

STUDIUL PRIVIND OPTIMIZAREA PRODUCTIVITĂȚII OPERAȚIILOR DE STRUNJIRE PRIN SIMULARE CAM CU MODULUL HSM AL AUTODESK INVENTOR

GÎLCĂ Nicolae-Răzvan¹

Conducători științifici: Sl. dr. ing Mădălin-Gabriel CATANA, Conf. dr. ing. Sergiu TONOIU

REZUMAT: Aceasta lucrare studiază posibilitatea de optimizare a productivității unei operații complexe de strunjire realizată pe strung CNC, prin simularea modului de execuție a fazelor de prelucrare cu ajutorul modului High Speed Machining al Autodesk Inventor. S-au studiat mai multe variante de realizare a fazelor, care diferă prin schemele de prelucrare utilizate și traiectoriile urmate de scule. S-au stabilit variantele optime de realizare a fazelor, care asigură o productivitate maximă a operației prin reducerea timpilor de bază și auxiliari.

CUVINTE CHEIE: strunjire, simulare CAM, productivitate, scheme de prelucrare, variante optime

1 INTRODUCERE

Utilizarea softurilor de CAM a devenit o practică comună în optimizarea operațiilor tehnologice de prelucrare prin așchiere. Majoritatea firmelor producătoare de echipamente de comandă pentru mașini-unelte cu comandă numerică includ în software și un modul CAM pentru a simula prelucrarea piesei și a identifica eventualele probleme (coliziuni, trasee necorespunzătoare, etc.)

Autodesk este o companie de software fondată în anul 1982 în Statele Unite. Aceasta se ocupă cu dezvoltarea de soluții software 2D și 3D în diverse domenii ale industriei ca inginerie, construcții, arhitectură, etc. Software-ul folosit pentru studiul de față se numește Autodesk Inventor Professional 2015 cu modulul High Speed Machining, program ce poate simula o întreagă gamă de operații de strunjire, frezare, găurire (Wikipedia, 2017).

Obiectivul acestei lucrări este creșterea productivității operațiilor de strunjire prin micșorarea timpilor de bază și auxiliari. Modalitatea aleasă pentru atingerea obiectivului este optimizarea traseului sculei prin compararea diferitelor strategii de îndepărtare a adaosului a două variante de semifabricat.

2 STADIUL ACTUAL

În momentul de față, există numeroase variante de simulare CAM pentru PC cât și integrate pe comanda numerică a mașinilor unelte. Diferite softuri prezintă diferite avantaje, în funcție de caracteristicile lor, compatibilitatea cu controller-ele mașinilor sau diferite integrări în controller-ul mașinii uneltă.

Modulul High Speed Machining permite exportarea operațiilor simulate într-o mare varietate de limbaje de programare CNC, permițând astfel realizarea programului pe PC și trecerea acestuia pe mașina CNC în câțiva pași simpli.

Alte softuri actuale sunt divizate pe diferite tipuri de operații (strunjire, frezare, găurire), având posibilități mai avansate în ajustarea traseelor de scule sau sugestii optime pentru regimurile de așchiere. Dezavantajul constă în realizarea anterioară a modelului 3D al piesei într-un program CAD 3D.

Modulul High Speed Machining poate fi integrat în mai multe programe de proiectare CAD 3D, ca Inventor, Fusion 360 sau SolidWorks, ceea ce permite realizarea modelului 3D și simularea CAM în același program.

Totodată, Autodesk HSM permite o mare varietate de tipuri de prelucrări ca găuriri, strunjiri, frezări 2D sau frezări complexe 3D în 5 axe (vezi figura 1).

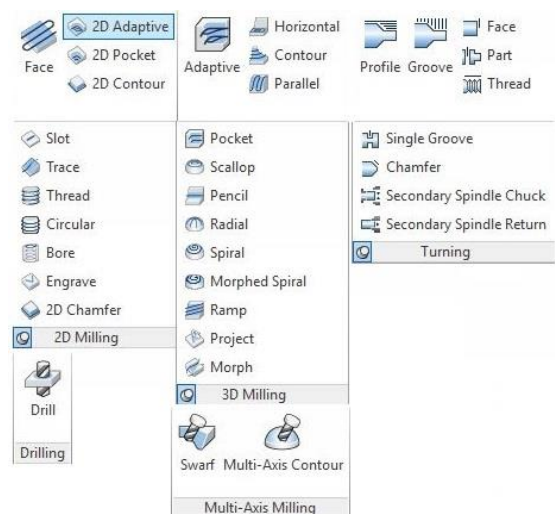


Fig. 1. Tipuri de prelucrări

¹ Specializarea Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Facultatea IMST;
E-mail: nicolae_razvan.gilca@stud.imst.upb.ro;

3 PREGĂTIREA HSM PENTRU SIMULAREA OPERAȚIILOR

În continuare se prezintă modul de lucru pentru pregătirea simulării CAM a două operații de strunjire.

