

FABRICAȚIA ASISTATĂ DE CALCULATOR, APLICAȚII PENTRU FREZARE ȘI ELECTROEROZIUNE CNC

Autor: **Adrian Fiera**¹

Conducător științific: Șl. dr. ing. **Florea Dorel Anania**

REZUMAT: Lucrarea prezintă fabricația asistată de calculator(CAM), prelucrarea prin frezare și electroeroziune cu comandă numerică(CNC) și soluții software pentru CAM.

Se vor prezenta posibilitățile de prelucrare prin aceste procedee pentru o piesă din domeniul mecanic utilizând soft-urile CATIA și PEPS.

Cuvinte cheie: Fabricația asistată de calculator(CAM), frezare, electroeroziune, CNC(Computer Numerical Control), software CAM.

1. INTRODUCERE

Fabricația asistată de calculator s-a dezvoltat ca răspuns la problema materializării unui model geometric existent pe planșeta proiectantului. Primul pas în fabricația asistată de calculator este transpunerea în calculator a modelului geometric dorit, folosind o aplicație specializată. Există pe piață o serie de aplicații care pot servi la realizarea acestei etape, alegerea soluției optime depinzând de mai mulți factori.

În lucrarea de față se vor prezenta operațiile de frezare și electroeroziune, precum și posibilități de aplicare a acestora.

În cele ce urmează se vor folosi următoarele soft-uri pentru partea de CAM : CATIA v5 pentru frezare și PEPS pentru electroeroziune.

2. STADIUL ACTUAL

Fabricația asistată de calculator se referă la sistemele informatice care ajută la generarea programelor necesare pentru fabricarea piesele la utilaje cu CNC. Plecând de la geometria piesei, de la tipul de operație dorită, de la instrumentul ales și de la condițiile de taiere definite, sistemul calculează traiectoriile instrumentului de prelucrare pentru a obține o mecanizare corectă și printr-o post-procesare, generează programele corespunzătoare de CN cu codificarea specifică CNC-ului unde se vor executa. În general, informația geometrică a piesei provine de la un sistem CAD, care poate să fie sau nu integrat cu sistemul CAM.

Conceptul de comandă numerică a apărut la Institutul de Tehnologie din Massachusetts(MIT) în anul 1951 pentru aplicații ale ingineriei de proces. Termenul "numeric" înseamnă că intrările datelor de comandă iau forma unor numere reprezentate în cod binar(0 și 1) pentru a putea fi procesate direct pe controller-ul mașinii. Numerele introduse descriu geometria piesei, traiectoriile de prelucrare și alte specificații tehnologice.

O mașina unealtă cu comandă numerică este alcătuită din: mașina unealtă propriu-zisă și echipamentul de comandă numerică, legate între ele prin echipamentul electric.

MUCN sunt fabricate în colaborare de mai multe firme, unele realizând partea clasică, altele fiind specializate în partea de comandă numerică.

Echipamentele de comandă numerică se prezintă într-o gamă foarte largă.

Cele mai cunoscute echipamente CNC sunt : Sinumerik(Germania), FANUC(Japonia), Alcatel (Franța), Mikromat(Germania).

Comanda numerică este implementată pentru mai multe tipuri de mașini:

- mașini de frezat
- strunguri
- mașini de găurit
- mașini de rectificat
- mașini de electroeroziune

3. PRELUCRAREA PRIN FREZARE

Frezarea este operația de prelucrare prin așchiere care se execută cu ajutorul unei scule așchietoare numită freză, pe o mașină-unealtă denumită mașină de frezat. Freza este o sculă așchietoare cu mai multe muchii așchietoare pentru prelucrarea suprafețelor prin două mișcări

¹ Specializarea Concepție și Management în Producție, Facultatea IMST;
E-mail: adi_1190@yahoo.com;

simultane: mișcarea de rotație (în jurul axei proprii) și mișcarea de avans.

În funcție de construcția acestora și orientarea arborelui principal, principalele tipuri de mașini de frezat sunt mașina de frezat orizontală și mașina de frezat verticală. Mașinile de frezat pot fi clasice (Fig.1) sau cu comandă numerică (Fig.2).

Mașinile care se întâlnesc în practică au de obicei 3-5 axe, cele mai multe având 3 axe.

Mașinile în 3 axe execută 3 mișcări de translație pe axele X, Y, Z.

Orice mișcare executată de MUCN se raportează la un sistem de referință ortogonal. Originea sistemului este dată de punctul în care $X=0, Y=0, Z=0$. Alegerea originii este efectuată de către utilizator în funcție de piesa de prelucrat.

Există o multitudine de clasificări pentru freze. Scula așchietoare poate fi monobloc (Fig.3) sau cu plăcuțe demontabile (Fig.4). Frezele se mai pot distinge în funcție de diametru, numărul de dinți, geometria părții așchietoare (cu rază, fără rază, sferică) etc.

Freza se alege în funcție de anumiți factori cum ar fi tipul materialului de prelucrat, geometria acestuia, performanțele utilajului pe care se va realiza prelucrarea.



Fig.1. Mașină de frezat clasică



Fig.2. Mașină de frezat cu comandă numerică



Fig.3. Freză monobloc



Fig.4. Freza cu plăcuțe

4. PRELUCRAREA PRIN ELECTROEROZIUNE

Electroeroziunea este un procedeu de prelucrare neconvențional în care acțiunea de îndepărtare a materialului de pe obiectul de prelucrat este realizată prin acțiunea repetată a unor descărcări electrice. În procesul de electroeroziune, piesa de prelucrat trebuie să fie dintr-un material care să conducă curentul electric. Electroeroziunea se realizează utilizând un electrod masiv sau un electrod filiform (fir).

Există două tipuri de mașini de electroeroziune: mașini de electroeroziune cu fir (WIRE CUTTING) și mașini de electroeroziune cu electrod masiv (DIE SINKING).

Mașinile de electroeroziune cu electrod masiv (Fig.5) reproduc în piesa metalică forma geometrică a sculei, numită electrod. În zona de lucru a mașinii, fiecare descărcare electrică creează un crater în piesă (material îndepărtat) și o uzură asupra electrodului (Fig.6).

Forma electrodului este dependentă de forma cavității ce trebuie să rezulte în urma procesului. Acesta este confecționat din cupru sau grafit. Nu există contact mecanic între electrod și piesă în timpul prelucrării. Mașinile de electroeroziune cu electrod masiv sunt capabile de mișcări în 4 axe, respectiv electrodul poate avea deplasări pe axele: X, Y, Z și rotație pe C, în jurul axei proprii. În timpul prelucrării piesa de prelucrat rămâne fixă. Mașinile de electroeroziune cu fir (Fig.7) folosesc un fir (electrod) pentru a tăia un contur dorit (programat) într-o piesă cu proprietăți de conductivitate electrică (Fig.8).

Se obțin precizii și rugozități deosebite folosind mașinile de electroeroziune cu fir.

