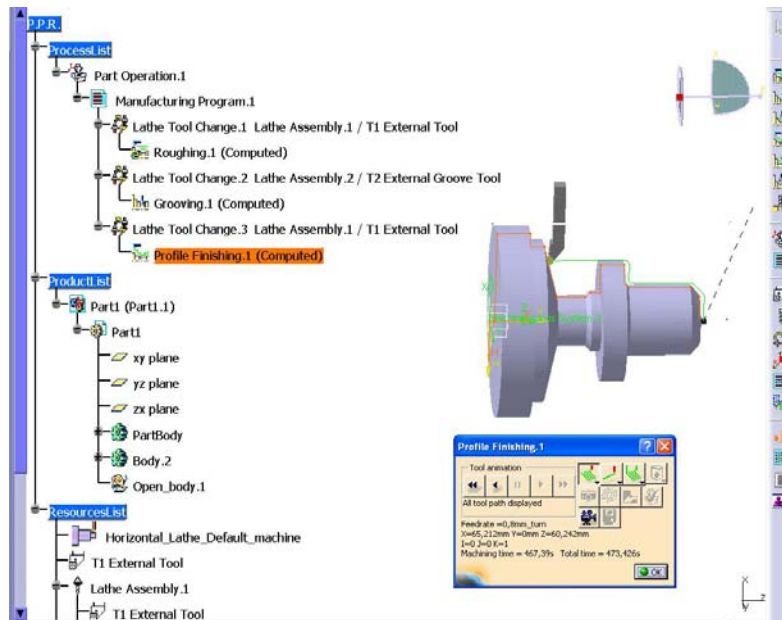


Figura 2.26 Simularea traiectoriei sculei la strunjirea longitudinală de finisare

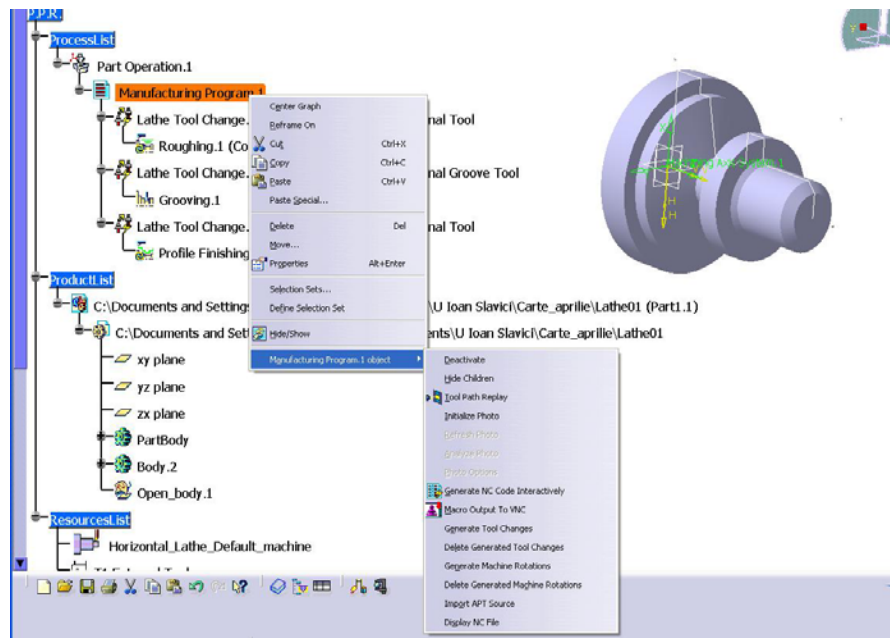


Figura 2.27 Simularea traiectoriei sculei la strunjirea cu avans transversal

În fereastra **Save NC File**, se precizează numele sub care va fi salvat fișierul *APT*, precum și directorul în care va fi plasat. Fișierul-sursă va fi creat la alegerea comenzii **Save**.

Un extras din codul NC generat este prezentat în continuare:

```
$$ -----
$$      Generated on 20 aprilie 2004 05:21:22
$$ -----
$$ Manufacturing Program.1
$$ Part Operation.1
$$*CATIA0
$$ Manufacturing Program.1
$$      1.00000      0.00000      0.00000      0.00000
$$      0.00000      1.00000      0.00000      0.00000
$$      0.00000      0.00000      1.00000      0.00000
PARTNO PART TO BE MACHINED
COOLNT/ON
CUTCOM/OFF
PPRINT OPERATION NAME : Lathe Tool Change.1
$$ Start generation of : Lathe Tool Change.1
TLAXIS/ 0.000000, 0.000000, 1.000000
$$ TOOLCHANGEBEGINNING
RAPID
GOTO/ 125.00000, 0.00000, 275.00000
CUTTER/ 5.000000
TOOLNO/0,TURN
$$ End of generation of : Lathe Tool Change.1
PPRINT OPERATION NAME : Roughing.1
$$ Start generation of : Roughing.1
FEDRAT/ 0.3000,MMPR
SPINDL/ 70.0000,RPM
GOTO/ 107.02703, 0.00000, 257.00000
GOTO/ 107.02703, 0.00000, 255.00000
...
FEDRAT/ 0.8000,MMPR
GOTO/ 0.21213, 0.00000, 225.21213
$$ End of generation of : Roughing.1
CUTCOM/OFF
$$ ----- CUTCOM OFF END OF LATHE -----
PPRINT OPERATION NAME : Lathe Tool Change.2
$$ Start generation of : Lathe Tool Change.2
$$ TOOLCHANGEBEGINNING
RAPID
GOTO/ 125.00000, 0.00000, 275.00000
CUTTER/ 1.200000
```

```
TOOLNO/0,TURN
$$ End of generation of : Lathe Tool Change.2
PPRINT OPERATION NAME : Grooving.1
$$ Start generation of : Grooving.1
FEDRAT/ 0.3000,MMPR
SPINDL/ 70.0000,RPM
GOTO/ 108.20000, 0.00000, 111.70000
GOTO/ 106.20000, 0.00000, 111.70000
...
RAPID
GOTO/ 108.20000, 0.00000, 57.91213
$$ End of generation of : Grooving.1
CUTCOM/OFF
$$ ----- CUTCOM OFF END OF LATHE -----
PPRINT OPERATION NAME : Lathe Tool Change.3
$$ Start generation of : Lathe Tool Change.3
$$ TOOLCHANGEBEGINNING
RAPID
GOTO/ 125.00000, 0.00000, 275.00000
CUTTER/ 5.000000
TOOLNO/0,TURN
$$ End of generation of : Lathe Tool Change.3
PPRINT OPERATION NAME : Profile Finishing.1
$$ Start generation of : Profile Finishing.1
FEDRAT/ 0.3000,MMPR
SPINDL/ 70.0000,RPM
GOTO/ 27.12132, 0.00000, 224.94975
GOTO/ 28.53553, 0.00000, 223.53553
...
FEDRAT/ 0.8000,MMPR
GOTO/ 100.21213, 0.00000, 4.78787
$$ End of generation of : Profile Finishing.1
SPINDL/OFF
REWIND/0
END
```

Facilitățile oferite de CATIA V5, prezentate doar în parte anterior, creează premisele elaborării unei strategii progresive de trecere din etapa automatizării flexibile, în cea a automatizării inteligente.

2.2 Proiectarea tehnologică cu programul VisualMill

VisualMill este un program CAM, utilizabil sub Windows, performant și ușor de utilizat, care integrează facilități de generare a traiectoriilor sculelor, de simulare / verificare a prelucrării prin așchiere și de post-procesare finală, în funcție de un controller ales. Capabilitățile tehnologiei de prelucrare specifice *VisualMill* conferă traiectoriilor generate ale sculelor, o încredere maximă a reproducerii cu fidelitate de către mașinile-unelte. Indiferent de versiunile disponibile, ce permit frezarea în 2½ axe și 3 axe, precum și prelucrarea prin găurire, programul poate fi utilizat pentru fabricarea ștanțelor și matrițelor, a sculelor, prototipare rapidă, prelucrarea lemnului, a pieselor de geometrie complexă. Unele versiuni dispun de strategii de frezare în 4 și 5 axe.

VisualMill include și un modul CAD propriu, simplu și eficient, putând fi astfel considerat ca făcând parte din rândul produselor integrate CAD/CAM. Nu trebuie neglijată nici capacitatea sa de a lucra în cooperare cu diferitele sisteme CAD/CAM/CNC existente în dotarea structurilor productive. Astfel, pot fi importate date geometrice Parasolid, cum ar fi fișiere CAD generate de SolidWorks, Solid Edge și A3DS. Mai mult, pot fi importate și fișiere Rhino, STL, IGES, DXF/DWG, VRML, Raw Triangle.

2.2.1 Interfața VisualMill

VisualMill dispune de o interfață standard, prietenoasă, specifică programelor ce rulează sub Windows. Toate funcțiile pot fi accesate din linia de meniu, funcțiile uzuale fiind disponibile și prin pictogramele barelor de utilitare. Majoritatea setărilor interfeței-utilizator sunt modale, programul “reținând” aceste setări, ce rămân active în operațiile ulterioare, până la o eventuală modificare.

Principalele elemente ale interfeței puse la dispoziția utilizatorului de *VisualMill* sunt marcate în *figura 2.28*, având facilitățile următoare:

Standard Bar (bara standard) –încărcarea / salvarea fișierelor, controlul selecțiilor și straturilor etc.;

Command Window (fereastra de comandă) – introducerea manuală a valorilor sau afișarea valorilor calculate;

Geometry Bar (bara geometrică) – crearea și editarea punctelor, curbilor și suprafețelor;

Measurement Bar (bara de măsurare) – măsurarea dimensiunilor;

Browser (fereastra de răsfoire)– afișează geometria, operațiile de prelucrare, sculele și simularea prelevării adaosului de prelucrare;

View Bar (bara de vizualizare) – funcțiile de ascundere/afișare, mărire, rotire, vederi standard;

Status Bar (linia de stare) – afișează funcția curentă, sculele active, unitățile de măsură, poziția cursorului.

Particularizarea interfeței poate fi realizată cu ajutorul comenzii **View/Toolbars**.

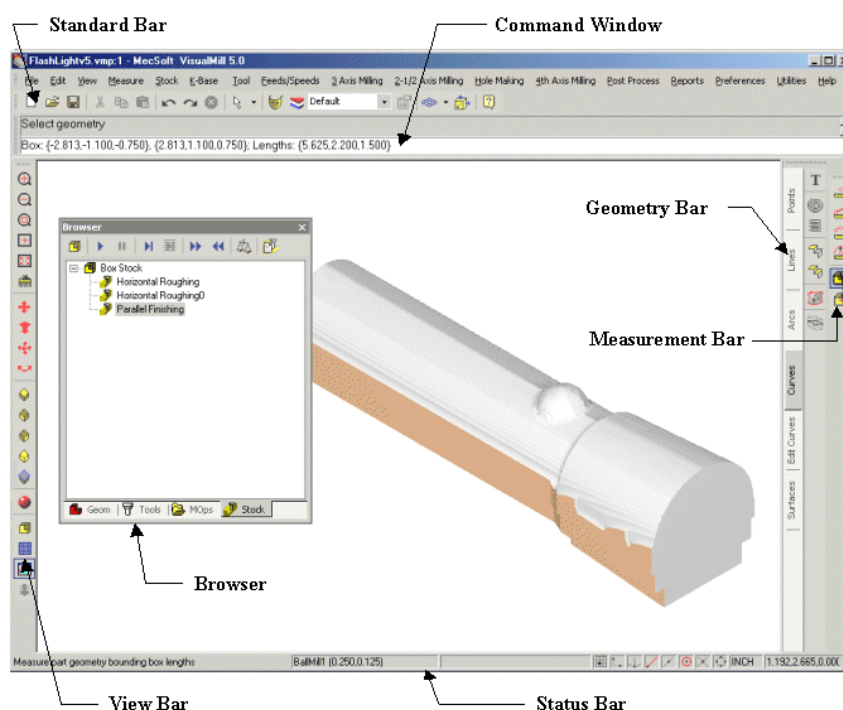


Figura 2.288 Elementele interfeței VisualMill

2.2.2 Succesiunea etapelor de programare

Scopul oricărui proces de prelucrare prin așchiere este de a îndepărta cu eficiență maximă adaosul de prelucrare al semifabricatului, până la obținerea formei finale a piesei, la precizia impusă prin proiectare.

Pentru atingerea acestor obiective, strategia tipică de prelucrare prin așchiere presupune prelevarea inițială a unei cantități semnificative din adaosul de prelucrare cu ajutorul unor scule rigide, de dimensiuni mari, prin

operații de *degroșare*. Ulterior, dimensiunile sculelor se reduc progresiv, în concordanță cu cantitățile de material îndepărtate la operațiile de *semifinisare*, efectuate cu scopul uniformizării adaosului de prelucrare și apropierii de forma piesei, respectiv de *finisare*, ce urmăresc obținerea dimensiunilor finale și condițiilor de calitate stabilite în etapa de concepție (figura 2.29).

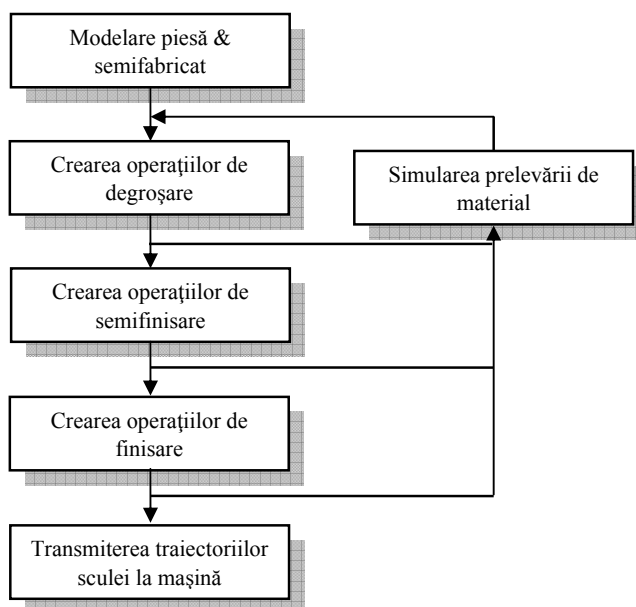


Figura 2.299 Strategia de programare tehnologică utilizând *VisualMill*

Această strategie de prelucrare se programează cu *VisualMill*, fiind posibilă de asemenea simularea îndepărtării de material și vizualizarea semifabricatului în orice moment al procesului. Această facilitate furnizează un feedback valoros, ce ajută la alegerea unei strategii de prelucrare optime.