3.1 Piesa finală și tipuri semifabricat

Utilizând datele obținute din desenul de execuție, se realizează modelul 3D al reperului de fabricat (vezi figura 2).

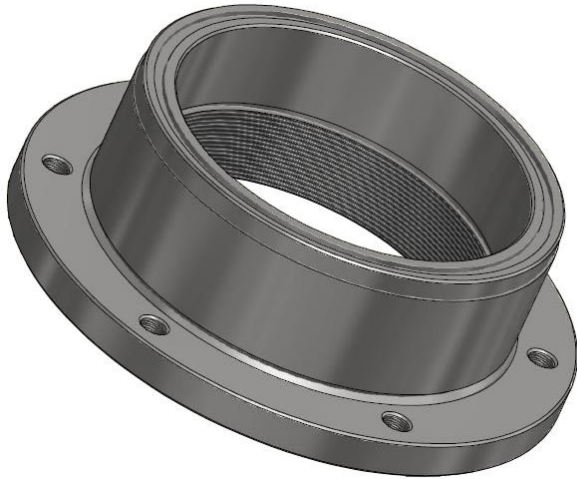


Fig. 2. Reperul R2-632AA-14

Toate suprafețele sunt prelucrate prin strunjire mai puțin cele 6 găuri filetate echidistante. Pentru simplificarea modelului 3D, suprafețele care nu se strunjesc sunt ascunse. În continuare se realizează prima variantă de semifabricat, respectiv de semifabricat matrițat (vezi figura 3).



Fig. 3. Semifabricat matrițat

Al doilea semifabricat, de tip disc, se poate defini la începutul prelucrării.

3.2 Definirea semifabricatului

Primul pas constă în definirea semifabricatului, pentru care avem mai multe opțiuni (vezi figura 4).

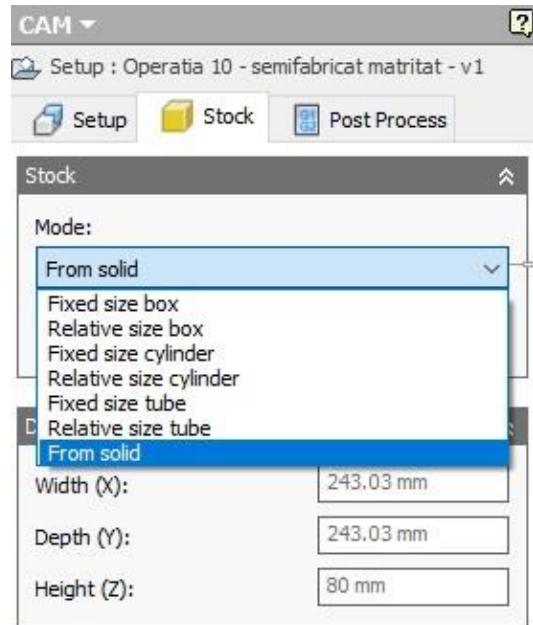


Fig. 4. Opțiuni definire semifabricat

Pentru definirea semifabricatului matrițat se alege opțiunea "From solid" și se selectează un solid definit ca semifabricat când s-a realizat modelul 3D al reperului.

Pentru definirea semifabricatului de tip disc, se alege opțiunea "Fixed size cylinder" și se specifică dimensiunile și poziția (vezi figura 5), rezultând astfel semifabricatul de tip disc (vezi figura 6) (Inventor 2016 HSM Help, 2017; Peter De Strijker, 2014).

