

**IVANOVIĆ SLAVIŠA**

# **SOLID CAM 2021**

**AUTOMATSKO UPRAVLJANJE CNC  
STRUGOVIMA I KOMBINOVANIM  
GLODALICAMA – STRUGOVIMA**

**AGM KNJIGA  
Beograd, 2022**

**SOLID CAM 2021**  
**AUTOMATSKO UPRAVLJANJE CNC STRUGOVIMA I KOMBINOVANIM**  
**GLODALICAMA – STRUGOVIMA**  
**Ivanović Slaviša dipl. maš. inž.**

Recenzent:

Prof. dr Zoran Milojević, dipl. maš. ing.

Izdavač:

**AGM knjiga d.o.o. Beograd - Zemun**  
www.agmknjiga.co.rs  
email: agmknjiga@gmail.com  
tel: + 381 11 26 18 554

Glavni i odgovorni urednik:  
Slavica Sarić-Ahmić

Korice: Robi Ahmić  
Štampa: Donat graf, Beograd  
Tiraž: 300  
ISBN: 978-86-6048-043-1

**SVA PRAVA ZADRŽAVA AUTOR I IZDAVAČ.** N Nijedan deo knjige ne sme se reprodukovati, fotokopirati ili prenositi u bilo kojoj formi: elektronski, mehanički, fotografski ili na drugi način, bez prethodne pismene dozvole izdavača.

## PREDGOVOR

Solid Cam je osnovao 1984. godine dr. Emil Somekh.

SolidCAM je program unutar Solid Worksa koji se koristi za programiranje CNC mašina za mašinsku obradu metala a direktno je integrisan u Solid Works CAD sistem. To je softver sa prilagođenim postprocesorima, koji generišu gotov kod za CNC mašinu a omogućava programiranje CNC strugova, glodalica i CNC obradnih centara i sa njim je moguće programiranje svih vrsta obrade, od troosnog glodanja do simultanog petoosnog glodanja.

Snatna CAM funkcionalnost, prilagođeni postprocesori koji generišu gotov G kod za CNC mašinu i njihovo lako korišćenje, glavno je obeležje softvera SolidCAM, koji je sertifikovani dodatak za program SolidWorks, koji omogućuje potpunu integraciju u istom prozoru i potpunu asocijativnost sa modelima uključujući delove, sklopove i konfiguracije. Korišćenje integrisanih CAD - CAM sistema, rezultuje bržim razvojem proizvoda uz smanjenje troškova a otkad je implementiran u SolidWorks raste ogromnom brzinom, pošto je prepoznat od strane CIMdata kao konstantni lider na tržištu u primeni CAM programa širom sveta.

Glavni cilj Solid Cam - a je usmeren na integraciju u vodeće 3D Cad sisteme, Solid Works, Autodesk Inventor, Solid Edge, Creo Parametric, Auto Cad, Unigraphics NX, Master Cam, Mechanical Desktop, Catia, Ideas, Esprit, Power Mill.

Solid Cam proizvodni moduli su: Solid Cam 2.5D glodanje, Solid Cam HSM - Visokobrzinsko 3D glodanje, Solid Cam HSS - Visokobrzinska obrada lokalnih površina, Solid Cam - indeksirano 4/5 osno glodanje, Solid Cam - simultano 5 - osno glodanje, Solid Cam - struganje i glodanje - struganje, Merenje i kontrolisanje pozicije.

Priručnik je nastao kao težnja autora da napiše priručnik, koja će pomoći prvenstveno učenicima i studentima da savladaju nastavni plan i program iz automatskog programiranja mašinama - strugovima i kombinovanim strugovima - glodalicama uz pomoć Solid Cam - a a da i drugim korisnicima - inženjerima i operaterima na CNC mašinama bude od velike pomoći pri upotrebi CNC strugova i glodalica u proizvodnji, koji koriste jedan od najpopularnijih softvera u Srbiji, na Balkanu, Evropi i svetu.

**Za pisanje je korišćena stručna, savremena i egzaktna literatura koja je u priručniku i sistematski navedena!**

**“Da bi ovaj priručnik ugledao svetlost dana, izkazujem posebnu zahvalnost Emilu Somekiju, generalnom direktoru Solid Cam - a iz SAD, kao i neizmernoj ljubaznosti Danijela Đurice, međunarodnog menadžera podrške, koji upravlja timom za podršku Solid Cam - a u Srbiji, koji mi je omogućio sve tutorije Solid Cam - a 2021 i ponudio bezpoštedno svu neophodnu pomoć za savladavanje softvera i koji su mi odobrili pisanje i izdavanje priručnika bez pogovora i uslovljavanja “.**

Napisani priručnik ne bi našao put do čitalaca i korisnika u proizvodnji, bez izvršene rezenzenzije prof. dr. Zorana Milojevića, koji je moj najbolji učitelj iz oblasti programiranja CNC mašina, pa mu se ovim putem iskreno i srdačno zahvaljujem.

Arandjelovac, jun 2022.