Într-un itinerar tehnologic tipic de realizare a unei piese se poate recurge pentru prelucrările de degroșare la **Horizontal Roughing** (3 axe) sau **Pocketing** (2½ axe), folosind ca scule freze cilindro-frontale, cu sau fără rază de rotunjire. Aceste prelucrări de degroșare pot fi repetate cu aceeași sculă sau utilizând o sculă de dimensiuni mai mici. Ulterior, semifinisarea poate fi realizată cu operațiile **Parallel Finishing** sau **Horizontal Finishing** (3 axe) sau **Profiling** (2½ axe), folosind freze profilate sferice. Piesele cu geometrie tridimensională complexă necesită, de regulă, operații adiționale de finisare, cum ar fi de exemplu **Parallel Finishing**, realizate cu valori mici ale avansului.

2. Programarea asistată de calculator a MUCN 79

După finalizarea inserării operațiilor, se poate reveni și revizui strategia adoptată, reordonând și / sau modificând operațiile, simulând prelevarea de material și post-procesând traiectoriile sculelor. Managementul acestor opțiuni poate fi realizat folosind fereastra **Browser**.

O altă facilitare puternică inclusă în *VisualMill* este cea oferită de o bază de date de cunoștințe K-Base. După crearea unei succesiuni de operații din itinerarul tehnologic al unei piese, aceasta poate fi salvată și apoi aplicată cu același set de parametri la prelucrarea altei piese, crescând astfel atât rapiditatea, cât și ușurința utilizării acestui program.

După deschiderea fișierului ce conține desenul piesei, succesiunea tipică de lucru urmează pașii sugerați de pictogramele afișate sub bara de titlu a ferestrei **Browser**, după alegerea etichetei **MOps** (figura 2.30).

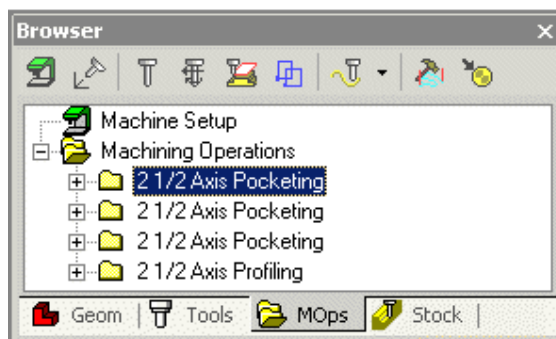











Figura 2.30 Etapele programării tehnologice utilizând VisualMill

Tabelul 2.3 Comenzile ferestrei **Browser/MOps**

Nr. crt.	Pictogramă	Denumirea comenzii	Rolul comenzii
1.		Setup Machine	setarea numărului axelor, definirea axelor de rotație și pozițiilor de schimbare a sculei.
2.		Set Machine CSYS	stabilirea originii sistemului de coordonate al mașinii, în raport cu semifabricatul / piesa sau la o poziție fixă
3.		Create/Select Tool	definirea, într-o fereastră dedicată, a tuturor sculele necesare în operațiile de prelucrare ale itinerarului tehnologic

<i>Nr. crt.</i>	<i>Pictogramă</i>	<i>Denumirea comenzii</i>	<i>Rolul comenzii</i>
4.		<i>Set Feeds/Speeds</i>	definirea vitezelor de aşchiere și de avans (de lucru, rapid, de apropiere, de angajare, de retragere și de depărtare) ale sculei
5.		<i>Clearance Control</i>	stabilirea nivelului de siguranță, situat deasupra piesei, pentru deplasarea rapidă a sculei
6.		<i>Select Regions</i>	facilitarea metodelor de selectare a curbilor definite ca limite de prelucrare
7.		<i>Machining Methods</i>	alegerea tipului de traiectorie a sculei, prin selecția metodei de prelucrare adecvate
8.		<i>Toolpath Editor</i>	editarea liniilor programului-cod ce definește traiectoriile sculei, inserarea comenzilor speciale de control al mașinii, modificarea grupelor de mișcări ale sculei
9.		<i>Post Process</i>	transmiterea programului-cod al traiectoriilor sculei la mașină

2.2.3 Metode de prelucrare disponibile în VisualMill

În *VisualMill* pot fi create două clase principale de operații de prelucrare prin aşchiere, ambele esențiale pentru orice program industrial de fabricație: frezarea și găurirea. Operațiile de frezare pot fi clasificate după cum urmează:

- *frezarea în 3 axe* – scula se poate deplasa simultan în toate cele trei direcții;
- *frezarea în 2½ axe* – scula se poate deplasa în direcțiile X și Y, în timp ce pe direcția Z este fixă, la un nivel prestabilit;
- *frezarea în 4 axe* – permite rotirea mesei mașinii pentru prelucrarea pieselor ce nu pot fi realizate cu operații simple în 2½ sau 3 axe;
- *frezarea în 5 axe* – scula poate fi rotită în toate direcțiile, astfel încât pot fi prelucrate suprafețe indiferent de orientarea acestora.

2.2.3.1 Operații de frezare în 3 axe

Utilizând acest tip de frezare, pot fi prelucrate piese cu suprafețe complexe, curbate și neverticale (*figura 2.31*).

Un scenariu clasic de prelucrare presupune selectarea pentru degroșare a operației **Horizontal Roughing**, iar pentru semifinisare a operațiilor **Parallel Finishing** și/sau **Horizontal Finishing**. Se obține astfel un semifabricat foarte apropiat de forma și dimensiunile piesei, pentru finisare putându-se recurge la orice metodă de re-uzinare sau de prelucrare pe regiuni predefinite.

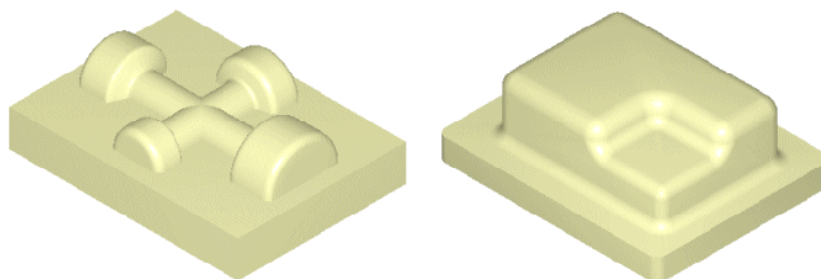



Figura 2.31 Configurații geometrice reprezentative pentru frezarea în 3 axe

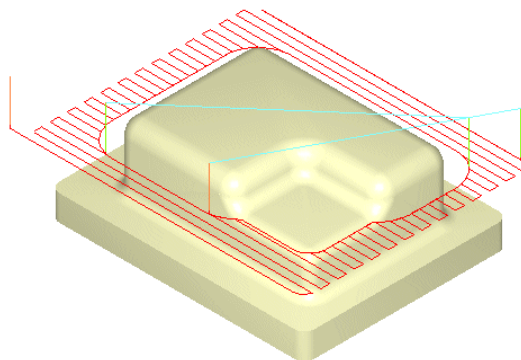
Operațiile în 3 axe disponibile sunt următoarele:

1. Horizontal Roughing  este principala operație de degroșare utilizată de *VisualMill*, cunoscută și sub numele de așchiere la Z constant sau la „nivelul apei”, care constă în îndepărtarea materialului în straturi orizontale. Acest tip de prelucrare este foarte eficient pentru prelevarea de cantități mari de material, fiind realizată, de regulă, cu o sculă de dimensiuni mari.

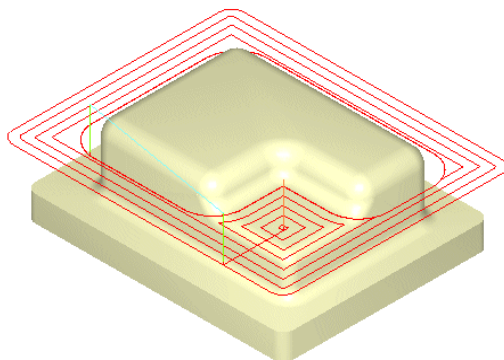
Atât geometria piesei, cât și a semifabricatului sunt utilizate pentru a delimita domeniile care pot fi așchiate în siguranță. Sunt disponibile trei tipuri de scheme de așchiere, ce definesc traiectoriile de echidistanță ale sculei:

- **Linear** (linii paralele, în zig-zag);
- **Stock Offset** (schemă în spirală, între limite stabilite de configurația geometrică a semifabricatului și a piesei);
- **Part Offset** (schemă în spirală, cu traiectorii exterioare atât conturului definit de piesă, cât și limitei stabilite de semifabricat).

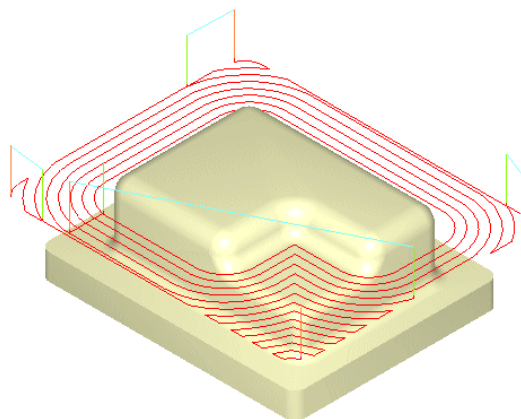
Deplasările sculei sunt reprezentate în *figura 2.32*, pentru un singur nivel Z.



Horizontal Roughing – Linear




Horizontal Roughing – Stock Offset (Pocketing)



Horizontal Roughing – Part Offset (Facing)

Figura 2.32 Variante de frezare de degroșare orizontală

2. Plunge Roughing  este o degroșare pe direcție verticală, la care scula poate așchia doar pe direcția Z, nu și pe direcțiile X și Y. Scula execută mișcări descendente suprapuse, similare unor prelucrări de găurire multiple, ce au ca efect îndepărtarea materialului sub forma unor dopuri cilindrice (figura 2.33).

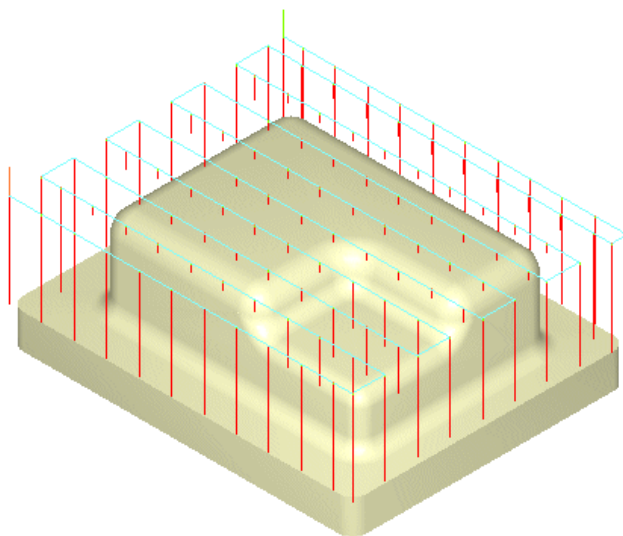




Figura 2.33 Frezarea de degroșare verticală

3. Horizontal Re-roughing  se utilizează pentru crearea traiectoriilor de sculă în zone care nu au fost prelucrate la operații anterioare. Zonele neprelucrate se identifică prin compararea piesei cu semifabricatul obținut după prelucrarea anterioară. Așchieria se realizează la nivele Z constante, pentru unul dintre acestea fiind prezentată traiectoria sculei în figura 2.34.

4. Plunge Re-roughing  are aplicabilitate similară cu operația anterioară, apelând însă la mișcări verticale ale sculei (figura 2.35).

5 Parallel Finishing  este o operație eficientă de finisare sau semifinisare, folosită în cazul pieselor cu suprafețe relativ plane. La suprafața piesei se generează în planul XY un model bidimensional liniar în zig-zag. Scula se deplasează de-a lungul acestei scheme de așchiere, urmărind conturul geometric al piesei situate dedesubt (figura 2.36).

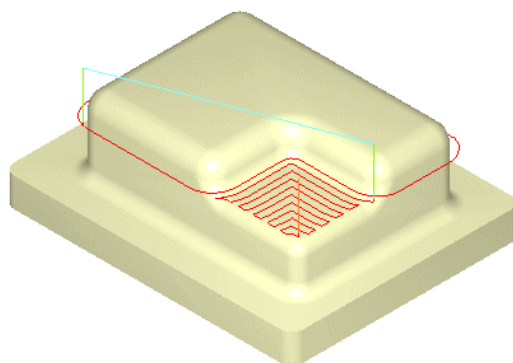


Figura 2.34 Frezarea de re-degroșare orizontală

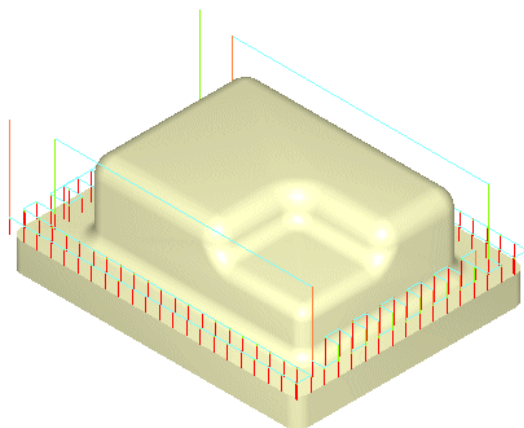


Figura 2.35 Frezarea de re-degroșare verticală

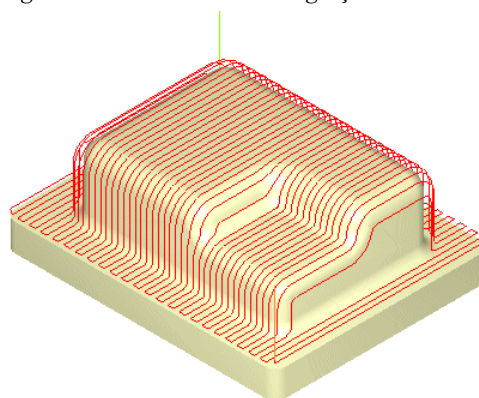



Figura 2.36 Frezarea de finisare paralelă

6. Pocket Finishing  este o operație folosită la semifinisarea și finisarea suprafețelor de fund și/sau laterale ale cavităților. Cavitățile sunt definite prin delimitarea unor zone și sunt generate prin traiectorii echidistante succesive ale sculei, realizate dinspre limita exterioară spre interior. Scula se deplasează de-a lungul acestor curbe, urmărind contururile piesei al piesei situate dedesubt (*figura 2.37*).