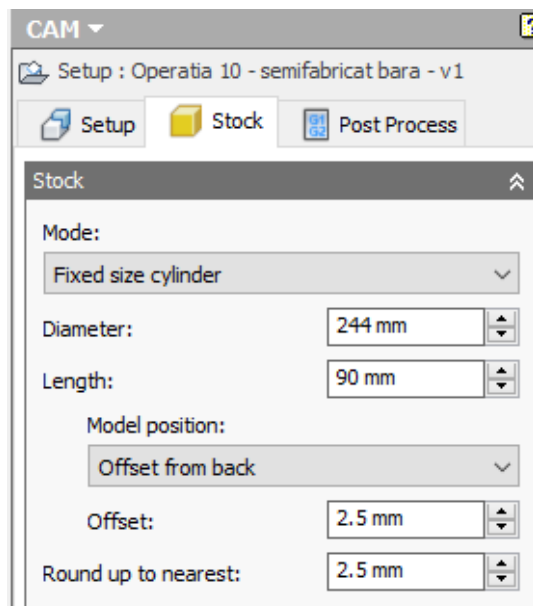


Fig. 5. Stabilire dimensiuni semifabricat disc

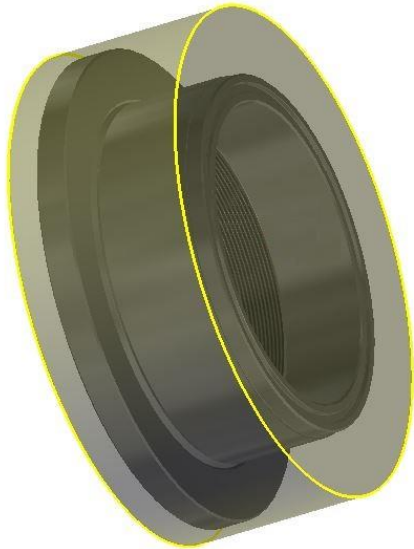


Fig. 6. Semifabricat bară

3.3 Alegerea sculelor și a schemei de prelucrare

După definirea semifabricatului, se alege tipul de prelucrare de strunjire (frontală, profil, canelare, etc. – vezi figura 7), apoi se alege scula de prelucrare (vezi figura 8).

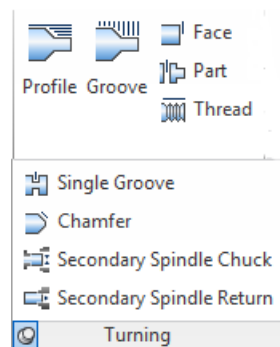


Fig. 7. Operații de strunjire

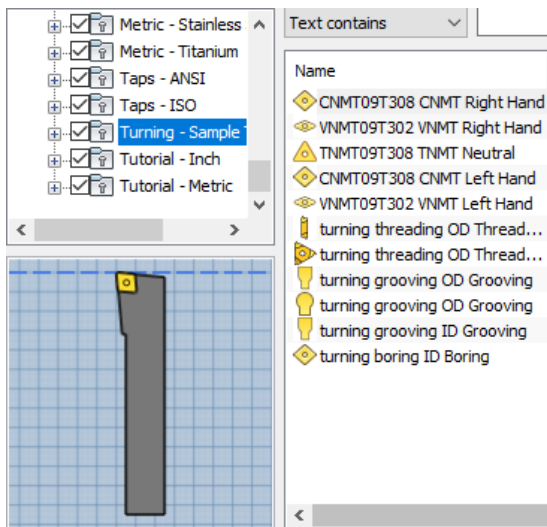


Fig. 8. Alegerea sculei

Se consideră cazul unei operații de strunjire (vezi figura 9) cu următoarele faze:

- 10.1 Prindere piesa
- 10.2 Strunjire degroșare
75,5;Ø178,5x9; 9;Ø180,5x50;16,5
- 10.3 Strunjire canal 1,5/4
- 10.4 Strunjire finisare
75,1;Ø178e9^(0,085)_(-0,185)x9;9;Ø180,1x50;16,1
- 10.5 Strunjire degroșare canal
Ø160,2x2,3/4,1
- 10.6 Strunjire finisare canal
Ø160h7⁽⁰⁾_(-0,04)x2,5/4,5
- 10.7 Desprindere piesa