În cazul tăierii unui contur închis este necesară practicarea unei găuri de plecare (pentru introducerea firului) sau plecarea dintr-o margine în cazul unei tăieri pe exteriorul piesei.

Firul nu intră niciodată în contact cu piesa.

Acesta este din alama sau cupru, cu diametrul între 0.03 și 0.3 mm.

Mașinile de electroeroziune cu fir sunt mașini capabile de mișcări în 5 axe (X, Y, U, V și Z).



Fig.5. Mașină de electroeroziune cu electrod



Fig.6. Electroeroziune cu electrod



Fig.7. Mașină de electroeroziune cu fir

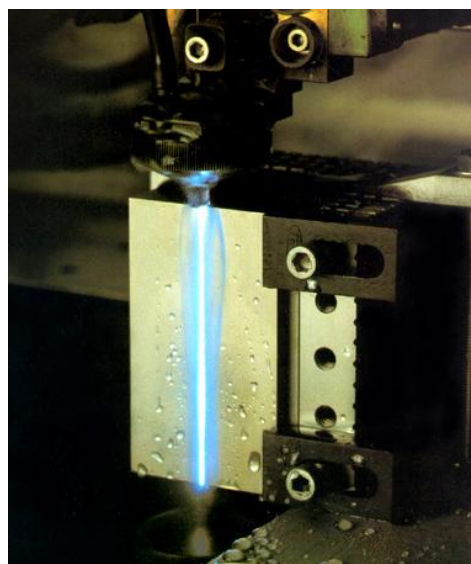


Fig.8. Electroeroziune cu fir

5. APLICAȚII CAM PRIN FREZARE ȘI ELECTROEROZIUNE PENTRU UN REPER DIN DOMENIUL MECANIC

Se consideră pentru prelucrare piesa următoare, o pastilă de formare ce intră în componența unei matrițe de injecție mase plastice (Fig.9). Materialul piesei este oțel W300 (1.2343), duritate 20 HRC înainte de tratamentul termic și 48-52 HRC după tratament.

Se va prelucra înainte de tratamentul termic prin frezare și se vor realiza găurile de răcire. După tratament se rectifică pe exterior, se frezează și se erodează prin electroeroziune cu electrod și fir.

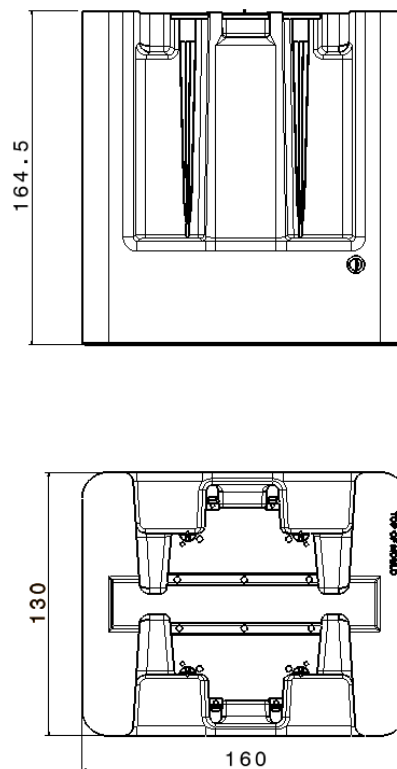
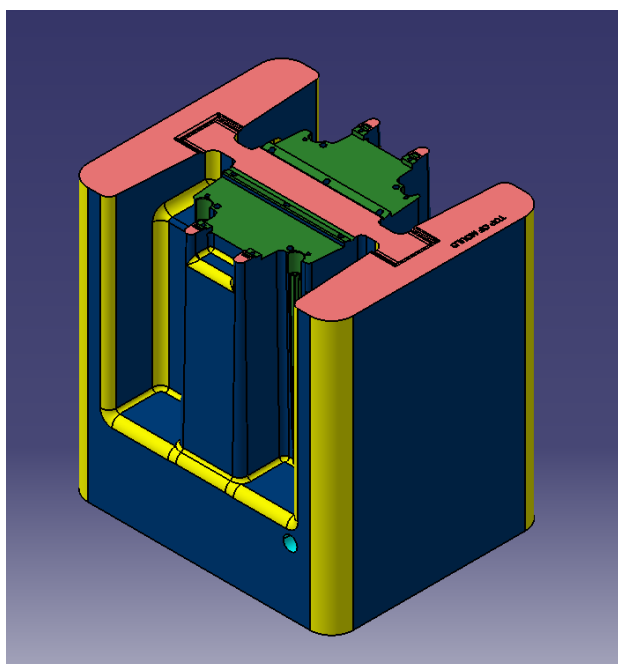


Fig.9.Piesa de prelucrat

Se achiziționează materialul pentru prelucrare, respectiv oțel W300(1.2343).
Se realizează mai întâi conturul exterior cu un adaos de 0.5 mm pe latură.
Această operație se programează direct din soft-ul mașinii de frezat CNC, nefiind nevoie de programare CAM după modelul 3D(Fig.10).

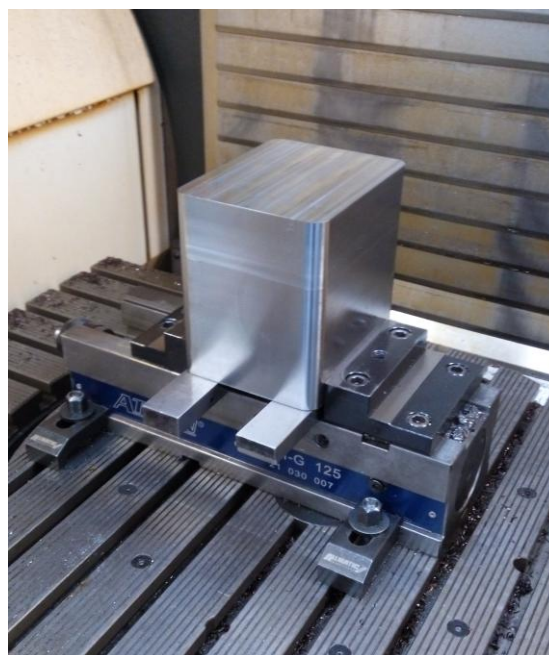
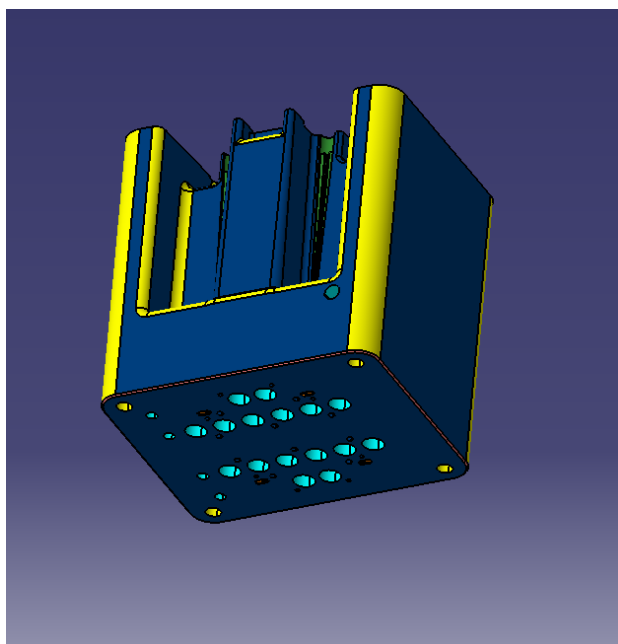


Fig.10.Frezare contur exterior

Urmează operația de frezare după modelul 3D. Pentru aceasta vom utiliza modulul "Surface Machining" al soft-ului CATIA v5.