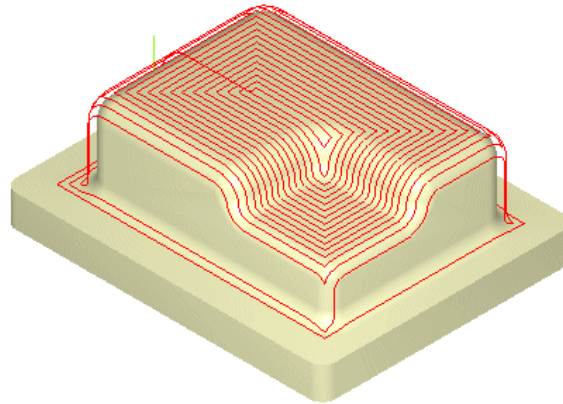



Figura 2.37 Frezarea de finisare a cavităților

7. Horizontal Finishing  este o operație folosită la semifinisarea sau finisarea la nivele Z constante, cu precădere atunci când piesa are suprafețe verticale întinse și când **Parallel Finishing** nu va conduce la obținerea unor rezultate satisfăcătoare (*figura 2.38*).

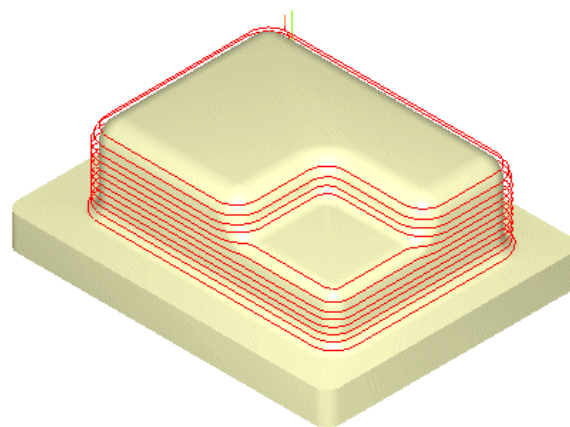



Figura 2.38 Frezarea de finisare orizontală

8. Pencil Tracing  se utilizează atât ca operație de degroșare sau re-degroșare, cât și pentru ajustare. Scula este condusă de-a lungul muchiilor, racordărilor și colțurilor piesei. Sistemul identifică toate condițiile de dublu contact sau bi-tangență determinate de raza sculei și, apoi, creează traiectorii de așchiere de-a lungul acestor zone (*figura 2.39*).

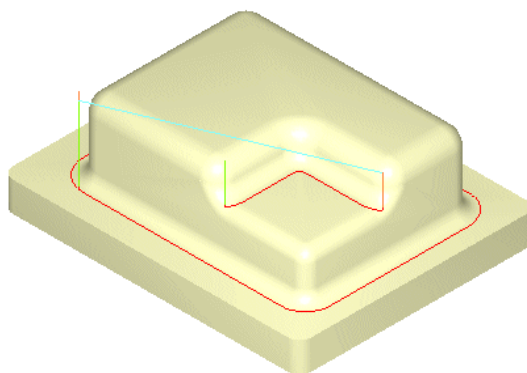



Figura 2.39 Frezarea muchiilor

Când se utilizează ca operație de degroșare, racordările și colțurile sunt detalonate, reducându-se astfel cantitatea de material de îndepărtat din aceste zone, precum și deformația și uzura sculei. Folosită ca operație de ajustare, are rolul de a îndepărta bavura rămasă după operațiile de finisare.

9. Valley Re-machining  este folosită la prelucrarea colțurilor și racordărilor ce au fost inaccesibile la operațiile anterioare de finisare (*figura 2.40*).

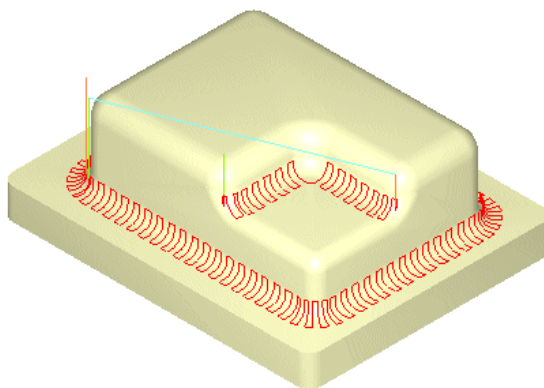



Figura 2.40 Frezarea suprafețelor de racordare

10. Plateau Machining  se folosește la prelucrarea zonelor superioare ale suprafețelor plane, înclinate față de orizontală într-un domeniu delimitat printr-un unghi maxim impus. Este utilă mai ales la corectarea suprafețelor ce rămân neprelucrate după parcurgerea de către sculă a traiectoriilor stabilite prin operațiile de degroșare și finisare orizontală – **Horizontal Roughing** și **Horizontal Finishing** (figura 2.40).

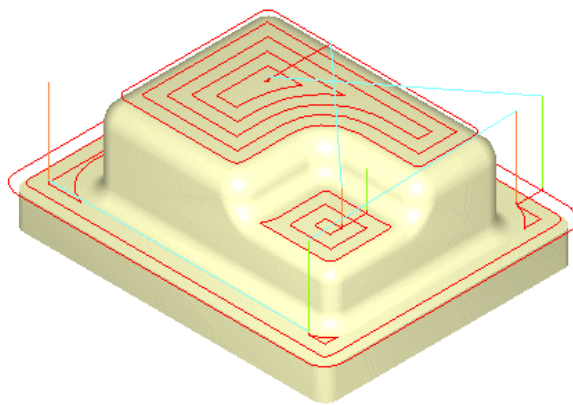





Figura 2.40 Frezarea platourilor

11. Parallel Hill Machining  este utilizată la prelucrarea suprafețelor abrupte, înclinate față de verticală într-un domeniu delimitat printr-un unghi maxim impus. Operația, bazată pe o schemă de așchiere cu traiectorii paralele, în zig-zag, se recomandă folosirea acestei metode pentru a îndepărta defectele rămase pe suprafețele în cauză, ca urmare a traiectoriilor de sculă generate la o operație prealabilă de finisare paralelă – **Parallel Finish**. Unghiul de așchiere se reglează astfel încât prelucrarea să se realizeze perpendicular pe suprafețele înclinate, suprafețele așchiate rezultând cu o rugozitate minimală (figura 2.41).

12. Horizontal Hill Machining  este similară cu **Horizontal Finishing**, așchiera având loc la nivele Z constante. Totuși, aplicarea operației este restricționată la suprafețele piesei cu pantă foarte mare, înclinate față de verticală cu un unghi maxim, definit de utilizator (figura 2.42).

13. Radial Machining  este o operație de finisare a suprafețelor cavități circulare, ce presupune specificarea uneia sau mai multor limite, scula deplasându-se radial de la centrul de greutate al suprafețelor delimitate (figura 2.43).

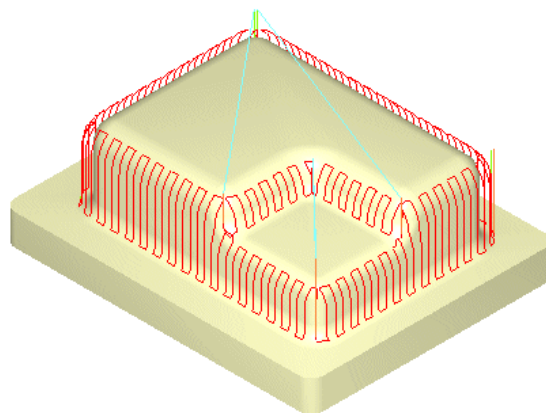


Figura 2.41 Frezarea paralelă a pantelor

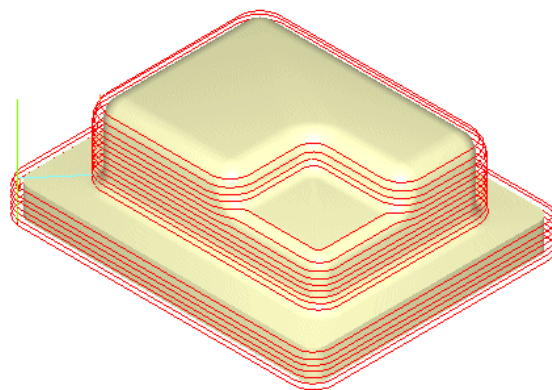


Figura 2.42 Frezarea orizontală a pantelor

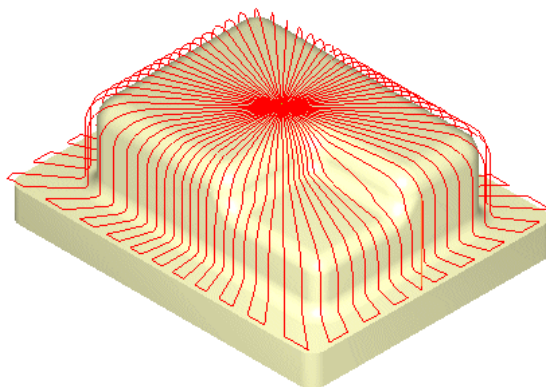



Figura 2.43 Frezarea radială

14. Spiral Machining  este o metodă de finisare a suprafețelor cu caracteristici circulare și cvasi-circulare, cum ar fi cele de fund ale cavităților. După specificarea uneia sau mai multor limite ale domeniilor de prelucrat, traiectoria sculei urmează o schemă spirală, pornind de la centrul de greutate al suprafețelor delimitate (*figura 2.44*).

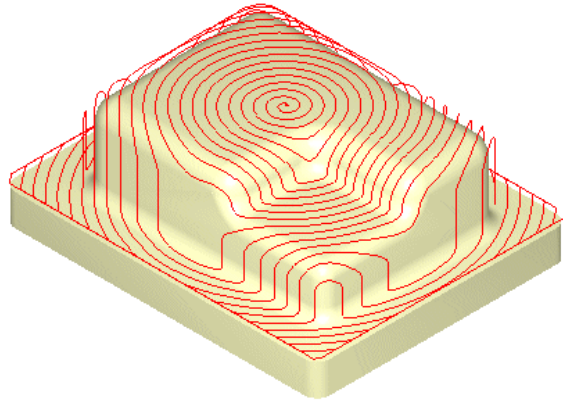



Figura 2.44 Frezarea spirală

15. Curve Machining  se pretează la prelucrarea de-a lungul unei curbe a suprafețelor sau formelor izolate. Operația presupune specificarea uneia sau mai multor limite ale domeniilor de prelucrare, direcții și scheme de așchiere. Scula urmărește simultan domeniul specificat și conturul piesei (*figura 2.45*).

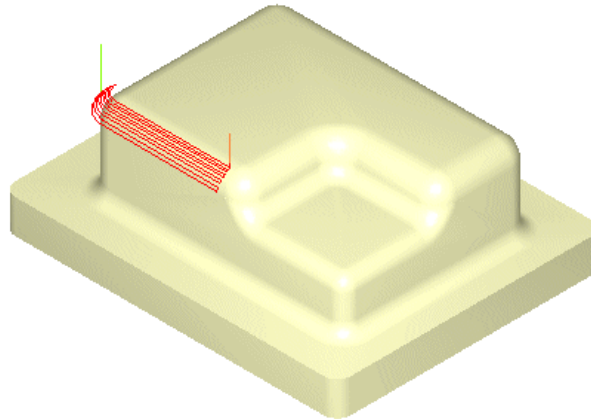



Figura 2.45 Frezarea pe curbă

16. Between 2 Curves Machining , denumită uneori frezare *flowline*, realizează prelucrarea după două curbe deschise sau închise. Traectoria sculei realizează o tranziție graduală de la o curbă la cealaltă, folosind fie o schemă paralelă cu curbele, fie normală pe acestea. Astfel se creează un mixaj de traiectorii de sculă, ce poate fi utilizat pentru finisarea eficientă a formelor complexe (*figura 2.46*).

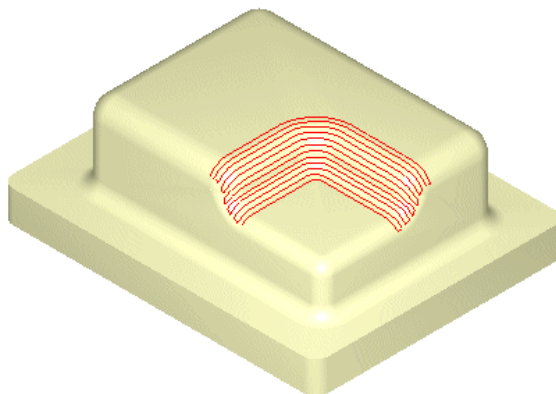


Figura 2.46 Frezarea între două curbe

17. Reverse Post Milling este o facilitate ce permite folosirea unor traiectorii de sculă salvate în fișiere APT CL sau în cod G pentru a defini deplasările sculei în raport cu suprafețele piesei sau doar pentru a realiza o simulare grafică a prelucrării.

2.2.3.2 Operații de frezare în 2½ axe

Trajectoriile sculei în cazul prelucrării în 2½ axe se definesc în planul XY, deplasările pe Z efectuându-se doar pentru stabilirea nivelelor. Deoarece aceste traiectorii nu sunt legate fie de geometria piesei, fie de cea a semifabricatului, trebuie selectate domeniile de prelucrare, ce vor defini limitele deplasărilor sculei.

Această modalitate de prelucrare își dovedește utilitatea la aşchieria pieselor prismatice (*figura 2.47.a*), al căror modele tridimensionale sunt obținute prin extrudarea unor curbe de-a lungul axei Z. Având fețe plane, o piesă prismatică poate fi prelucrată blocând scula la un prim nivel Z și realizând mișcările XY, apoi repetându-le pentru nivelele Z ulterioare. Folosind această clasă de prelucrări, pot fi realizate, de asemenea, piese definite doar prin curbe bidimensionale (*figura 2.47.b*).

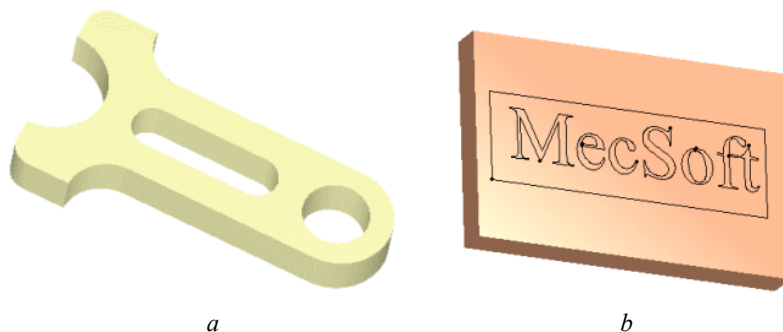



Figura 2.47 Piese reprezentative pentru frezarea în 2½ axe

La fel ca în cazul prelucrărilor în 3 axe, itinerarul tehnologic tipic de prelucrare în 2½ axe implică degroșarea și, apoi, finisarea. Spre deosebire însă de cazul pieselor complexe prelucrate în 3 axe, piesele prismatice nu necesită, de regulă, operații de finisare succesive. Degroșarea se realizează folosind o combinație a operațiilor de **Facing** și **Pocketing**, iar **Profiling** este folosită ca operație de finisare.