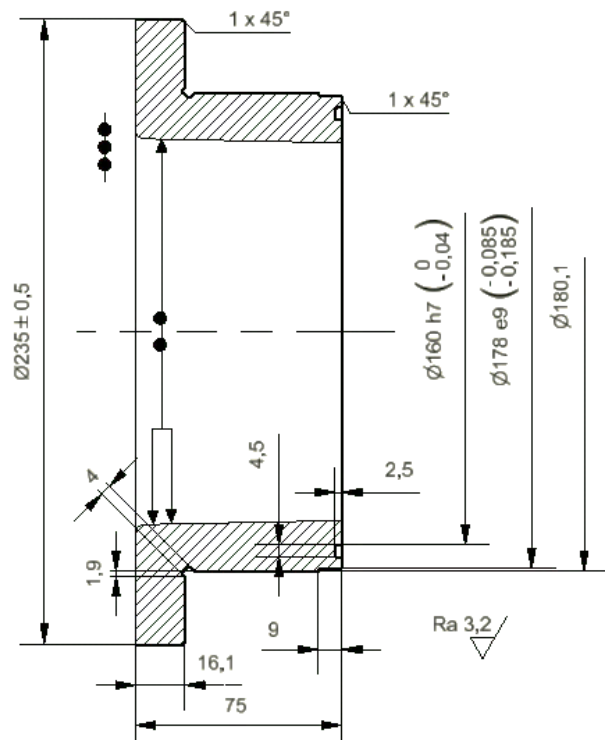


Fig. 9. Operația 10 Strunjire 1 CNC

Pentru fazele 10.2 și 10.4 folosim un cuțit de strunjit de dreapta (vezi figura 10) cu următoarele caracteristici:

- Coadă pătrată 20x20 mm
- Lungimea sculei 125 mm
- Sistem de prindere plăcuță prin înșurubare
- Configurația capului sculei de tip L

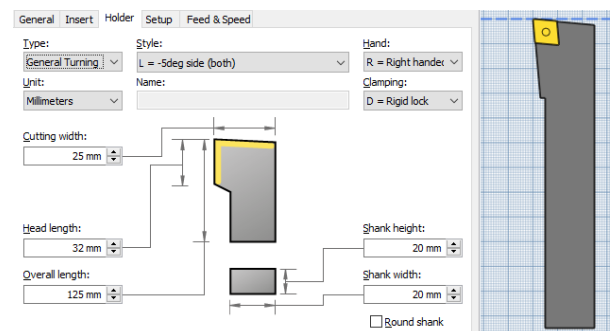


Fig. 10. Scula T1

Plăcuța folosită este o plăcuță rombică de tip C (vezi figura 11) cu următoarele caracteristici:

- Unghiul de așezare 3°
- Raza plăcuței 0,4 mm
- Grosimea plăcuței 4 mm

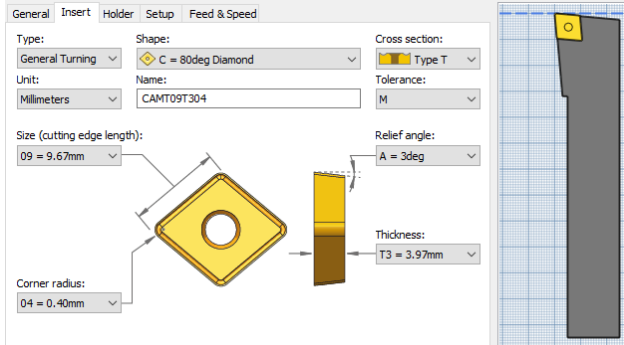


Fig. 11. Plăcuță rombică

Pentru fazele 10.3, 10.5 și 10.6 vom folosi un cuțit de canelat (vezi figura 12) cu următoarele caracteristici:

- Coadă pătrată 20x20 mm
- Lungimea sculei 125 mm
- Lungimea capului sculei 32 mm

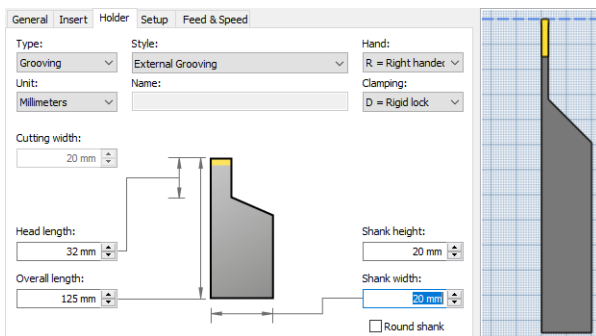


Fig. 12. Scula T2

Plăcuța folosită este pentru caneluri cu geometria pătrată (vezi figura 13) cu următoarele caracteristici:

- Raza plăcuței 0,4 mm
- Lățimea plăcuței 3 mm
- Grosimea plăcuței 3 mm
- Lungimea plăcuței 15 mm