Prof. Slaviša Ivanović, dipl. ing. maš.

## SADRŽAJ

### UVOD / 14

### I. VRSTE PROGRAMIRANJA CNC ALATNIH MAŠINA /15

1. Programiranje CNC Alatnih Mašina /15
2. Ručno Programiranje /15
3. Nedostaci Ručnog Programiranja /15
4. Programiranje Pomoću Računara /15
5. Prednosti Programiranja Pomoću Računara U Odnosu Na Ručno Programiranje /15

### II . CAD - CAM SISTEMI /15

1. CAD - CAM Tehnologija /15
2. CAD Sistemi - Computer Aided Design - Dizajn Potpomognut Kompjuterom - CAD /16
3. CAM Sistemi - Computer Aided Manufacturing - Proizvodnja Podržana Kompjuterom:/16
4. Prednosti I Mogućnosti Korišćenja CAD - CAM - a /18
5. Algoritam CAD - CAM Programiranja /19
6. CAD - CAM Sistemi /19
7. Prednosti CAD - CAM Sistema /19

### III. STRUGANJE - TURNING /19

1. Kretanja Pri Obradi Struganjem/20
2. Principi Rezanja /20
3. Mehanizam Nastanka Strugotine /19
  - A. Oblici Odvojene Čestice Metala - Strugotine /23
  - B. Vrste i Oblici Strugotine /23
  - C. Faktor Sabijanja Strugotine /25
  - D. Debljina Strugotine /26
  - E. Faktor Sabijanja Strugotine /26
  - F. Formiranje Strugotine /27
  - G. Parametri Koji Utiču Na Nastanak Strugotine /28
  - H. Naslaga - Nalepak /29
    - H.1. Faze Nastajanja Naslaga Na Nož u /29
  - I. Sile Rezanja - Otpori Rezanja Pri Ortogonalnom Rezanju/29
4. Proizvodne Operacije U Obradi Struganjem I Podela Postupaka Struganja /42
  - A. Uzdužno Struganje /43
  - B. Poprečno Plansko Struganje /43
  - C. Konusno Struganje /44
  - D. Struganje Spoljašnjih I Unutrašnjih Navoja /44
    - D1. Načini Ulaza Alata U Materijal Obratka Kod Struganja Navoja /45
    - D2. Zauzimanje Dubine Rezanja Navoja /46
    - D.3. Rezne Pločice Za Izradu Navoja /47
    - D.4. Pojava Vibracija Prilikom Izrade Navoja /48
    - D.5. Greške Kod Struganja Navoja /49
    - D.6. Greške Kod Izrade Navoja Ureznicama /50
  - E. Profilno Struganje /51
  - F. Kopirno Struganje /52
  - G. Neokruglo Struganje /52
5. Alati Za Obradu Struganjem /53
  - A. Strugarski Nož Izrađen Iz Jednog Komada /53
  - B. Strugarski Nož Izrađen Iz Dva Ili Više Delova /53
  - C. Geometrija Alata Kod Struganja - Strugarskog Noža /59
  - D. Izbor Alata /63

- D.1. Pozitivno I Negativno Dejstvo Pločice Na Proces Rezanja /63
- D.2. Negativna U Odnosu Na Pozitivnu Geometriju sa  $\lambda < 0$  /63
- D.3. Pozitivna U Odnosu Na Negativnu Geometriju sa  $\lambda = 0$  /63
- D.4. Izbor Poluprečnika Vrh Pločice r /64
- E. Uticaj Parametara Rež ima Obrade Na Postojanost Alata /64
  - E.1. Efekat Na Vek Alata /65
  - E.2. Optimizacija Procesu Struganja /65
- F. Toplotne Pojave Kod Obrade Odvajanjem Čestica /65
  - F.1. Temperatura Rezanja /66
- G. Trošenje Alata /67
  - G.1. Karakteristični Parametri Trošenja Alata /67
- 6. Režimi Obrade U Obradi Struganjem /70
  - A. Parametri Obrade /72
  - B. Korak - Pomak - Posmak U Obradi Struganjem ( $S, f_n, f$ ) /75
  - C. Dubina Obrade ( $a_p, a$ ) /77
- 7. Kinematika I Dinamika Rezanja Kod Struganja /77
  - A. Uticajni Faktori Na Sile Rezanja /79
- 8. Sredstva Za Hlađenje I Podmazivanje /79
  - 8.1. Obrada Bez Hlađenja /80
- 9. Potpomognuti Hibridni Procesi (Assisted Hybrid Processes) => Obrada Potpomognuta Vibracijom /81
  - 9.1. Konvencionalni Postupci => Struganje Potpomognuto Vibracijom (Vibration Assisted Turning) /81
- 10. Proračun Glavne Snage Rezanja /82
  - A. Glavna Snaga Rezanja /82
  - B. Sila Rezanja /82
  - C. Širina Odvojene Čestice /82
  - D. Debljina Odvojene Čestice /82
  - E. Brzina Rezanja /82
- 11. Izrada Obradaka Povišene Tvrdoće - Hard Machining /82
  - A. Parametri Obrade Kod Tvrdog Struganja /83
  - B. Sile Rezanja Kod Tvrdog Struganja /84
  - C. Uticaj Brzine Rezanja I Posmaka Na Sile Rezanja /84
  - D. Uticaj Reznog Alata Na Sile Rezanja /85
  - E. Uticaj Posmaka I Dubine Rezanja Na Sile Rezanja /85
  - F. Kvalitet Obradane Površine /86
    - F.1. Uticaj Geometrije Reznog Alata Na Površinsku Hrapavost /86
    - F.2. Uticaj Parametara Obrade Na Površinsku Hrapavost /86
  - G. Uticaj Temperature Rezanja /87
  - H. Trošenje Reznog Alata /88
  - I. Alati Kod Tvrdog Obrade /89
  - J. Uticajni Faktori Na Stabilnost Procesu Tvrdog Struganja /89
    - J.1. Geometrija I Materijal Reznog Alata /89
    - J.2. Tvrdoća Obratka /91
    - J.3. Tačnost I Krutost Alatne Mašine /91
    - J.4. Brzina Rezanja, Posmak I Dubina Rezanja /91
    - J.5. Uticaj Suvog Rezanja /91
- 12. Visokobrzinska Obrada Struganjem - High Speed Machining /92
  - A. Razlika Visokobrzinske I Konvencionalne Obrade /93
  - B. Osnovne Karakteristike I Kriterijumi Visokobrzinske Obrade /94