Operațiile în 2½ axe disponibile sunt următoarele:

1. **Facing**  se folosește la prelucrarea domeniilor închise, considerând că ele închid complet materialul de prelevat. Acest lucru înseamnă că scula se poate apropia de material din afara limitei exterioare, creând cavități inverse.

În figura 2.48.a este prezentat un exemplu ce implică domenii multiple – dreptunghiul este domeniul exterior, iar fiecare literă este un domeniu interior. Unele litere au domenii înlănțuite, care vor fi tratate ca insule (suprafețe de evitat). Domeniul exterior trebuie să înconjoare semifabricatul, putând fi creat cu ușurință prin selectarea comenzii **Bounding Region**, din categoria **Curves** a barei **Geometry**. Traectoria sculei este prezentată în figura 2.48.b.

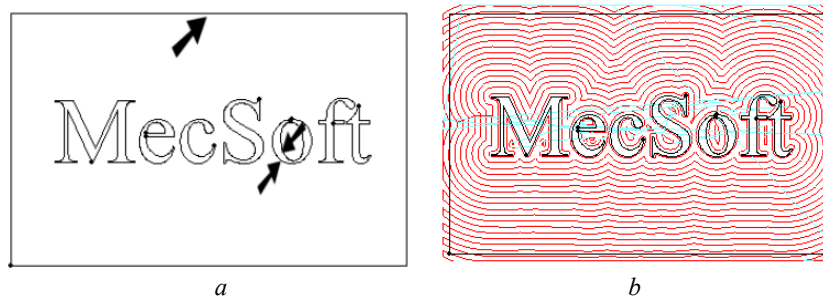



Figura 2.48 Frezarea plană

2. Pocketing  este operația prin care se prelucrează domenii închise, tratându-le ca pe niște cavități, complet înconjurate de domenii exterioare și interioare. Scula nu poate depăși limitele domeniului exterior și, de asemenea, nu poate pătrunde în domeniile interioare. Acest lucru o deosebește față de operația **Facing**, la care materialul de prelevat se consideră înconjurat de cel mai îndepărtat domeniu.

În *figura 2.49.a* este prezentat un exemplu de prelucrare prin **Pocketing**, ce implică folosirea unor domenii similare cu cele folosite în exemplul anterior, ce a ilustrat operația **Facing**, dar domeniul exterior se încadrează în interiorul limitelor adaosului de prelucrare. Traiectoria sculei este prezentată în *figura 2.49.b*.

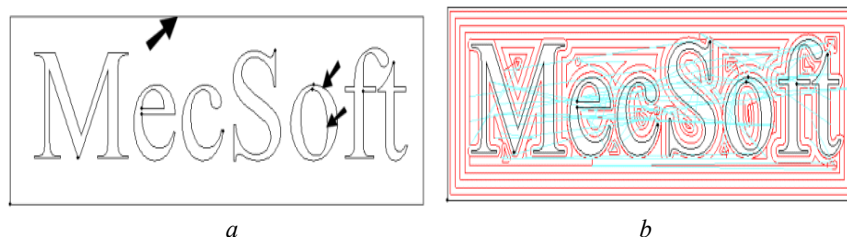


Figura 2.49 Frezarea cavităților

O comparație între piese realizate prin **Facing**, respectiv **Pocketing**, poate fi făcută analizând rezultatele obținute în urma simulării prelevării de material (*figura 2.50.a*, respectiv *figura 2.50.b*).

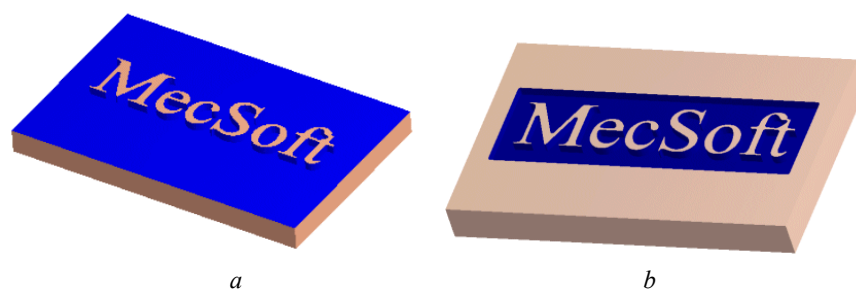



Figura 2.50 Simularea prelevării adaosului de prelucrare prin **Facing** și **Pocketing**

3. Profiling  este o operație prin care se prelucrează domenii deschise și închise, printr-o deplasare de urmărire executată de către sculă de-a lungul conturilor ce definesc domeniile implicate, pe o parte acestora (*figura 2.51.a*). Se pot defini echidistanțe, astfel încât scula să efectueze treceri multiple relativ la domeniile în cauză.

Poate fi folosită ca operație de finisare după **Pocketing** sau **Facing**, sau ca operație singulară. Rezultatele obținute prin **Profiling** sunt ilustrate de simularea prelevării adaosului de prelucrare prezentată în figura 2.51.b.

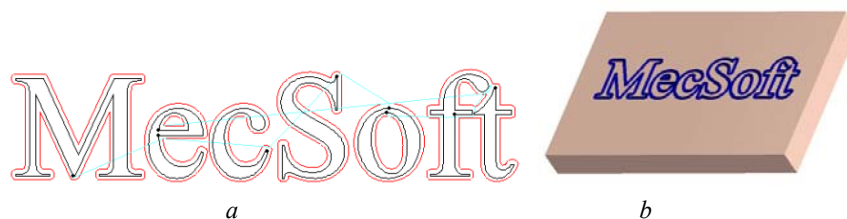



Figura 2.51 Profilarea

4. Advanced Pocketing  este o operație ce cuprinde atât funcționalitatea operației de **Pocketing**, cât și a celei de **Profiling**. Astfel, se poate degroșa, prin **Pocketing**, și finisa, prin **Profiling**, într-o singură operație. Adaosul rămas după degroșare poate fi îndepărtat prin finisare, fără a fi necesară impunerea prealabilă a valorii sale (figura 2.52).

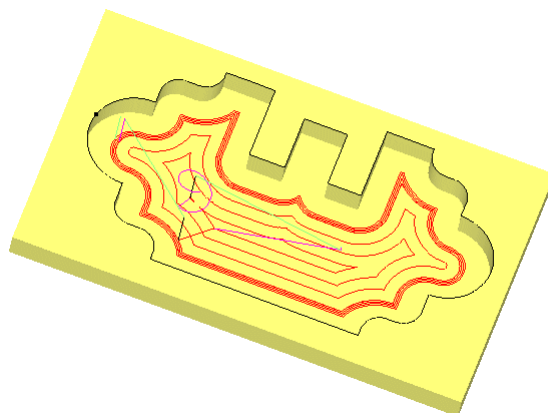




Figura 2.52 Frezarea avansată a cavităților

5. Advanced Profiling  se utilizează când sunt necesare treceri multiple de profilare de lățime variabilă, cu valori diferite ale pasului. Lățimea poate fi divizată în treceri de degroșare (cu pas mai mare) și de finisare (cu pas mai mic).

6. Re-machining  folosește o sculă mai mică pentru a îndepărta materialul neașchiat, rămas după o operație anterioară (**Facing**, **Pocketing**, **Profiling**), așa cum se ilustrează în figura 2.53.

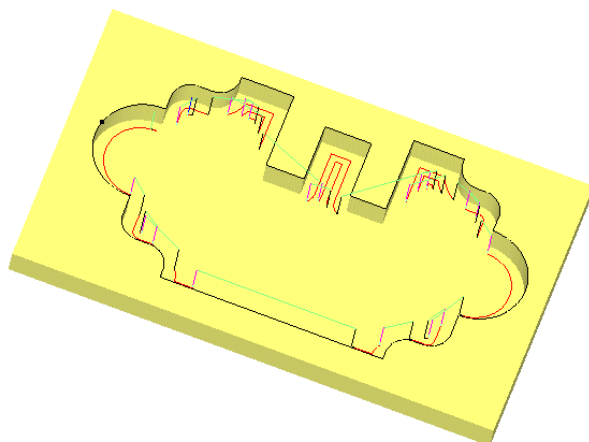




Figura 2.53 Re-uzinarea

7. Hole Pocketing  se folosește cu scopul de a așchia găuri de dimensiuni mari, caz în care se preferă operația de frezare celei de găurire. După o mișcare de angajare elicoidală, gaura este prelucrată la diametrul exterior printr-o mișcare spirală, urmată de o mișcare circulară, cu rol de ajustare (figura 2.54.a).

8. Thread Milling  este operația de filetare cu ajutorul unei freze pentru filetat (figura 2.54.b). Opțiunile operației permit realizarea de filete exterioare și interioare, pe dreapta sau pe stânga. Filetele pot fi executate într-o singură trecere sau în mai multe treceri, cu o anumită valoare a pasului.

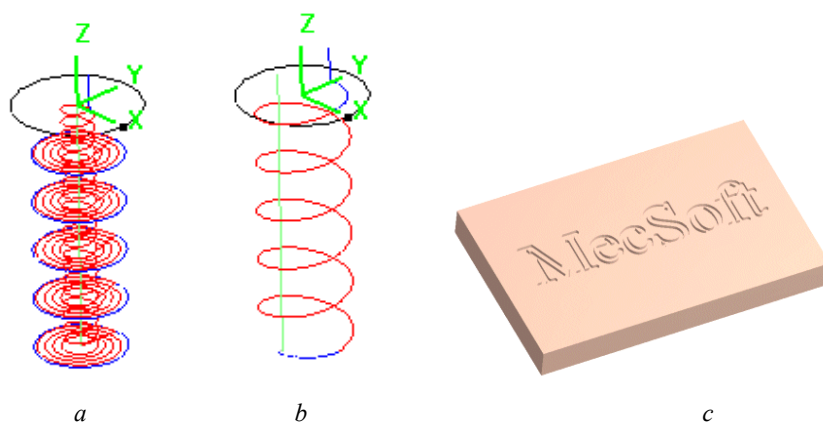



Figura 2.54 Frezarea găurilor, filetelor și gravarea

9. Engraving  este o operație de gravare a textelor și logo-urilor într-o formă finală, care prelucrează domenii deschise sau închise, prin deplasarea sculei de-a lungul conturilor unor domenii 2D sau 3D (*figura 2.54.c*). Este similară prelucrării **Curve Machining** și necesită folosirea unei freze conice.

2.2.3.3 Operații de găurire

Aceste operații permit realizarea în semifabricate de găuri străpuse, înfundate, adâncite, filetate sau alezate (*figura 2.55*).

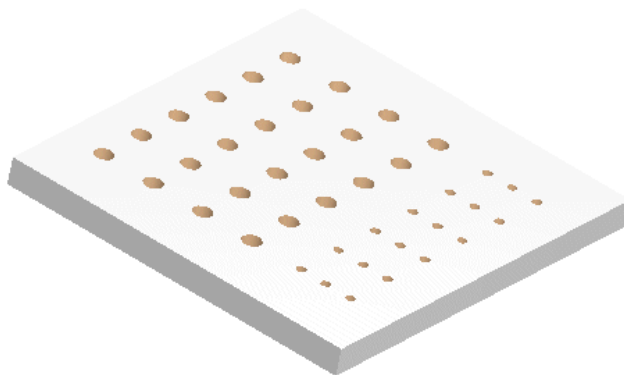



Figura 2.55 Operații de prelucrare a găurilor


Operațiile disponibile pentru prelucrarea găurilor sunt:

1. Drilling – găurirea (burghierea)


Sunt disponibile următoarele cicluri de găurire (burghiere):

- **Standard:** folosit pentru găurile a căror adâncime este de cel puțin trei ori mai mică decât diametrul sculei;
- **Deep:** folosit pentru găurile adânci, care nu îndeplinesc condiția precedentă, caz în care îndepărtarea așchiilor este dificilă. Scula se retrage complet pentru evacuarea completă a așchiilor;
- **Counter Sink** se așchiază o suprafață de intrare conică, la capătul găurii;
- **Break Chip:** similar ciclului **Deep** – de găurire adâncă, scula retrăgându-se însă la o distanță prestabilită.

2. Tapping  – tarodarea permite realizarea filetelor interioare, în sens orar sau trigonometric

3. Boring  – alezarea se utilizează pentru mărirea preciziei dimensionale, a formei geometrice și a îmbunătăți calitatea suprafeței unei găuri. Sunt disponibile următoarele cicluri de alezare:

- **Drag**: scula execută o mișcare de avans până la o adâncime prescrisă, cu o viteză controlată, apoi mișcarea de aşchiere de rotație se oprește și scula se retrage rapid;
- **No Drag**: scula execută o mișcare de avans până la o adâncime prescrisă, cu o viteză controlată, apoi se oprește pentru a orienta arborele principal, se ridică din gaură și, apoi, se retrage;
- **Manual**: scula execută o mișcare de avans până la o adâncime prescrisă, cu o viteză controlată, apoi se oprește și se retrage manual.


4. Reverse Boring  – alezarea inversă este un ciclu simplu de alezare, într-o direcție inversă. Arborele principal cu scula se orientează la un unghi stabilit și se deplasează rapid la adâncimea de avans, iar apoi arborele este antrenat în mișcarea de rotație, pornind astfel ciclul.

2.2.4 Metodologia de proiectare a tehnologiei de frezare în 3 axe

2.2.4.1 Crearea semifabricatului

Configurația geometrică a semifabricatului ce va fi utilizat pentru obținerea piesei poate fi creată în **VisualMill** sau poate fi importată dintr-un fișier extern. Sunt compatibile modele STL, Parasolid XT, VRML, Raw Triangle, DXF / DWG sau Rhino Mesh, precum și suprafețe IGES sau Rhino 3DM.

Pentru a crea semifabricatul este necesară parcurgerea următorilor patru pași:

1. Se alege meniul **Stock** sau pictograma **Create/Load Stock** , disponibilă la eticheta **Geom** a ferestrei **Browser** (figura 2.56).