Se va freza materialul folosindu-se trei prinderi: una pe poziție verticală și încă două prinderi cu piesa culcată pe lateral.

S-a ales această soluție pentru că este mai convenabil să folosim o freză cât mai scurtă deoarece este mai rigidă.

Dacă s-ar fi frezat total din poziția verticală ar fi fost nevoie să folosim freze cu lungime corespunzătoare pentru cota din fig.11.

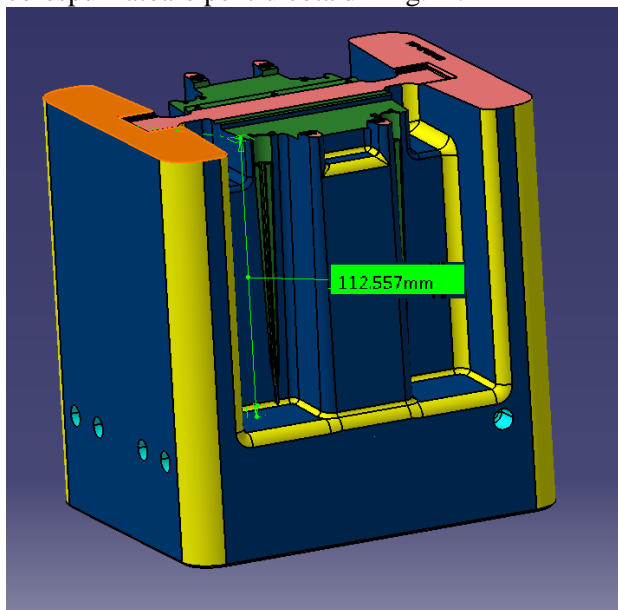


Fig.11. Cota de lungime

Vom realiza frezarea din poziție verticală.

Se va defini semifabricatul și originea piesei (Fig.12).

S-a ales pentru origine un punct de la baza piesei situat echidistant față de marginile acesteia.

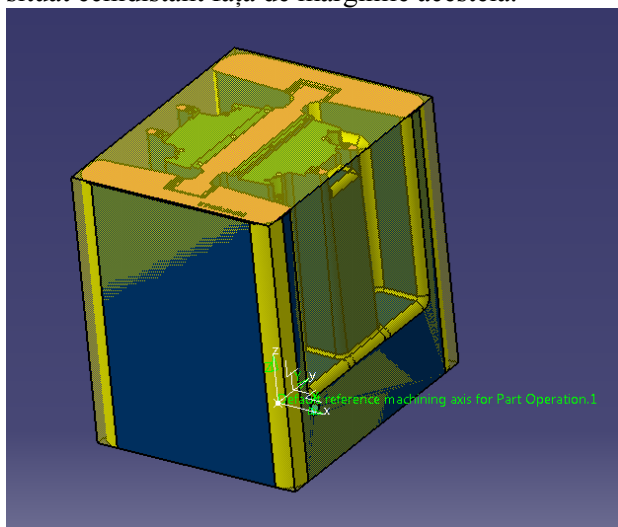


Fig.12. Definire semifabricat și origine piesă

Se va apela pentru început la o operație de degroșare (Roughing). Pentru aceasta se va utiliza o freză de $\varnothing 20$ cu rază de 1 mm. Se vor defini diferiți parametri: geometria de prelucrat, adâncimea maximă de așchiere (Fig.13), avansul și turația sculei (Fig.14). Se va lăsa și un adaos de prelucrare pentru operația de finisare de 0.5 mm.

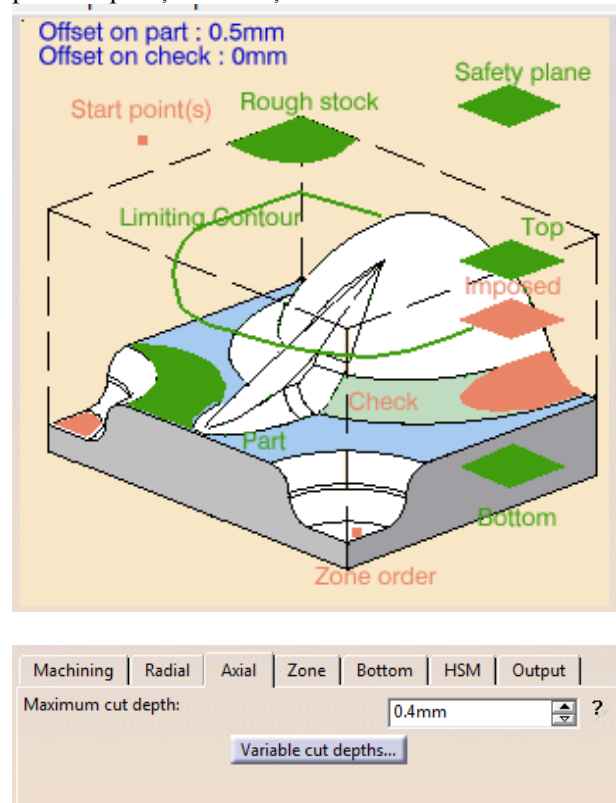


Fig.13. Definirea geometriei, adaosului pentru prelucrare și adâncimii de așchiere