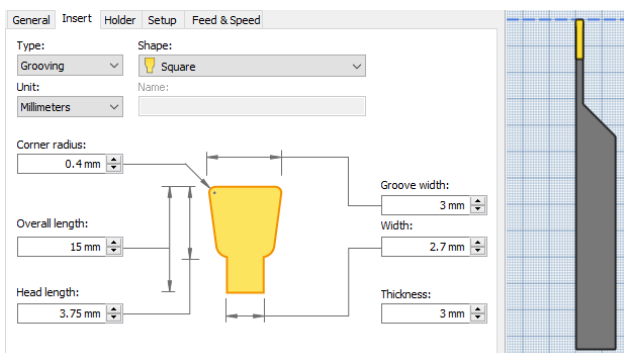


Fig. 13. Plăcuță pentru canale

Modulul Autodesk High Speed Machining nu poate sugera regimuri de așchiere, în schimb oferă posibilitatea completării acestor date. Regimurile de așchiere pentru fiecare fază în parte au fost stabilite anterior în cadrul proiectului Tehnologia Fabricării Produselor 3 (Gîlcă, 2016).

Regimurile de așchiere pentru fazele operației sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Regimul de așchiere

Faza	T	f	v
10.2	15	0.35	176
10.3	15	0,13	138
10.4	15	0,288	187
10.5	15	0,16	129
10.6	15	0,12	141

4 OPTIMIZAREA CU HSM PRIN SIMULAREA OPERAȚIEI

Se vor analiza diferite traiectorii de scule pentru cele 2 variante de semifabricate, matrițat și disc. Fazele de finisare și cele de așchiere are canalelor piesei au un potențial mic de optimizare datorită adaosurilor mici. De asemenea timpii auxiliari pentru întreaga operație simulată au fost minimizați, distanțele de retragere fiind mici și numărul de deplasări de poziționare este mic. Deoarece faza 10.2 Strunjire degroșare are potențialul cel mai mare de optimizare, se vor studia diferite strategii de îndepărtare a adaosului pentru această fază (Inventor 2016 HSM Help, 2017).

4.1 Varianta cu semifabricat matrițat

Pentru semifabricatul matrițat (vezi figura 14), se vor utiliza 2 strategii de îndepărtare a adaosului, evidențiate în cele ce urmează.

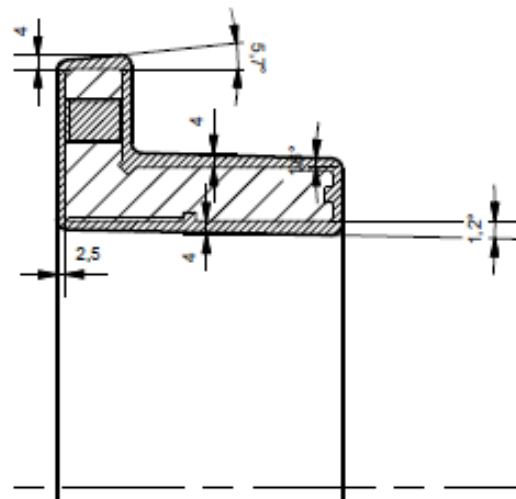


Fig. 14. Schiță semifabricat matrițat cu indicarea adaosurilor de prelucrare

În compararea acestor 2 variante pentru semifabricatul matrițat se va urmări micșorarea timpului de bază al fazei de degroșare și implicit al operației.

4.1.1 Varianta 1

În cadrul primei variante degroșarea se face în două etape: îndepărtarea adaosului de pe fața semifabricatului, apoi îndepărtarea adaosului radial (vezi figura 15).

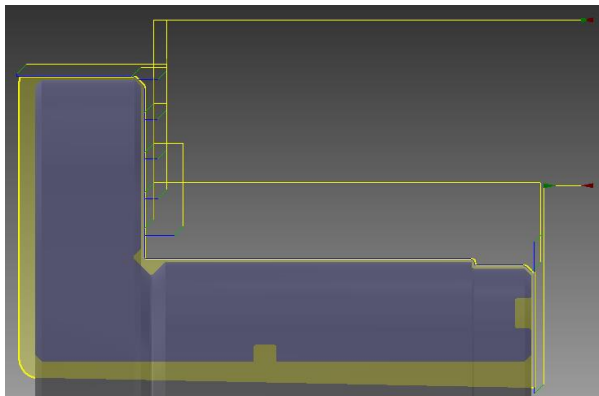


Fig. 15. Traiectorie urmată de sculă la semifabricat matrițat varianta 1

Îndepărtarea adaosului radial constă în îndepărtarea adaosului la degroșare prin o serie de treceri succesive cu adâncimea de 6 mm radial, traiectoria sculei fiind paralelă cu axa de rotație.