2. Din lista derulantă a butonului **Create/Load Stock**, se selectează una dintre opțiunile de definire a semifabricatului (figura 2.56):

- prin introducerea coordonatelor sale, pentru două variante prestabilite ale formei geometrice, paralelipipedică – **Box Stock** (figura 2.57.a) sau cilindrică – **Cylinder Stock** (figura 2.57.b);
- prin precizarea poziției unor suprafețe limită ce înconjoară suprafețele piesei, cu ajutorul parametrilor *Offset*, ce stabilesc mărimea adaosului de prelucrare total, în trei cazuri:

- formă geometrică paralelipipedică **Part Box Stock**;
 - formă cilindrică **Part Cylinder Stock** (figura 2.58.a);
 - formă geometrică cu adaos uniform, specifică semifabricatelor obținute prin turnare sau forjare (figura 2.58.b);
 - prin definirea în prealabil a unor domenii – **Regions Stock** – sau traiectorii de sculă – **Toolpath Box Stock**;
 - prin importarea un fișier compatibil – **Import Stock**.
- Se optează pentru **Part Box Stock**.

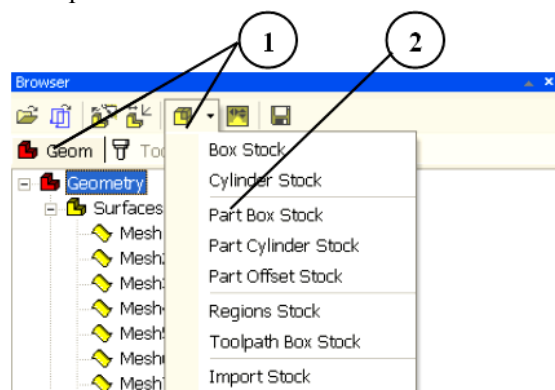
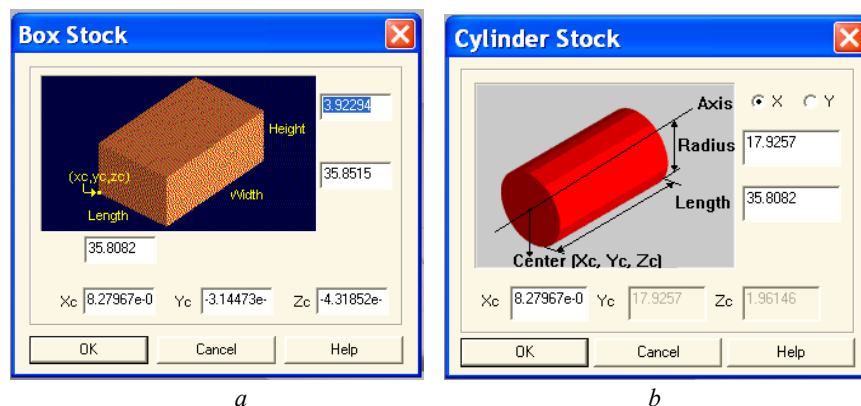


Figura 2.56 Selecția tipului de semifabricat



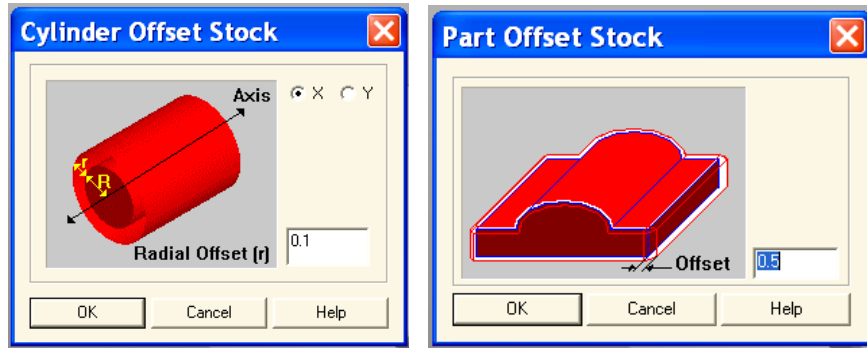
a

b

Figura 2.57 Semifabricate definite cu ajutorul coordonatelor

3. În fereastra **Part Bounding Stock Box**, valorile parametrului *Offset* pentru fiecare axă pot fi introduse în casete rezervate (figura 2.59).

4. Modelul semifabricatului este astfel creat, iar pentru a fi vizualizat se execută click pe pe eticheta **Stock** a ferestrei **Browser** (figura 2.60).



a

b

Figura 2.58 Semifabricate definite cu ajutorul parametrului Offset

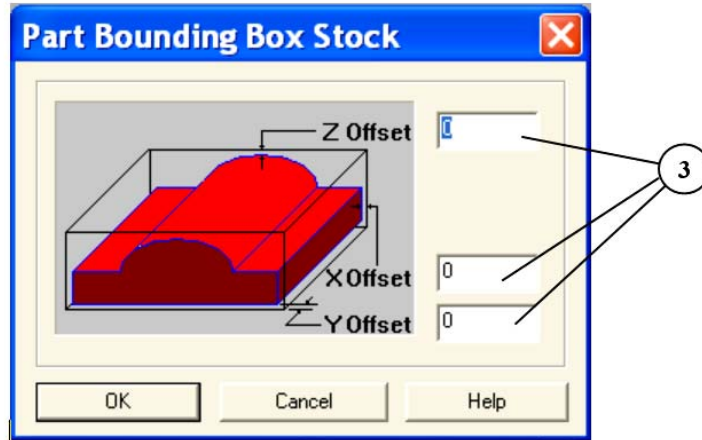


Figura 2.59 Introducerea parametrului Offset

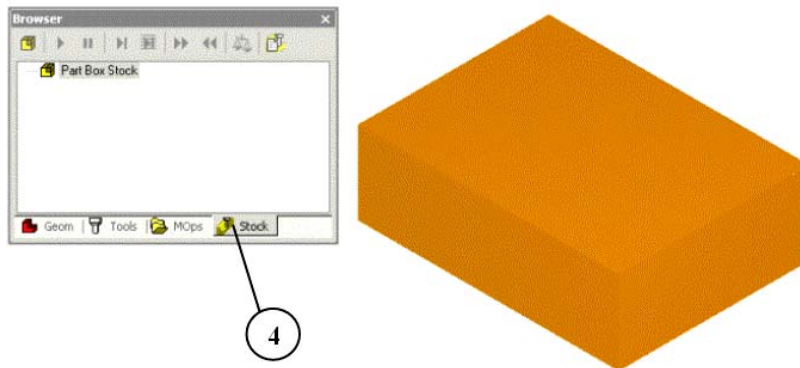



Figura 2.60 Vizualizarea semifabricatului creat

Înainte operațiilor de degroșare **Horizontal Roughing** și **Plunge Roughing** este obligatorie definirea modelului semifabricatului, pe când în cazul celorlalte operații acest lucru este opțional, putând fi realizat și după crearea operației. De fapt, la selectarea etichetei **Stock** a ferestrei **Browser** se creează automat un semifabricat paralelipipedic, cu valoarea implicită zero pentru parametrul *Offset*.

Semifabricatul este utilizat de program la realizarea simulării, dar afișarea sa poate reduce performanțele **VisualMill**. Prin urmare, se recomandă activarea opțiunii de ascundere a sa cu pictograma **Display Stock**  din bara **View**, atunci când afișarea nu este necesară.

2.2.4.2 Crearea sculelor

Programul dispune de un set relativ numeros și variat scule pentru frezare și găurire. Pentru fiecare dintre acestea pot fi prestabilite parametrii standard APT: diametrul, raza de colț, conicitatea, lungimea părții active și lungimea totală. Vizualizarea sculelor definite poate fi făcută alegând eticheta **Tools** din fereastra **Browser**. Există și posibilitatea folosirii unui set de scule salvate într-un fișier extern.

Modalitatea de creare a unei scule pentru o operație oarecare, de exemplu de degroșare, presupune parcurgerea următorilor pași:

1. Din meniul **Tools** sau din fereastra **Browser**, eticheta **Tools**, se alege pictograma **Create/Select Tool** (figura 2.61).

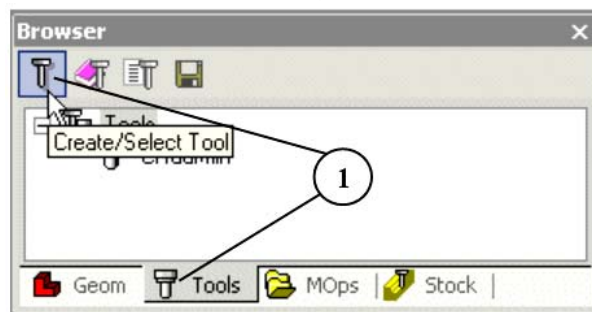


Figura 2.61 Crearea/selecția unei scule

2. În fereastra **Select/Create Tool** se alege din șirul pictogramelor corespunzătoare diferitelor tipuri de scule **Flat End Mill** (figura 2.62).

3. Se modifică, eventual, parametrii implicați ai sculei (figura 2.62).

4. Se salvează noua sculă, executând click pe butonul **Save as New Tool** (figura 2.62).

5. Scula va fi creată cu numele implicit **FlatMill1**, ce va fi afișat în lista **Tools In Library** (figura 2.62).

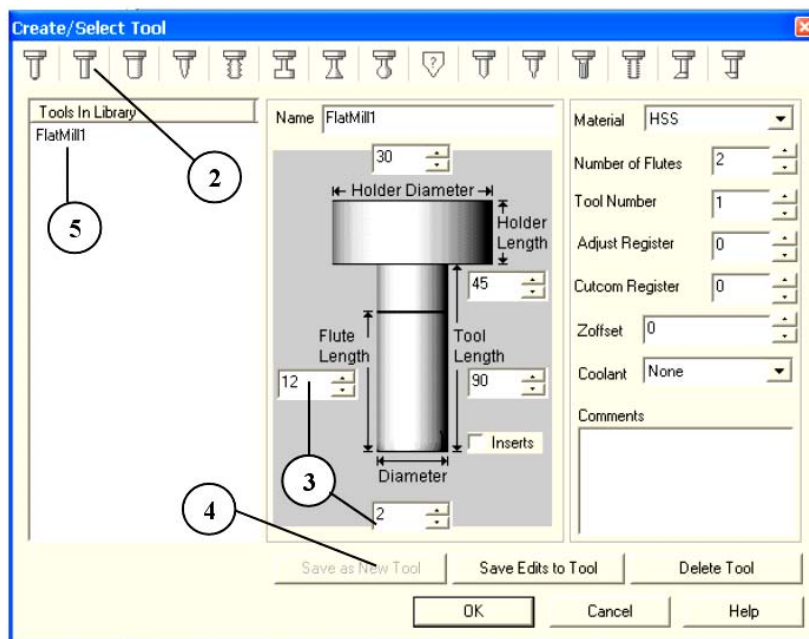


Figura 2.62 Crearea și salvarea unei scule noi

Pentru crearea unei biblioteci de scule se procedează astfel:

1. Se creează o listă de scule, repetând pașii expuși în procedura anterioară pentru toate sculele necesare într-un itinerar tehnologic de prelucrare (figura 2.63).

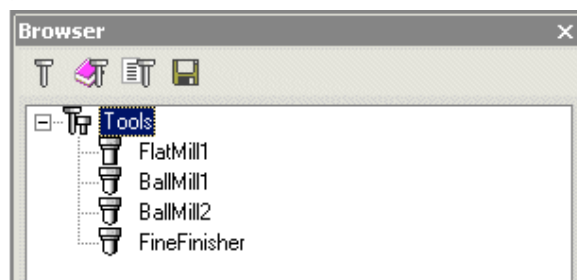


Figura 2.63 Crearea unei liste de scule

2. Grupul de scule se salvează într-un fișier din bibliotecă, cu scopul utilizării viitoare, alegând **Save Tool Library** din meniul **Tool** sau aceeași pictogramă de la eticheta **Tools** a **Browser**-ului (figura 2.64). Fișierul astfel

obținut are extensia implicită *.csv, ceea ce înseamnă că poate fi deschis și editat ca foaie de calcul sau într-un editor de texte.

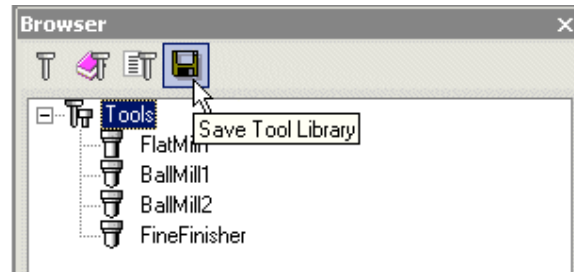


Figura 2.64 Crearea și salvarea unei scule noi

3. Pentru ștergerea unei liste de scule existente, se folosește comanda **Delete All** a meniului contextual (figura 2.65).

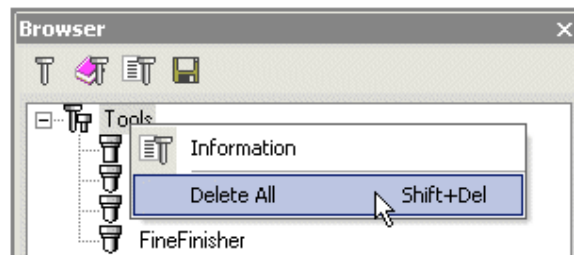


Figura 2.65 Ștergerea unei liste existente de scule

4. Pentru utilizarea setului de scule din fișierul salvat în bibliotecă, se alege **Tool / Load Tool Library** și se selectează fișierul *.csv salvat (figura 2.66).

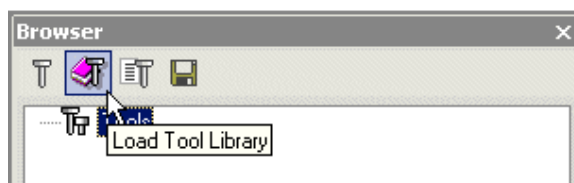


Figura 2.66 Utilizarea fișierelor din biblioteca de scule

2.2.4.3 Stabilirea avansurilor și a vitezelor de așchiere

Stabilirea vitezelor diferitelor mișcări de lucru și de poziționare presupune apelarea comenzii **Set Feeds/Speeds** din meniul **Feeds/Speeds** sau cu pictograma corespunzătoare de la eticheta **MOps a Browser-ului** (figura 2.67). În fereastra comenzii, există posibilitatea de a modifica unele valori

implicite sau de a le păstra (figura 2.68), în raport cu condiționările pe care le implică procesul tehnologic de prelucrare proiectat. Valorile selectate vor fi utilizate la post-procesarea traiectoriilor sculei.