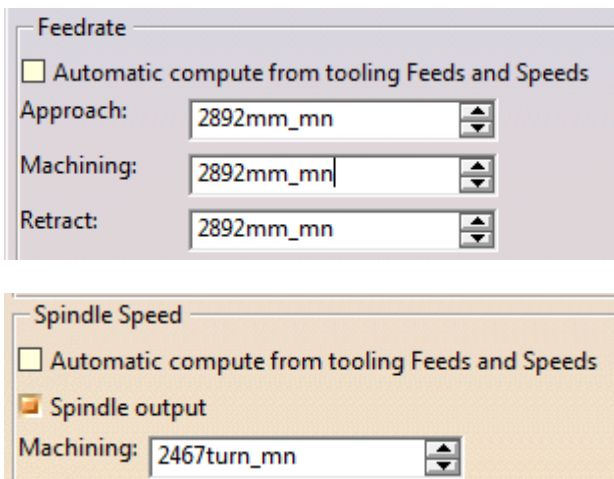
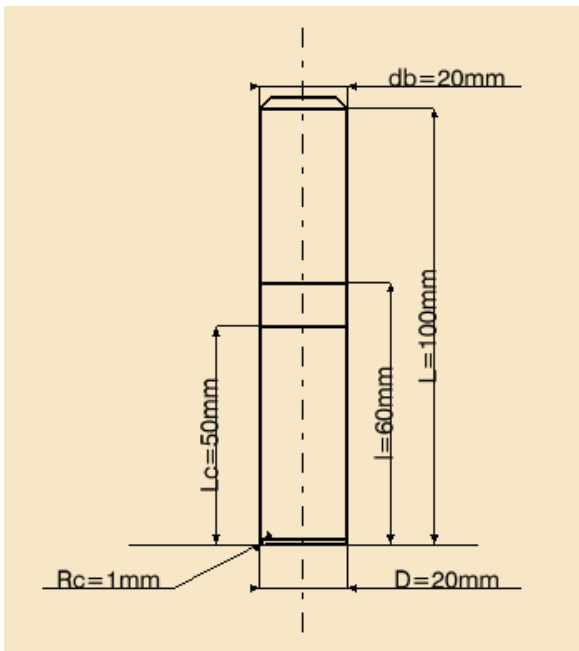


Fig.14. Definirea sculei așchietoare, a avansului și turației acesteia

Pentru stabilirea regimului de așchiere s-a utilizat o aplicație online pusă la dispoziție de firma Sandvik Coromant. Se introduc anumite date cum ar fi: duritatea materialului, codul și parametrii frezei, diametrul, numărul de dinți etc. S-au obținut rezultatele din Fig.15.

Această aplicație stabilește parametrii în funcție de scula utilizată, nu de utilajul de frezare.

În funcție de performanțele utilajului, aceste valori pot fi diferite.

Cutting data recommendation		
Cutting speed (vc):	155	m/min
Spindle speed (n):	2467	rpm
Feed speed (vf):	2892	mm/min

Fig.15. Calculul parametrilor de frezare

După ce se introduc toți parametrii se va procesa operația (Fig.16) și va rezulta traiectoria sculei așchietoare (Fig.17).

Durata acestei operații este de 42', conform simulării.

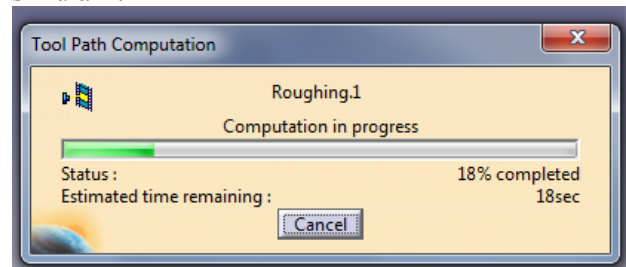


Fig.16. Procesarea parametrilor pentru realizarea operației

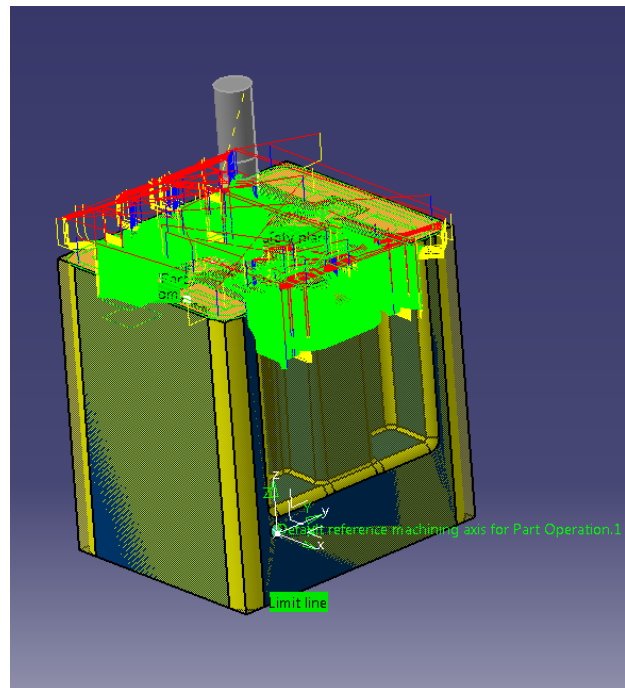




Fig.17.Operația de Roughing(degroșare)

Se realizează încă două operații de degroșare cu freze de $\phi 10$ și $\phi 6$ pentru a îndepărta material în zonele mai înguste în care freza de $\phi 20$ nu a avut acces.

Se trece la cea de-a doua prindere, cu piesa așezată pe lateral(Fig.18).

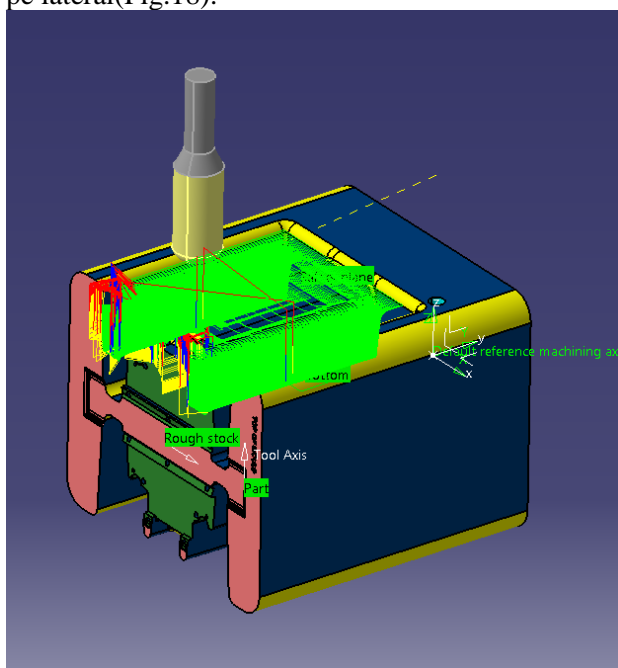


Fig.18.Prinderea cu piesa așezată pe lateral

Se utilizează operații de degroșare cu freze de $\phi 25$, $\phi 16$, $\phi 10$ și $\phi 6$ cu același adaos ca în prinderea anterioară, respectiv 0.5 mm.

Prelucrarea pentru cea de-a treia prindere este identică, este nevoie doar să se rotească piesa pentru a prelucra partea opusă.

Se poate vizualiza simularea video pentru toate operațiile pe care le-am creat(Fig.19).