În urma simulării obținem datele cu privire la durata operației:

- Numărul de faze: 6
- Numărul de scule: 2
- Scule: T1, T2
- Turația maximă: 500 rpm
- Distanța parcursă în regim de lucru: 383,46 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 711,75 mm
- Timpul estimat al operației: 4m:53s

De asemenea se obțin date privind fazele individuale ale operației.

Pentru faza de strunjire de degroșare se obțin următoarele valori:

- Viteza de așchiere: 176 m/min
- Avansul: 0,35 mm/rot
- Distanța parcursă în regim de lucru: 205,29 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 324,47 mm
- Timpul estimat al fazei: 1m:48s

4.1.2 Varianta 2

Ca și în cazul anterior, degroșarea se face în două etape: îndepărtarea adaosului de pe fața

semifabricatului, apoi îndepărtarea adaosului radial (vezi figura 16).

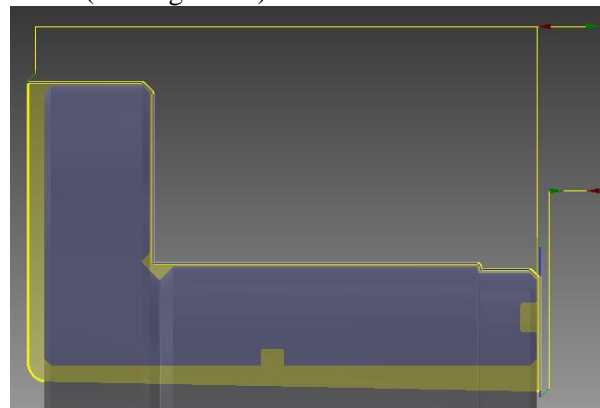


Fig. 16. Traiectorie urmată de sculă la semifabricat matrițat varianta 2

În cea de a doua variantă, adaosul radial este îndepărtat printr-o singură trecere de degroșare după conturul piesei.

În urma simulării se obțin date cu privire la durata operației:

- Numărul de faze: 6
- Numărul de scule: 2
- Scule: T1, T2
- Turația maximă: 500 rpm
- Distanța parcursă în regim de lucru: 326,19 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 539,69 mm
- Timpul estimat al operației: 4m:38s

De asemenea se obțin date privind fazele individuale ale operației.

Pentru faza de strunjire de degroșare se obțin următoarele valori:

- Viteza de așchiere: 176 m/min
- Avansul: 0,35 mm/rot
- Distanța parcursă în regim de lucru: 147,76 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 158,02 mm
- Timpul estimat al fazei: 1m:33s

4.1.3 Concluzii

În urma analizei rezultă că varianta 2 este cea optimă, având distanțe parcurse în lucru sau de deplasare rapidă mai mici și implicit un timp mai scurt cu aproximativ 15s.

4.2 Varianta cu semifabricat bară

Pentru semifabricatul bară (vezi figura 17), se vor utiliza 3 strategii de îndepărtare a adaosului, evidențiate în cele ce urmează împreună cu particularitățile acestora.

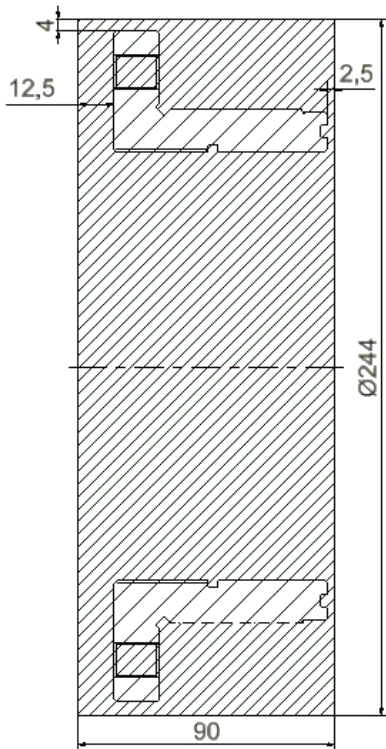


Fig. 17. Semifabricatul disc

Ca și la varianta anterioară, în acest caz se urmărește micșorarea timpului de bază al fazei de degroșare.

4.2.1 Varianta 1

Îndepărtarea adaosului se face în două etape, strunjirea frontală și strunjirea profilului (vezi figura 18).