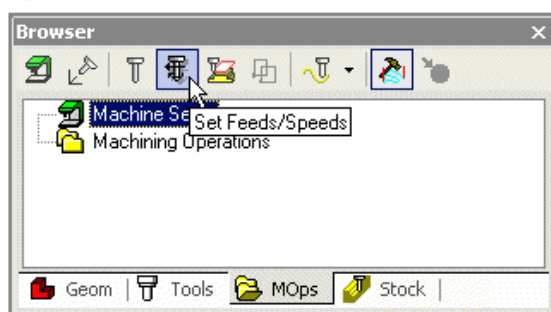


Figura 2.67 Lansarea comenzii Set Feeds/Speeds

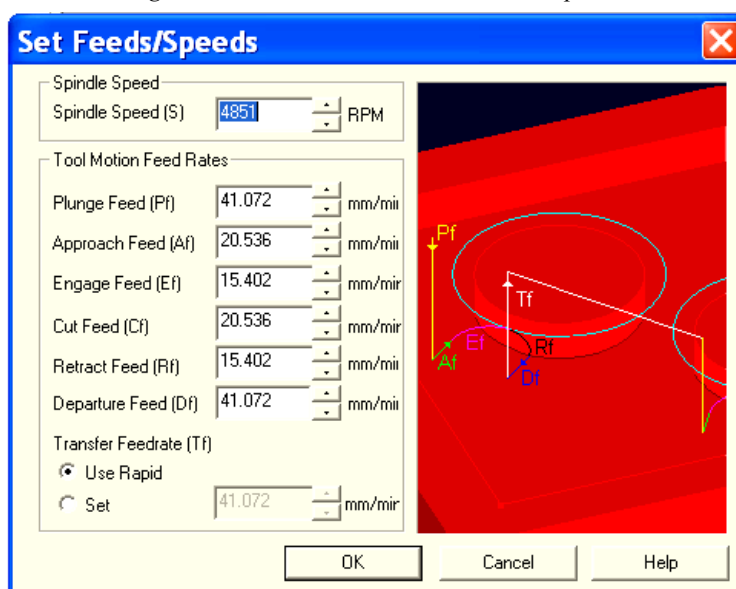


Figura 2.68 Atribuirea valorilor turației și vitezelor de avans

Pot fi atribuite valori următorilor parametri cinematici ai procesului:

- **Spindle Speed:** turația arborelui principal în rot./min;
- **Plunge Feed:** avansul de apropiere vertical, realizat înainte de angajarea sculei în material;
- **Approach Feed:** avansul de apropiere (pre-angajare), ce caracterizează mișcarea de pregătire a sculei înainte angajarea acesteia în material și de începerea a așchierii propriu-zise;

- **Engage Feed:** *avansul de angajare*, a cărui valoare implicită este 75% din avansul de lucru (așchiere) – **Cut Feed**, ce specifică viteza mișcării sculei la intrarea acesteia în șpan;
- **Cut Feed:** *avansul de așchiere*, reprezentând valoarea utilizată în timpul prelevării materialului de către sculă;
- **Retract Feed:** *avansul de retragere*, din momentul opririi așchierii, având, implicit, o valoare egală cu cea a avansului de angajare – **Engage Feed**;
- **Departure Feed:** *avansul de îndepărtare (post-angajare)*, ce caracterizează mișcarea de pregătire a sculei în momentul opririi așchierii;
- **Transfer Feedrate:** *avansul de transfer*, ce specifică viteza mișcărilor de deplasare a sculei în afara prelucrării, de la o traiectorie de lucru la alta sau la punctul de schimbare a sculei, fiind posibilă alegerea valorii setate de producătorul mașinii-unelte pentru avansul rapid – **Rapid**, respectiv particularizarea acestei valori, în raport cu cerințele procesului în cauză.

Mișcările de avans menționate anterior sunt dependente de operația de frezare utilizată.

Particularizarea valorilor vitezelor de așchiere și de avans ia în considerare materialul semifabricatului, materialul sculei și tipul operației, existând posibilitatea salvării valorilor alese într-un fișier, în vederea utilizării viitoare. În directorul **Data**, se găsește un fișier fără extensie, **FEEDSPEEDS**, ce conține un tabel cu valori implicite determinate în raport cu elementele de intrare precizate, ce poate fi utilizat pentru selecția vitezelor de așchiere și a avansurilor. Acest fișier poate fi editat, noile valori putând fi stocate într-un fișier ASCII extern. Formatul acestui fișier este următorul:

```
TYPE
{
STOCK_MATERIAL  TOOL_MATERIAL      SURFACE_SPEED      UNITS
FEED/TOOTH      UNITS    MACHINABILITY      UNITS
STOCK_MATERIAL  TOOL_MATERIAL      SURFACE_SPEED      UNITS
FEED/TOOTH      UNITS    MACHINABILITY      UNITS
.....
}
```

De exemplu:

```
FaceMilling
{
aluminum-cast carbide 900 fpm 0.0200 in 4.0 ci/min/hp
aluminum-cast hss     650 fpm 0.0160 in 4.0 ci/min/hp
```

```
aluminum-plate carbide 900 fpm 0.0200 in 4.0 ci/min/hp
aluminum-plate hss      650 fpm 0.0160 in 4.0 ci/min/hp
}
```

Valorile acestei baze de date pot fi utilizate la proiectarea tehnologică, cu ajutorul comenzii **Load Feeds/Speeds**, din meniul **Feeds/Speeds** (figura 2.69):

1. Parametrii de intrare furnizați de fișierul extern sunt cei amintiți anterior, și anume tipul operației – **Type**, materialul semifabricatului – **Stock Material** și materialul sculei – **Tool Material**;

2. Pe baza acestor parametri se stabilesc valorile optime pentru viteza de aşchiere – **Surface Speed** – și avansul pe dinte – **Feed/Tooth**;

3. Din program se preiau valorile diametrului – **Tool Diameter** – și numărului de dinți – **# of Flutes**, pentru scula curentă;

4. Pe baza acestor date inițiale se calculează turația sculei – **Spindle Speed** – și avansul pe minut – **Cut Feed**.

Prin modificarea parametrilor sculei curente, fereastra **Load Feeds/Speeds** (figura 2.69) poate fi, în mod practic, utilizată ca un calculator al acestor parametri ai regimului de aşchiere.

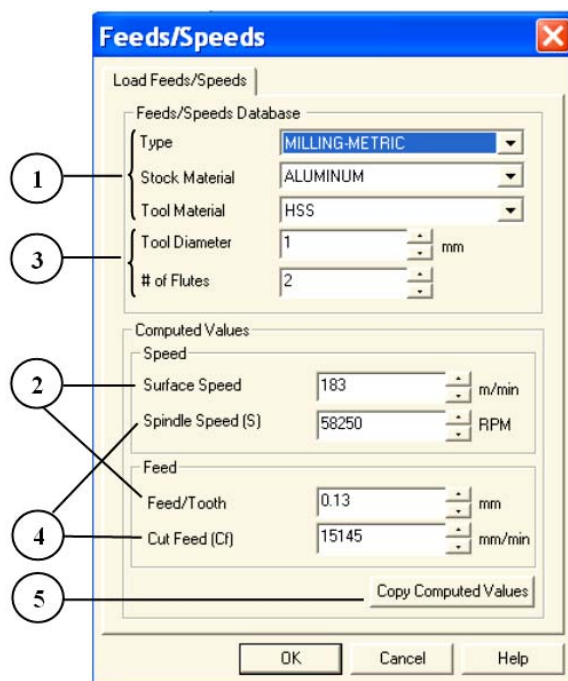


Figura 2.69 Stabilirea turației și avansului de lucru

5. Pentru înlocuirea valorilor curente din fereastra comenzii **Set Feeds/Speeds**, cu valori calculate pe baza procedurii precedente, se execută click pe butonul **Copy Computed Values**.

2.2.4.3 Crearea operațiilor de frezare

Esența procedurii de proiectare tehnologică asistată, ce respectă strategia prezentată în *figura 2.29*, constă în alegerea succesiunii de operații ale itinerarului tehnologic de prelucrare, capabile să asigure obținerea formei, dimensiunilor și preciziei impuse piesei.

Etapele parcurse pentru crearea traiectoriilor sculei în cadrul operațiilor de frezare în 3 axe sunt exemplificate pentru degroșarea orizontală – **Horizontal Roughing**. Se utilizează în acest scop eticheta **MOPs** din fereastra **Browser**:

1. Înainte de inserarea operației în structura arborescentă Machining Operations, se procedează la alegerea sculei active, conform procedurii descrise anterior, cu ajutorul comenzii **Create/Select Tool**, lansată din meniu sau din fereastra **Browser** (*figura 2.70*).

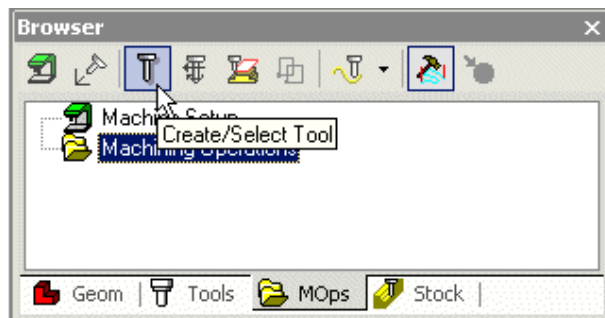


Figura 2.70 Alegerea sculei

2. Scula aleasă – FlatMill1, din categoria **Flat End Mill** – va fi afișată în linia de stare, situată în zona inferioară a ecranului (*figura 2.71*)



Figura 2.71 Afișarea sculei active în linia de stare

3. Se selectează din linia de meniu **3-Axis Milling / Horizontal Roughing**, sau se execută click pe pictograma **Machining** a ferestrei **Browser** și apoi, se optează pentru **3 Axis Machining / Horizontal Roughing** (*figura 2.72*).

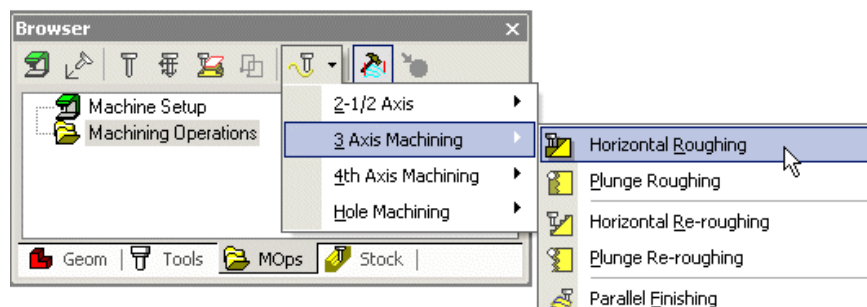


Figura 2.72 Inserarea operației necesare

4. În fereastra aferentă operației, se atribuie valori parametrilor ce definesc traiectoria sculei. În fișa etichetată **Cut Parameters**, se pot stabili parametrii **Intol**, **Outol**, și **Stock**, la eticheta **Global Parameters** situată în partea superioară a ferestrei (figura 2.73).

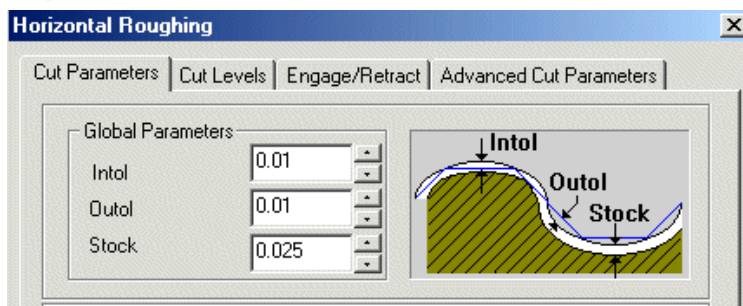


Figura 2.73 Stabilirea abaterilor extreme admisibile și a adaosului de prelucrare

Semnificația acestor parametri este următoarea:

- **Stock** – adaosul de prelucrare pentru operația ulterioară, adică grosimea stratului de material, rămas după parcurgerea de către sculă a traiectoriei complete la operația curentă; în urma operațiilor de finisare, valoarea sa este zero;
- **Intol** (Inward tolerance) – abaterea admisibilă minimă a adaosului de prelucrare, adică grosimea maximă a stratului de material, care poate fi prelevat;
- **Outol** (Outward tolerance) – abaterea admisibilă maximă a adaosului de prelucrare, adică grosimea maximă a stratului de material, care poate rămâne neîndepărtat la operația curentă, în raport cu dimensiunile intermediare ale semifabricatului.

5. În aceeași fișă, **Cut Parameters**, dar în zona cu eticheta **Cut Pattern**, se poate opta pentru una din schemele de frezare de degroșare orizontală, prezentate în figura 2.32, iar la eticheta **Cut Direction**, se poate

alege una dintre variantele disponibile pentru direcția de așchiere *figura 2.74*. Prin selectarea opțiunii **Mixed**, este permisă așchiera atât pe direcție ascendentă, cât și pe direcție descendentă, astfel încât scula nu trebuie să se retragă la fiecare schimbare a direcției. Minimizarea numărului de retrageri asigură crearea unei traiectorii a sculei mai curate. De asemenea, se alege punctul de start pentru traiectoriile de echidistanță la eticheta **Offset**.

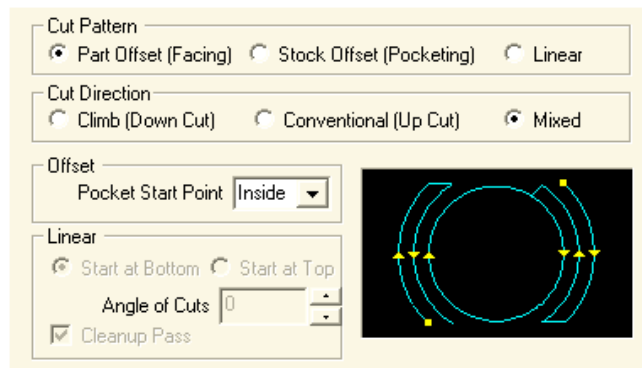


Figura 2.74 Stabilirea variantelor de degroșare orizontală

6. Eticheta **Stepover Control (S)** permite stabilirea valorii (pasului) de echidistanță în plan orizontal (*figura 2.75*).