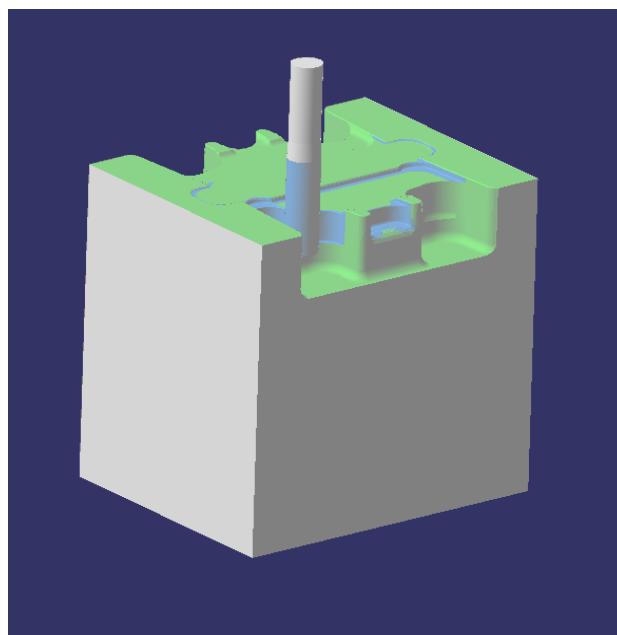


Fig.19.Simularea video

La final se va obține programul specific CNC prin postprocesare. Se va alege un anumit tip de postprocesor. S-a ales postprocesorul "Siemens840" (Fig.20).

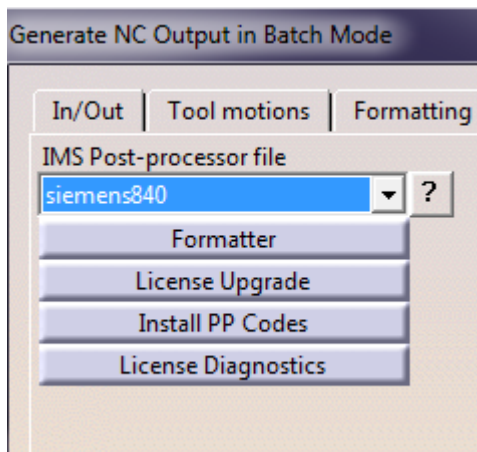


Fig.20. Alegerea postprocesorului

În continuare va rezulta fișierul NC care va fi transmis spre mașina de frezat cu comandă numerică de tip Siemens Sinumerik. O mica parte dintr-un program poate fi vazut în Fig.21. Programul rezultat prelucreaza în 3 axe (X, Y, Z).

```

N564 X-38.904 Y-.807
N565 X-38.716 Y-.635 Z164.805
N566 X-38.167 Y-.084 Z164.778
N567 X-37.701 Y.427 Z164.754
N568 X-37.202 Y1.029 Z164.726
N569 X-36.785 Y1.583 Z164.702
N570 X-36.345 Y2.227 Z164.675]
N571 X-35.978 Y2.82 Z164.651
N572 X-35.597 Y3.508 Z164.623
N573 X-35.288 Y4.13 Z164.599
N574 X-34.973 Y4.848 Z164.571
N575 X-34.727 Y5.484 Z164.548
N576 X-34.484 Y6.209 Z164.521
N577 X-34.294 Y6.882 Z164.497
N578 X-34.112 Y7.66 Z164.469
N579 X-34.049 Y7.997 Z164.457
    
```

Fig.21. Programul specific CNC

În urma prelucrării din cele trei prinderi rezultă piesa din fig.22.

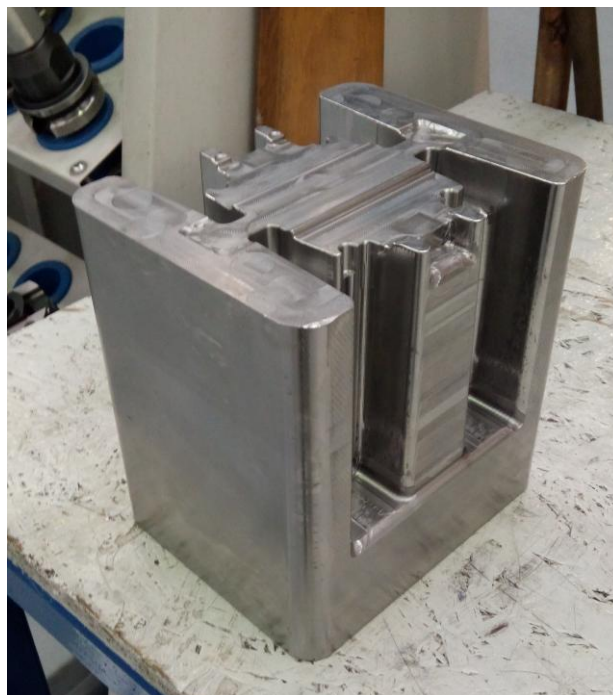


Fig.22. Piesa după frezarea de degroșare

Următorul pas este realizarea găurilor de răcire cu diametrul de $\varnothing 12$ dar și cele de șurub M10. Se realizează operațiile de centruire și găurire. Acestea se programează direct din mașină (Fig.23).





Fig.23.Centruirea și găurirea

Aceste găuri nu se vor prelucra la finişie deci nu se va lăsa adaos.

Piesa este apoi trimisă la tratament termic, în urma căruia va rezulta o duritate de 48-52 HRC.

Este necesar tratamentul termic deoarece pastila trebuie să reziste la câteva sute de mii de injecții fără a se uza. Un tratament termic din care rezulta o duritate exagerat de mare poate duce însă la fisuri în material.

După tratament, piesa este rectificată la cotele exterioare. Se realizează atât vinclajul cât și cota finală (Fig.24).

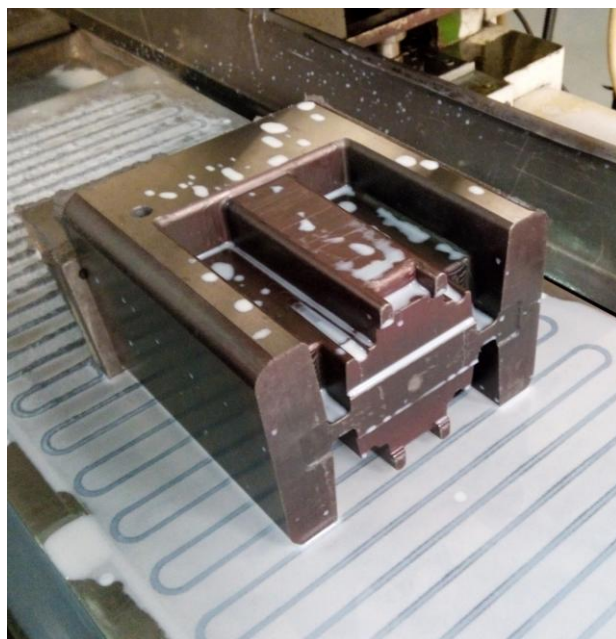


Fig.24.Rectificarea

După rectificarea pastila ajunge din nou la freza CNC pentru finişie.

Se vor repeta cele trei prinderi și se va freza în modul de finişie (Fig.25).