Îndepărtarea adaosului radial constă în îndepărtarea adaosului la degroșare prin o serie de treceri succesive cu adâncimea de 6 mm radial, traseul sculei fiind paralel cu axa de rotație.

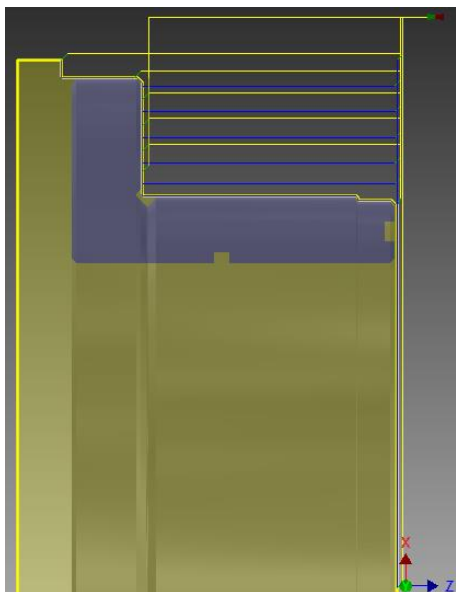


Fig. 18. Traiectoria urmată de sculă la semifabricatul disc varianta 1

În urma simulării se obțin date cu privire la durata operației:

- Numărul de faze: 6
- Numărul de scule: 2
- Scule: T1, T2
- Turația maximă: 500 rpm
- Distanța parcursă în regim de lucru: 920,5 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 1015,7 mm
- Timpul estimat al operației: 8m:02s

De asemenea se obțin și date privind fazele individuale ale operației.

Pentru faza de strunjire de degroșare se obțin următoarele valori:

- Viteza de așchiere: 176 m/min
- Avansul: 0,35 mm/rot
- Distanța parcursă în regim de lucru: 601,19 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 615,97 mm
- Timpul estimat al fazei: 5m:34s.

4.2.2 Varianta 2

Similar cu celelalte cazuri, și aici degroșarea se face în două etape, strunjirea frontală și strunjirea profilului (vezi figura 19).

Îndepărtarea adaosului radial constă în îndepărtarea adaosului la degroșare prin o serie de treceri succesive cu adâncimea de 6 mm urmărind conturul piesei.

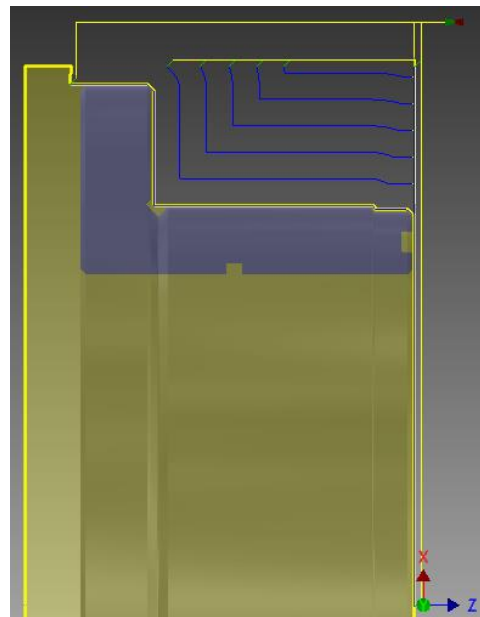


Fig. 19. Traiectoria urmată de sculă la semifabricatul disc varianta 2

În urma simulării se obțin date cu privire la durata operației:

- Numărul de faze: 6

- Numărul de scule: 2
- Scule: T1, T2
- Turația maximă: 500 rpm
- Distanța parcursă în regim de lucru: 859,85 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 961,89 mm
- Timpul estimat al operației: 7m:39s

De asemenea se obțin și date privind fazele individuale ale operației.

Pentru prima fază de strunjire frontală avem următoarele valori:

- Viteza de așchiere: 176 m/min
- Avansul: 0,35 mm/rot
- Distanța parcursă în regim de lucru: 540,54 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 562,2 mm
- Timpul estimat al fazei: 5m:11s

4.2.3 Varianta 3

Și în acest caz degroșarea este împărțită în 2 etape, strunjirea frontală și strunjirea profilului (vezi figura 20).

Îndepărtarea adaosului radial în acest caz se face cu trecerile sculei dispuse perpendicular pe axa de rotație a sculei.