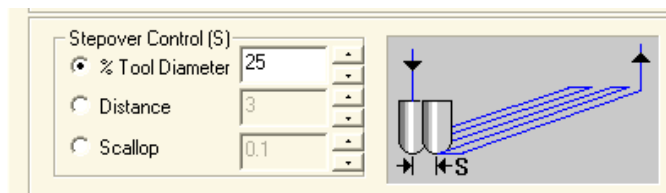


Figura 2.75 Stabilirea pasului de echidistanță orizontală

7. În fișa **Cut Levels**, se poate preciza pasul vertical la eticheta **Stepdown Control (dZ)**, ordinea și pozițiile limită ale nivelelor de așchiere, la etichetele **Cut Levels Ordering** și **Cut Levels** (*figura 2.76*).

8. Fișa **Engage/Retract** permite programarea traiectoriilor mișcărilor de angajare și retragere a sculelor (*figura 2.77.a*), iar fișa **Advanced Cut Parameters** facilitează precizarea opțiunilor legate de racordarea muchiilor, de realizare a traiectoriilor în arc de cerc și de trecere de la un contur de echidistanță, la următorul (*figura 2.77.b*).

9. Executând click pe butonul **Generate**, existent în partea inferioară a ferestrei, aceasta se va închide și, după o perioadă necesară realizării calculului, pe ecran va fi afișată traiectoria sculei la frezarea de degroșare (*figura 2.78*).

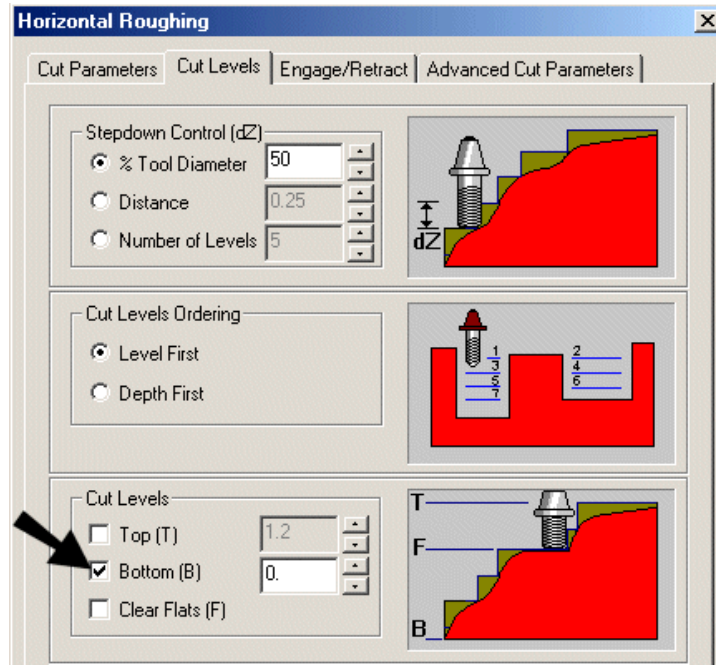
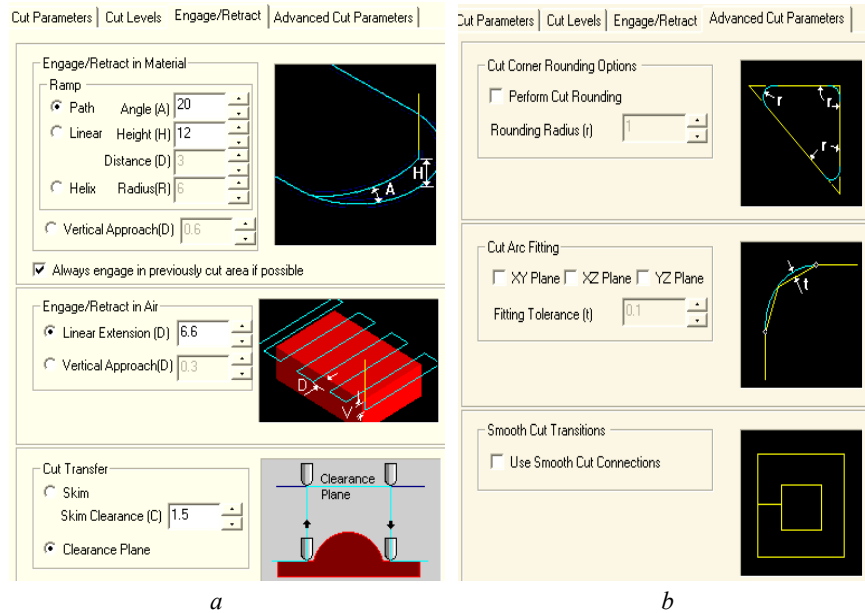


Figura 2.76 Stabilirea nivelelor de degroșare orizontală



a

b

Figura 2.77 Opțiuni avansate referitoare la programarea traiectoriilor sculei

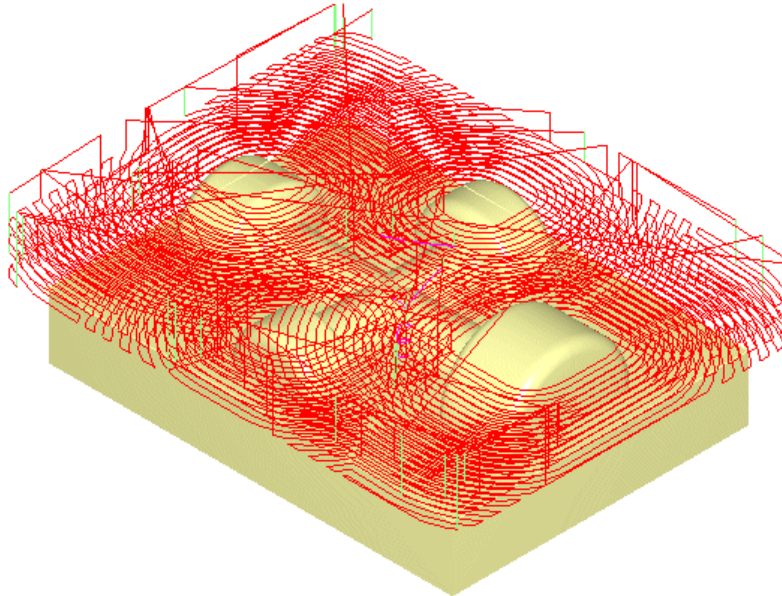
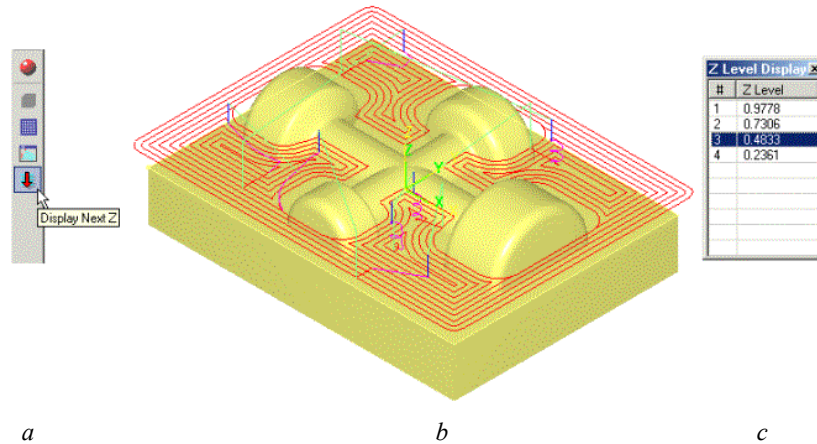


Figura 2.78 Traectoria sculei la frezarea de degroșare

10. Pentru a putea descifra cu ușurință detaliile traiectoriei, se poate opta pentru a afișarea acesteia nivel cu nivel. Astfel, în bara **View** se alege pictograma **Display Next Z** (figura 2.79.a), ceea ce va avea ca rezultat afișarea traiectoriei sculei pentru un nivel Z (figura 2.79.b), afișat într-o fereastră alăturată (figura 2.79.c). Această fereastră permite selectarea succesivă a nivelelor pentru vizualizarea deplasării sculei.



a

b

c

Figura 2.79 Afișarea traiectoriei sculei nivel cu nivel

11. Operația creată, **Horizontal Roughing**, va fi inserată în structura arborescentă **Machining Operations**, din fereastra **Browser**, eticheta **MOPs** (figura 2.80).

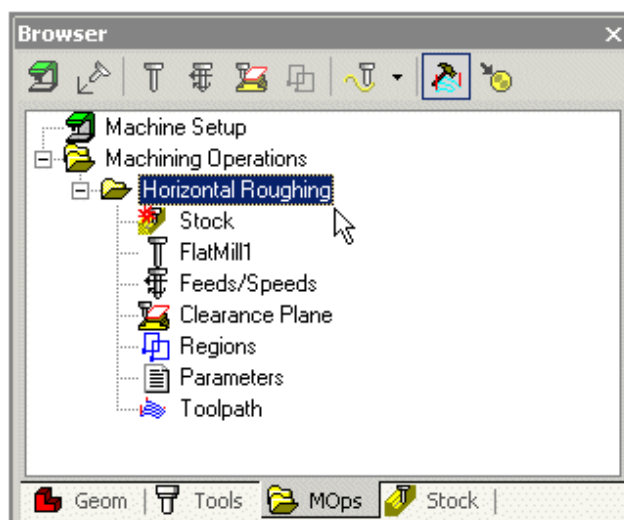


Figura 2.80 Afișarea operației create

2.2.4.4 Simularea operațiilor de frezare

Pentru simularea traiectoriei sculei se folosesc comenzi VCR, disponibile la eticheta **Stock**, în partea superioară a ferestrei **Browser** (figura 2.81). Simulatorul **VisualMill** permite vizualizarea dinamică a traiectoriilor sculelor și a rezultatului obținut în urma parcurgerii acestora, respectiv a formei semifabricatului prelucrat.

Simularea poate fi utilizată pentru evidențierea erorilor, precum și pentru compararea semifabricatului cu piesa pentru a identifica suprafețele așchiate insuficient sau în exces. Înainte de rularea simulării, este obligatorie definirea pralabilă și vizualizarea semifabricatului.



Figura 2.81 Definirea opțiunilor pentru simulare

Simularea traiectoriilor se face imediat după crearea acestora. Sunt posibile două modele de simulare, **Voxel** și **Polygonal**. Modelul Voxel utilizează linii de grilă pentru reprezentarea semifabricatului și permite o simulare mai rapidă. Simularea Polygonal este reală, utilizează modele reale ale formei semifabricatului și, prin urmare, este mult mai lentă.

Pentru simularea traiectoriei create prin operația **Horizontal Roughing** se parcurg următoarele etape:

1. Prin folosirea pictogramei **Simulation Settings**, se optează pentru unul dintre modele în fereastra **Set Simulation Preferences**, preferându-se **Voxel**, din considerentele expuse anterior (figura 2.81).

2. Pentru vizualizarea modelului semifabricatului după prelucrare, se alege eticheta **Stock** a **Browser**-ului. Până la rularea simulării, numele traiectoriei este marcată în fereastră cu un X de culoare roșie (figura 2.82.a). De asemenea, este afișat modelul semifabricatului (figura 2.82.b).

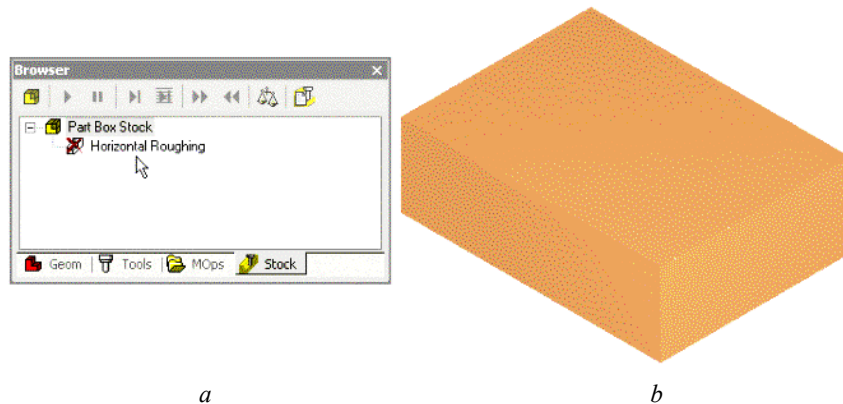


Figura 2.82 Afișarea modelului semifabricatului în vederea simulării

3. După selectarea traiectoriei **Horizontal Roughing**, se execută click pe pictograma **Simulate** (figura 2.83).

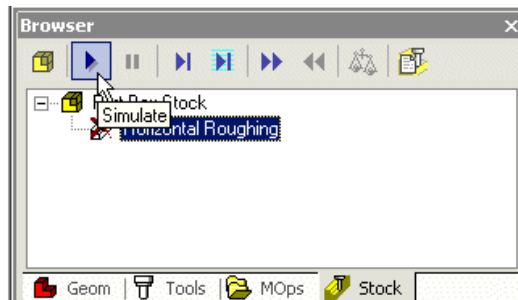


Figura 2.83 Rularea simulării

4. Finalizarea simulării va avea ca rezultat vizualizarea modelului semifabricatului, rezultat după această primă operație de aşchiere (*figura 2.84*), precum și modificarea pictogramei traiectoriei afișate la eticheta **Stock** (*figura 2.85*). Acest model va fi utilizat ca semifabricat inițial pentru simularea traiectoriilor operațiilor de frezare ulterioare.

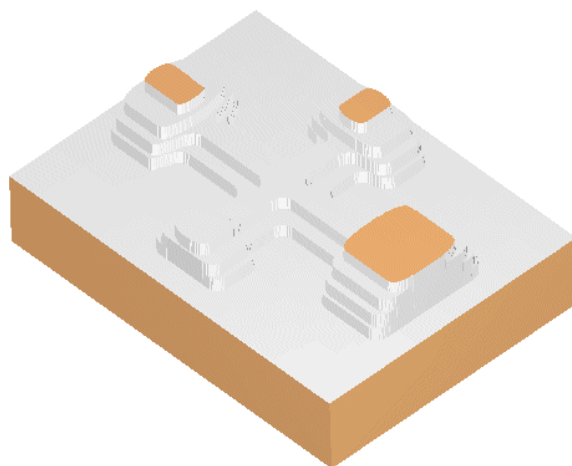


Figura 2.84 Rezultatul simulării prelevării de material



Figura 2.85 Afișarea simulării complete a traiectoriei

5. După crearea și simularea traiectoriilor sculelor pentru toate operațiile itinerarului tehnologic de realizare a piesei, se poate recurge la compararea modelului rezultat după prelucrare cu modelul piesei, cu ajutorul pictogramei **Compare Part/Stock** (*figura 2.86*).