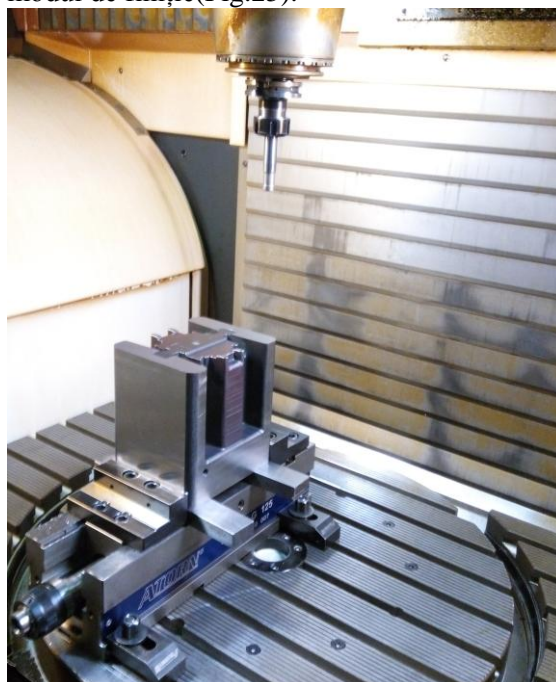




Fig.25.Frezarea de finitie

Operațiile de finitie constau în finisarea pereților cu 'Z Level', frezarea zonelor plane cu 'Spiral Milling', frezarea suprafețelor complexe cu 'Sweeping'.

S-au folosit scule cu diferite diametre, de la $\varnothing 16$ până la $\varnothing 2$.

Totul s-a frezat fără a se lăsa adaos, mai puțin profilul de formare indicat în figura 26.

Profilul are o zonă destul de îngustă care ar trebui abordată cu freze de diametru foarte mic, materialul este dur, ceea ce ar însemna un timp de prelucrare crescut.

Această zonă se va prelucra prin electroeroziune.

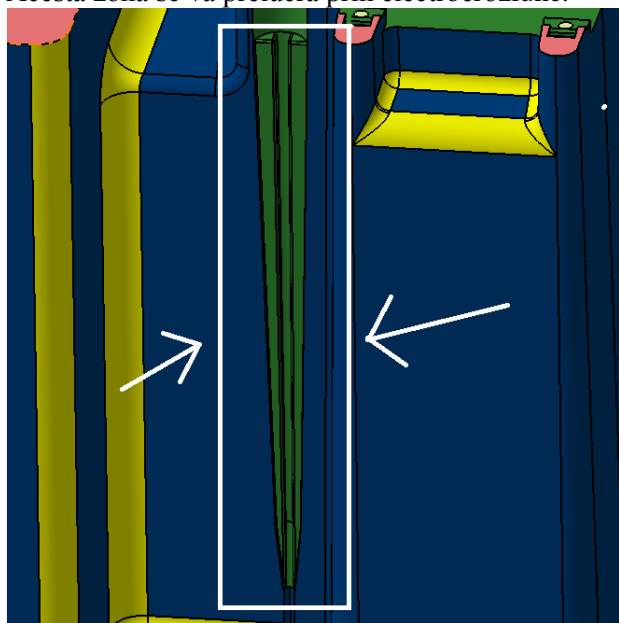


Fig.26.Profilul nefinisat prin frezare

Referitor la timpul de prelucrare s-a constatat că este dependent de următoarele:

-Dimensiunea sculei de prelucrat.

Cu cât scula de prelucrat este mai mare cu atât timpul de prelucrare va fi mai scurt. Uneori dimensiunea sculei poate fi limitată și de geometria piesei.

-Adâncimea de așchiere axială folosită și numărul de niveluri de trecere.

Cu cât se crește adâncimea de așchiere și se scade numărul de treceri, timpul de prelucrare va fi mai scurt.

-Pasul radial.

Cu cât se utilizează pași mai mari cu atât timpul de prelucrare va fi mai scurt.

-Avansul.

Dacă avansul sculei este mai mare, timpul de prelucrare este mai scurt.

În afară de acești factori mai intervin și alții cum ar fi: duritatea materialului de prelucrat, performanțele sculelor utilizate, performanțele utilajului folosit.

Pastila mai are 18 găuri de aruncatori cu diametre de $\varnothing 2$ și $\varnothing 3$. Acestea au un diametru tolerat și se vor realiza prin electroeroziune cu fir (Fig.27).

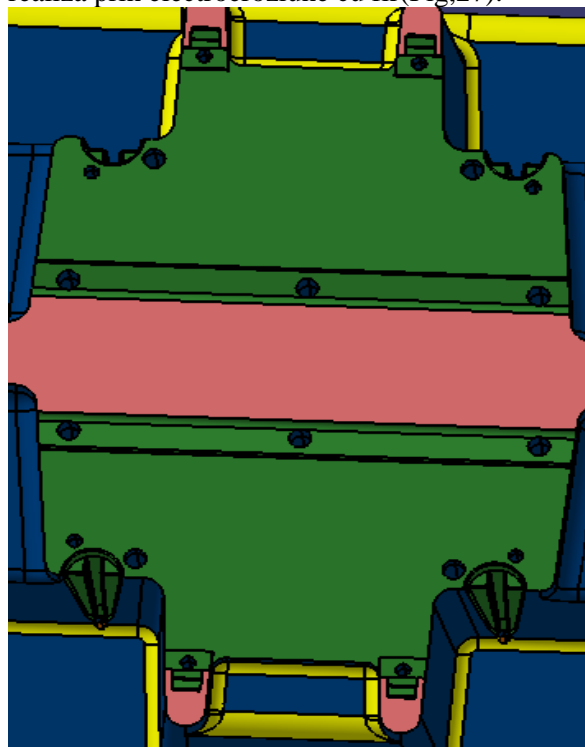


Fig.27.Găurile de aruncatori

Pentru a introduce firul se strapunge piesa în coordonatele gaurilor pe mașina de găurit prin electroeroziune folosindu-se un electrod de $\varnothing 1$. (Fig.28)



Fig.28.Străpungerea găurilor de aruncători

Piesa merge la mașina de electroeroziune cu fir pentru realizarea găurilor de aruncatori(Fig.29).



Fig.29.Tăierea cu firul a găurilor

Se realizează un program CNC care va realiza cele 18 găuri de aruncatori.
Se va utiliza modulul Wire al soft-ului PEPS.Acesta nu lucreaza direct dupa modelul 3D,ci dupa 2D format .dwg.Se definesc în AutoCAD găurile de prelucrat(Fig.30).