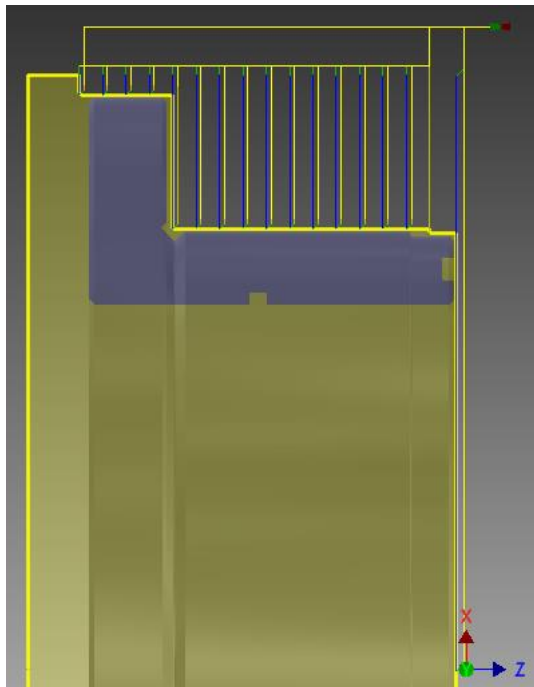


Fig. 20. Traiectoria urmată de sculă la semifabricatul disc varianta 3

De asemenea scula folosită este similară cu cea de la fazele 10.3, 10.5, 10.6, diferența constând în plăcuța utilizată (vezi figura 21).

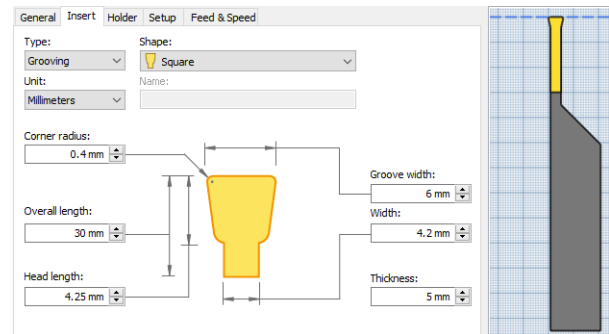


Fig. 21. Scula T3

Caracteristicile sculei T3 sunt:

- Coadă pătrată 20x20 mm
- Lungimea sculei 125 mm
- Lungimea capului sculei 35 mm

Caracteristicile plăcuței sunt:

- Raza plăcuței 0,4 mm
- Lățimea plăcuței 6 mm
- Grosimea plăcuței 5 mm
- Lungimea plăcuței 30 mm

În urma simulării se obțin date cu privire la durata operației:

- Numărul de faze: 6
- Numărul de scule: 3
- Scule: T1, T2, T3
- Turația maximă: 500 rpm
- Distanța parcursă în regim de lucru: 978,72 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 1075,16 mm
- Timpul estimat al operației: 8m:21s

De asemenea se obțin și date privind fazele individuale ale operației.

Pentru faza de strunjire de degroșare se obțin următoarele valori:

- Viteza de așchiere: 176 m/min
- Avansul: 0,35 mm/rot
- Distanța parcursă în regim de lucru: 659,41 mm
- Distanța parcursă în regim de deplasare rapidă: 675,43 mm
- Timpul estimat al fazei: 5m:53s

4.2.4 Concluzii

În urma analizei rezultă că varianta 2 este cea optimă, având distanțe parcurse în lucru sau de deplasare rapidă mai mici și implicit un timp mai scurt cu aproximativ 23s față de varianta 1 și 42s față de varianta 3.

5 CONCLUZII

Prin simularea CAM a operației s-au obținut următoarele rezultate cu privire la optimizarea unei operații de strunjire:

- Pentru semifabricatul matrițat traiectoria optimă este varianta 2, unde adaosul la degroșare este îndepărtat la o singură trecere, după conturul piesei, ceea ce asigură un timp de prelucrare minim.
- Pentru semifabricatul disc traiectoria optimă este varianta 2 unde adaosul este îndepărtat prin mai multe treceri succesive după conturul piesei.

6 BIBLIOGRAFIE

[1]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk>

[2]. Inventor 2016 HSM Help
<https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Inventor-HSM/files/GUID-FF288360-F083-48B8-80F9-4AED5ED257EA-htm.html>

[3]. GÎLCĂ N., Proiect Tehnologia Fabricării Produselor 3, Universitatea Politehnica București, Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea Tehnologia Construcțiilor de Mașini

[4]. Peter De Strijker , Hands-on: Inventor HSM Express 2014 - 90 minutes Hands-on For Beginners