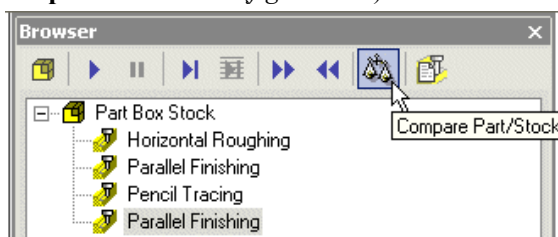


Figura 2.86 Lansarea opțiunii de comparare Compare Part/Stock

6. În fereastra **Part/Stock Comparison**, în caseta **Tolerance Band** se stabilește valoarea absolută a abaterilor admisibile, câmpul de toleranță prescris fiind considerat simetric. În interiorul acestui câmp de toleranță se stabilesc abateri limită, intervalelor de abateri astfel obținute atașându-li-se câte o culoare diferită (figura 2.87.a). Executând click pe butonul **Apply**, diferitele zone prelucrate prin frezare se vor colora corespunzător intervalelor de abateri prescrise, în care se încadrează valorile efective ale abaterilor. În exemplul ilustrat de figura 2.87.b, întreaga suprafață frezată se încadrează în domeniul zero (0,033, -0,033), fiind colorată în concordanță cu acest lucru.

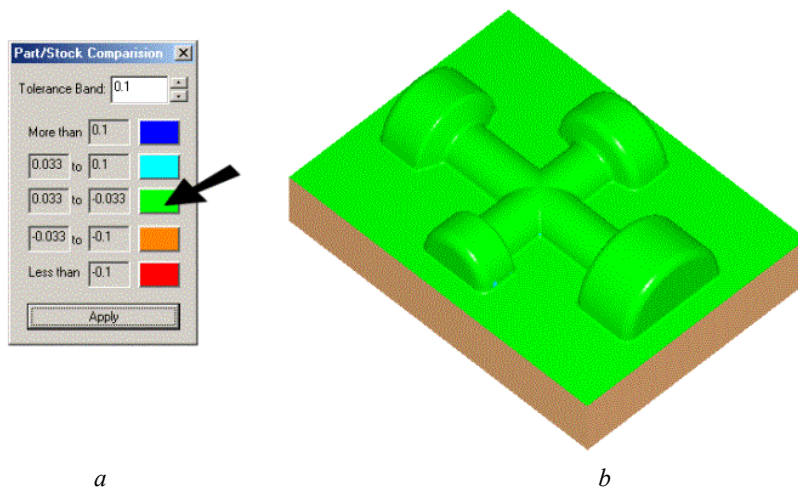


Figura 2.87 Rezultatele comparării semifabricatului prelucrat cu piesa

2.2.4.5 Post-procesarea

După generare, traiectoriile sculelor pot fi post-procesate, programul permițând selectarea post-procesorului specific controller-ului mașinii, dintr-o listă pusă la dispoziție de acesta. Traiectoriile pot fi procesate individual sau simultan.

Post-procesarea individuală se poate face cu pictograma **Post Process**, disponibilă la eticheta **MOps** a **Browser**-ului (figura 2.88) sau prin utilizarea meniului contextual, cu ajutorul comenzii **Post** (figura 2.89) sau.

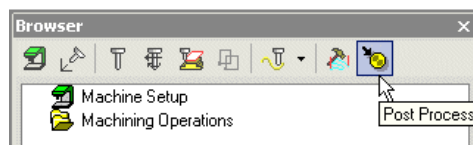


Figura 2.88 Post-procesarea individuală cu pictograma Post Process

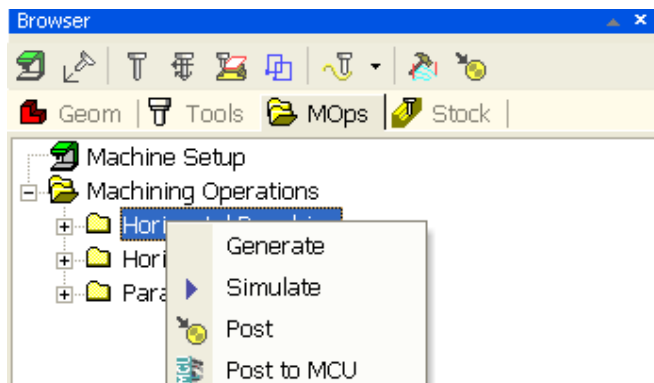


Figura 2.89 Post-procesarea individuală folosind meniul contextual

Post-procesarea simultană a unei liste de traiectorii este posibilă tot prin folosirea meniului contextual, executând click-dreapta pe directorul rădăcină **Machining Operations** și alegând comanda **Post All** (figura 2.90).

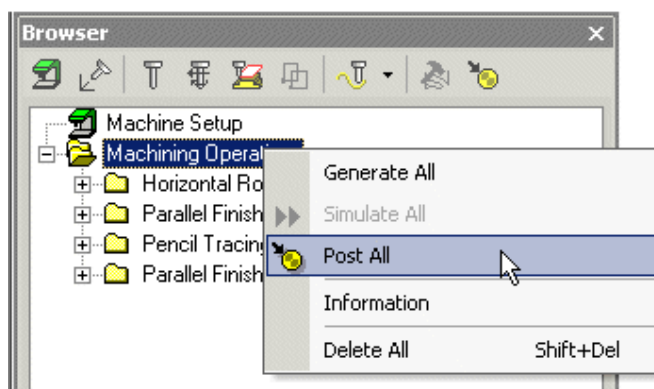


Figura 2.90 Post-procesarea simultană folosind meniul contextual

Post-procesorul dorit se alege din lista **Select Post Processor** și, apoi, se atribuie un nume fișierului de ieșire, cu extensia implicită *.nc* (figura 2.91). La finalizarea post-procesării, acest fișier se deschide în editorul de texte implicit, de obicei **Notepad**.

Există și posibilitatea procesării individuale a traiectoriilor de sculă, pentru fiecare dintre operațiile de prelucrare, selectate în itinerarul tehnologic. În acest scop, se execută click-dreapta pe numele operației din structura arborescentă afișată la eticheta **MOps** a **Browser**-ului și alegând comanda **Post** sau folosind pictograma **Post-Process**.

Opțiunile implicite ale post-procesorului pot fi, parțial, modificate alegând **Post Process / Set Post Options**.

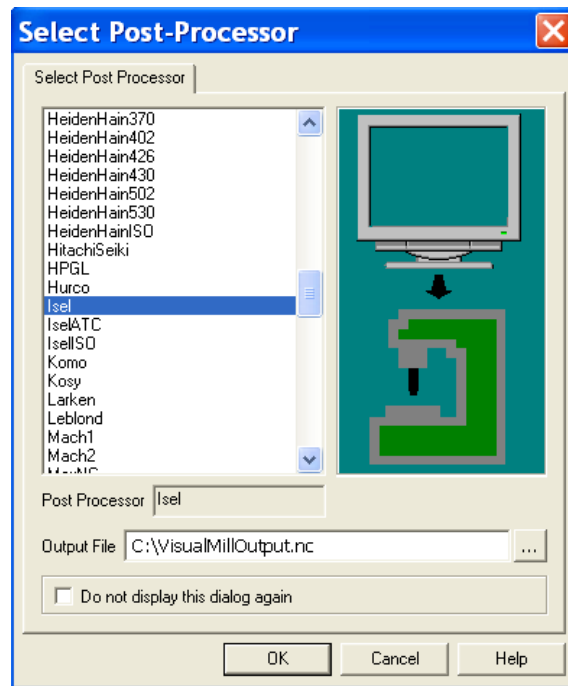


Figura 2.91 Selecția post-procesorului

Dacă se validează opțiunea **Post Process in Batch Mode**, nu se mai așteaptă terminarea post-procesării, iar o casă text permite specificarea altui editor de texte.

Există și posibilitatea particularizării parametrilor post-procesorului cu comanda **Post Processor Generator** a meniului **Post Process**, prin editarea și salvarea opțiunilor într-un fișier nou, cu extensia *.spm*. De asemenea, folosind traiectoriile proiectate ale sculei se poate genera un fișier CL în standard APT, acceptat pe scară largă pentru comanda numerică a echipamentelor, pentru care există numeroase post-procesoare comerciale.

Cap 2 Considerații asupra algoritmilor utilizați în cazul implementării soft a echipamentelor de conducere a mașinilor-unelte cu comandă numerică

2.1 Considerații generale

Datorită importanței covârșitoare pe care o au algoritmi de interpolare folosiți la realizarea preciziei poziționărilor și traiectoriilor se prezintă bazele algoritmice utilizate la elaborarea pachetelor de programe.

S-au considerat următorii algoritmi:

-algoritmi de tip ADN

-algoritmi bazați pe calculul unui discriminant, în funcție de semnul căruia se apreciază poziția punctului curent al traiectoriei approximate față de curba reală;

-algoritmul diferenței coordonatelor, bazat pe emiterea de impulsuri pe cele două axe cu o frecvență comandată după o anumită lege;

-algoritmi cu calculul direct al funcției prin metoda octanților.

În continuare se abordează algoritmul bazat pe calculul unui discriminant, algoritm utilizat cu bune performanțe la conducerea cu calculatorul a mașinilor de prelucrare prin electroeroziune cu electrod filiform

2.2 Realizarea interpolării liniare

Fundamentul acestui algoritm este calculul unui discriminant D adecvat, al cărui semn precizează poziția punctului curent al traiectoriei față de conturul nominal de prelucrat.

Schema de principiu este prezentată în *figura 8.8* în care s-au utilizat aceleași notații cu cele utilizate în cadrul sursei în limbajul C, prezentate la sfârșitul acestei lucrări.

x_{54} , y_{54} - coordonatele punctului inițial (punctul de început al interpolării liniare);

x_{64} , y_{64} - coordonatele punctului final (punctul de sfârșit al interpolării liniare);

Coefficientul unghiular al dreptei definite astfel prin două puncte este evident

$$panta = \arctg \left(\frac{y_{64} - y_{54}}{x_{64} - x_{54}} \right);$$

Se definește variabila suplimentară sm care are valoarea:

1 - în cazul în care $panta < 0$, corespunzând deci unghiului cu valori în intervalul (90, 180) grade;

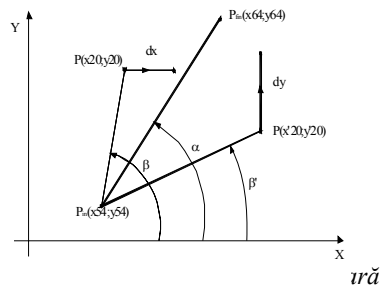
-1 - în cazul în care $panta \geq 0$, corespunzând deci unghiului cu valori cuprinse în intervalul [0, 90] grade;

Se consideră un punct curent P, de coordonate x_{20} , y_{20} , propunându-ne în continuare să determinăm poziția acestuia față de segmentul $P_{in}P_{fin}$; evident că să se poate defini un nou segment de dreaptă $P_{in}P$, al cărei coeficient unghiular m este definit de relația:

$$m = \arctg \left(\frac{y_{20} - y_{54}}{x_{20} - x_{54}} \right)$$

Mecanismul interpolării liniare impune testarea continuă a poziției punctului P și corectarea poziției sale cu pași astfel determinați încât să se asigure readucerea pe segmentul nominal $P_{in}P_{fin}$; în cazul punctului P, este evident că această readucere se face prin intermediul unui segment dx paralel cu axa x; pentru comparație se prezintă pe aceeași figură cazul unei poziții P', la care readucerea pe segmentul $P_{in}P_{fin}$ se face prin intermediul unui segment dy , paralel cu axa y.

Se pune problema determinării unui criteriu de apreciere a necesității de a se face corecția pe axa x sau axa y;



Se definește discriminantul

$$\Delta = (x_{64} - x_{54}) * (y_{20} - y_{54}) - (y_{64} - y_{54}) * (x_{20} - x_{54});$$

În cazurile în care $\Delta > 0$ sau segmentul de interpolare este paralel cu axa y, se comandă efectuarea unui pas pe axa y, în caz contrar comandându-se efectuarea unui pas pe axa x.

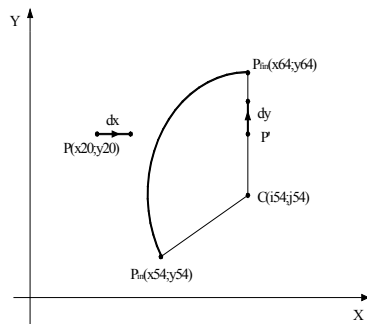
Observație: sensul mișcării se determină aprioric lansării algoritmului de interpolare prin setarea unor variabile de sens, aferente celor două axe, și anume:

$se1 = 1$ pentru $x_{54} < x_{64}$ și -1 în caz contrar

$se2 = 1$ pentru $y_{54} < y_{64}$ și -1 în caz contrar

2.3 Interpolare circulară

Schema de principiu este prezentată în *figura 8.9*.



2.1.1.3 **Figura 8.9 Interpolarea circulară**

Problema este asemănătoare cu interpolarea liniară, dar în această situație trebuie determinat un alt criteriu care să determine condiția de efectuare a unui pas pe axa x sau axa y. Criteriul utilizat va fi comparația distanței de la punctul studiat la centrul cercului cu raza acestuia:

-astfel în cazul punctului P, de coordonate x_{20}, y_{20} , distanța P_c este mai mare decât raza cercului impunându-se efectuarea unui pas de corecție dx paralel cu axa x;

-în cazul punctului P', distanța sa până la centrul C al cercului este mai mică decât raza, și în această situație se impune efectuarea unui pas de corecție dy paralel cu axa y;

Aceste raționamente au condus la determinarea următoarei expresii pentru discriminatul delta:

$$\begin{aligned} \text{delta} = & ((x_{20} - i_{54}) * (x_{20} - i_{54}) - (x_{54} - i_{54}) * (x_{54} - i_{54})) \\ & + (y_{20} - j_{54}) * (y_{20} - j_{54}) - (y_{54} - j_{54}) * (y_{54} - j_{54}) \end{aligned} \quad * \text{cadran};$$

Interpretarea semnelui delta este identică cu situația interpolării liniare;

În paragraful următor este listat conținutul funcției C++ care implementează algoritmi de interpolare implementați anterior.



Adresa: Str. Pestalozzi, nr. 16, Timisoara, cod postal 300223, jud. Timis
Tel.:0256.592.573
Fax:0256.592.574

***Programul Operațional Sectorial „Creșterea
Competitivității Economice”***

„Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu
poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului
României”

EDITURA FUNDAȚIEI IOAN SLAVICI
Timișoara, 2010