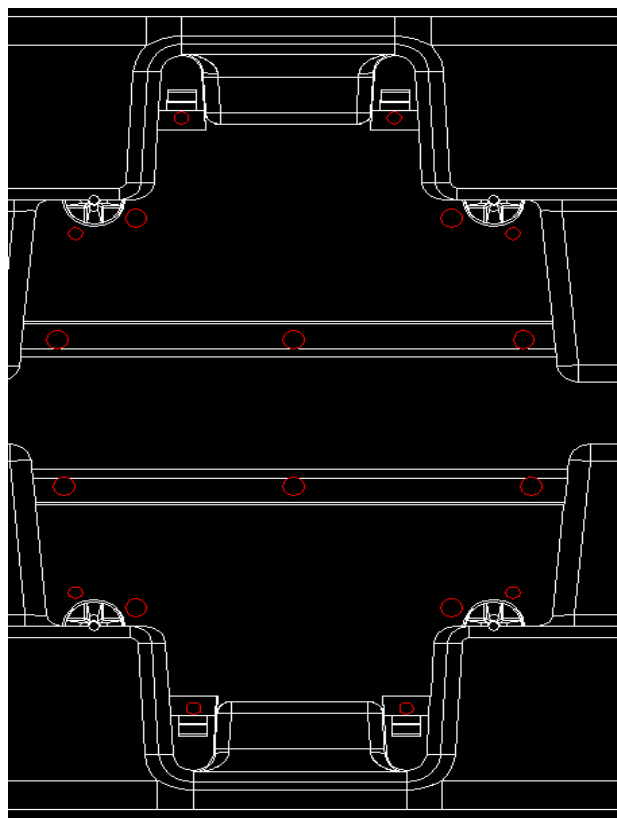


Fig.30.Definirea găurilor în AutoCAD

Se deschide fișierul .dwg in PEPS,se introduc anumiți parametri(punctul de start,offset,înălțimea de prelucrare etc.).Rezulta traiectoria de prelucrare a firului(Fig.31).

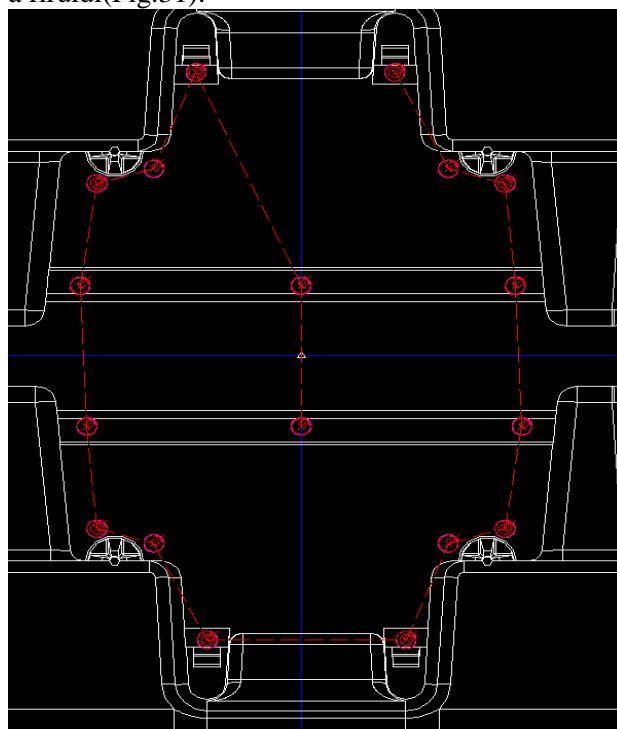


Fig.31.Traietoria firului

În urma postprocesării rezultă un program de prelucrare în 2 axe (X și Y) (Fig.32).

```

%
N10 (GAURI)
N20 G92 X0 Y0 H20000 R20000 W0
N30 G60
N40 G00 X0 Y-12000 U0 V0
N50 M06T1
N60 G01 X354 Y-12354
N70 G41 D0
N80 G01 X1061 Y-11646
N90 G03 X1061 Y-10939 I707 J-11293
N100 X0 Y-10500 I0 J-12000
N110 X-212 Y-13485 I0 J-12000
N120 X0 Y-13500 I0 J-12000
N130 X1500 Y-12000 I0 J-12000
N140 X1061 Y-10939 I0 J-12000
N150 X354 Y-10939 I707 J-11293
N160 G01 X-354 Y-11646
N170 G40
N180 G01 X0 Y-12000
N190 M12
N200 G00 X0 Y12000 U0 V0
N210 M06T1
N220 G01 X354 Y11646
N230 G41 D0
N240 G01 X1061 Y12354
N250 G03 X1061 Y13061 I707 J12707
N260 X0 Y13500 I0 J12000
N270 X-212 Y10515 I0 J12000
N280 X0 Y10500 I0 J12000
N290 X1500 Y12000 I0 J12000
N300 X1061 Y13061 I0 J12000
N310 X354 Y13061 I707 J12707
N320 G01 X-354 Y12354
N330 G40
    
```

Fig.32.Program CNC WEDM

Utilajul este capabil să se mute pe rând în coordonatele fiecărei găuri pentru a introduce sigur firul urmând să realizeze gaura corespunzătoare. Mai departe, pastila merge la mașina de electroeroziune cu electrod.

Se va eroda profilul ramas nefinisat.

S-a proiectat un electrod cu forma profilului respectiv (Fig.33).

Electrodul se va realiza din cupru, prin frezare.

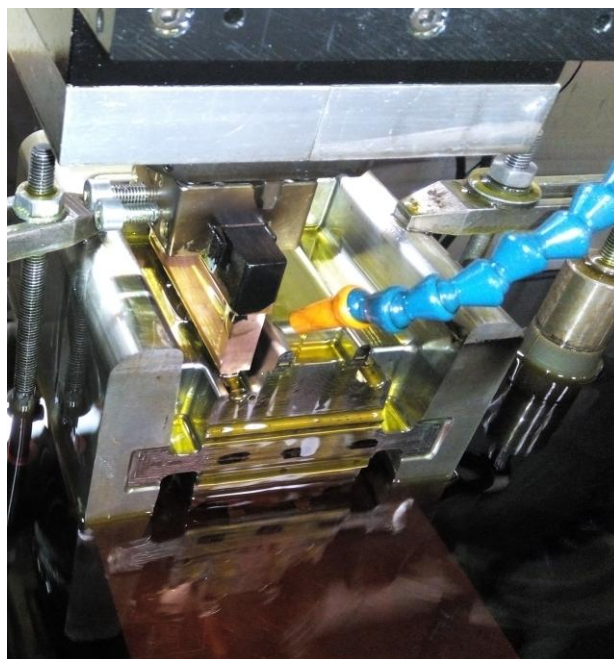
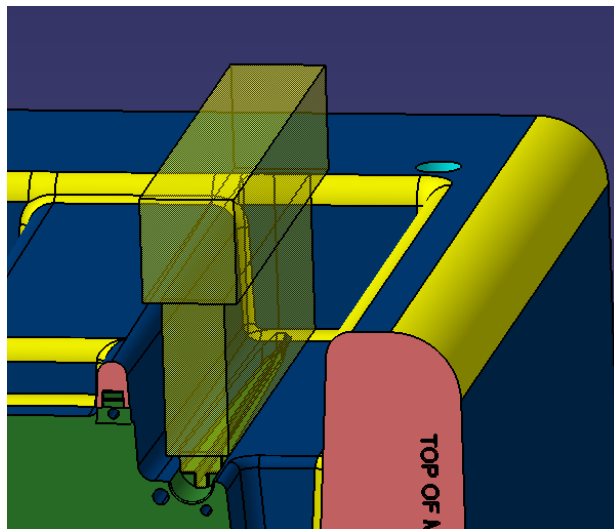
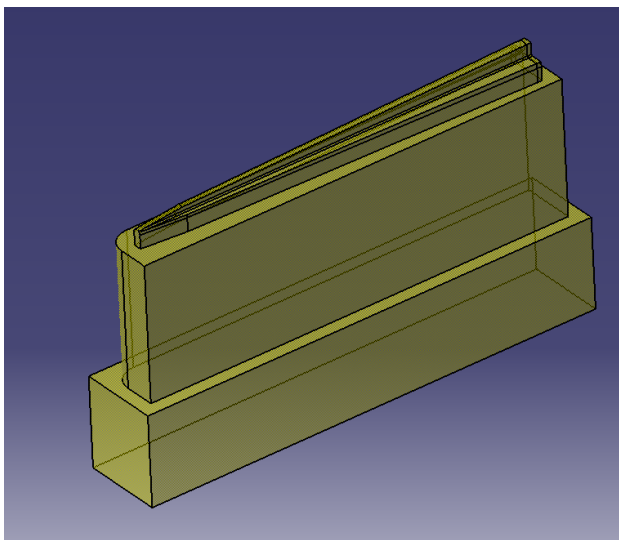


Fig.33.Electrodul pentru electroeroziune

Profilul rezultat în urma eroziunii cu electrod este prezentat în figura 34.



Fig.34.Profilul erodat

În cele din urmă piesa merge la ajustat și montat împreună cu celelalte componente ale matriței și în ultima fază la injecția de mase plastice.

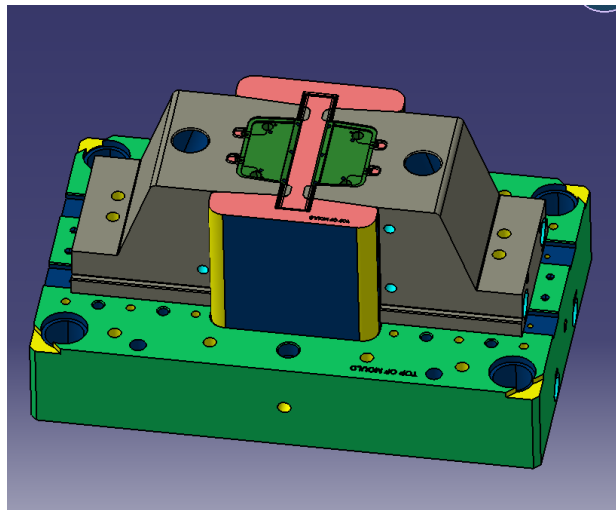


Fig.35.Imagini de la montajul matriței

Piesa de plastic rezultată în urma injecției în matriță este prezentată în fig.36.

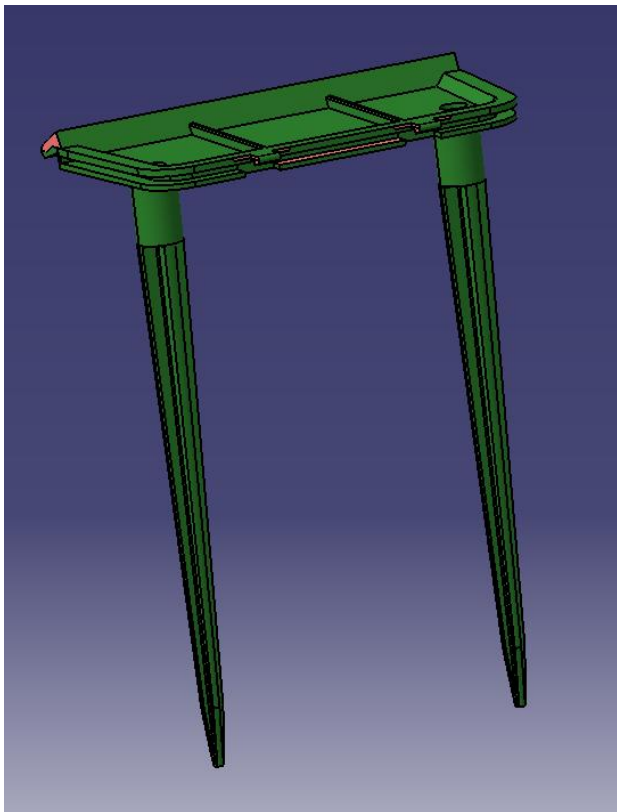


Fig.36.Piesa de plastic injectată în matriță

6. CONCLUZII

Implementarea fabricației asistate de calculator aduce o serie de beneficii: o precizie mai bună în prelucrare, o productivitate mai bună, anticiparea mai exactă a timpului de fabricație, crescând astfel calitatea produselor obținute.

Se poate îmbunătăți organizarea producției trecându-se în final la conducerea automată a întregului proces de producție.

Ca dezavantaje se pot enumera costurile mai mari pentru un echipament cu comandă numerică și necesitatea unui personal specializat pentru programarea acestora dar și pentru intervenții urgente în cazul defectării echipamentului.

Pe partea de contribuție personală pentru această lucrare menționez alegerea tehnologiei de fabricație pe care am considerat-o optimă în funcție de anumiți factori cum ar fi geometria piesei de prelucrat dar și rolul funcțional al acesteia.

7. BIBLIOGRAFIE

1. Miron Zapciu - Fabricația asistată de calculator - Editura Politehnica Press. ISBN:973-8449-14-6
2. L. Morar, G. Enciu, A. Popescu, I. Abrudan, M. Nicoara, E. Carata - Fabricație asistată și programarea MUCN - Editura Academiei Oamenilor de Știință din România. ISBN:978-606-8371-40-5
3. Ilarion Banu, Daniel Anghel - Fabricarea asistată de calculator - Editura Universității din Pitești. ISBN:978-606-560-225-0
4. Ionuț Ghionea - CATIA v5. Aplicații în inginerie mecanică - Editura Bren. ISBN:978-973-648-843-6
5. Ion Surugiu - Tehnologii moderne. Prelucrarea prin electroeroziune vol. I - Editura Electra. ISBN:978-606-507-005-9
6. Ion Surugiu - Tehnologii moderne. Prelucrarea prin electroeroziune vol. II - Editura Electra. ISBN:978-606-507-006-6
7. CATIA v5r19 - Documentație Dassault Systems
8. Julio Garrido Campos, Luis Rodriguez Miguez - Standard process monitoring and traceability programming in collaborative CAD/CAM/CNC manufacturing scenarios, Automation and Systems Engineering Department, Universidad de Vigo, Spain, 26 November 2010
9. <http://www.charmilles.ro/> (accesat la data de 03.05.2015)