13. Strugovi Za Masovnu Proizvodnju /96
14. Automatizovano Manipulisanje Predmetom Obrade /97
15. CNC Strug Sa Automatskim Dodavanjem Materijala /97
16. Obradni Centar Za Struganje /97

#### **IV. MODUL STRUGANJA U SOLID CEM - U - TURNING MODULE SOLID CEM /98**

1. Struganje Čeone Površine Obratka - Lica - Face Turning /98
2. Uzdužno Spoljašnje I Unutrašnje Struganje - Turning /98
3. Bušenje - Drilling /98
4. Izrada Navoja - Threading /99
5. Izrada Žlebova i Ukopa – Grooving /99
6. Ugaono Žljebljenje - Angled Grooving /99
7. Odsecanje - CutOff /100
8. Trohoidno Struganje - Trochoidal Turning /100
9. Uravnoteženo Grubo Struganje - Balanced Rough /100
10. Ručno Struganje - Manual Turning /101
11. Simetrično Nagnuto Struganje - Simetrical Tilted Turning /101
- A. CAM - Definisane Dela - CAM - Part Definition /102
- A1. Faze Procesa Definisane Dela CAM - Dela /102

#### **V. ZADATAK 1.**

**V / 1. Vežba 1:** Definisane Dela Pri Struganju /103

1. Modeliranje I Učitavanje Solid Works Modela /104
2. Pokretanje SolidCAM - a /104
- 2.1. Struktura CEM - Dela /105
- 2.2. Dve Komponente U Sklopu /105
3. Izbor CNC - Mašine - Choose CNC - Machine /106
4. Definisane Koordinatnog Sistema - Define The Coordinate System /107
- 4.1. Opcije SolidCAM - a Za Definisane Koordinatnog sistema - CoordSys - a /108
5. Definisane Priprema - Stock Modela - Define The Stock Model /111
- 5.1. Metode Definisane Priprema /112
6. Definisane Modela Target - a - Define The Target Model /115
7. Čuvanje Podataka O CEM - Delu - Save Data CAM - Part /118
- 7.1. Stablo - Drvo SolidCEM Menadžera /118
8. Zatvaranje CEM - Dela - Close CAM – Part /119

**V / 2. Vežba 2:** Operacija Struganja Na CNC Mašini Za Struganje - Turning Operations On Turning CNC – Machine /120

1. Umetanje CAM - Dela - Load The CAM - Part /120
2. Definisane Podešavanja Mašine - Define The Machine Setup /121
- 2.1. Metoda Stezanja - Clamping Method /123
3. Dodavanje Operacija Struganja - Add A Turning Operation /128
4. Definisane Geometrije Za Operaciju Struganja - Define The Geometry For Turning Operation /129
- 4.1. Opcije Za Definisane Geometrije /129
5. Definisane Alata Za Operaciju Struganja - Define The Tool For Turning Operation /135
6. Definisane Tehnoloških Parametara Za Operaciju Struganja - Define The Technological Parameters For Turning Operation /139
7. Izračunavanje Putanje Alata Za Operaciju Struganja - Calculate The Tool Path For Turning Operation /141
8. Simuliranje Putanje Alata Za Operaciju Struganja - Simulate The Tool Path For Turning Operation /141
- 8'. Režim Simulacije SolidVerify - SolidVerify Simulation Mode /142

9. Dodavanje Operacija Struganja Lica - Add A Face Turning Operation /143
10. Definisane Geometrije Za Operaciju Struganja Lica - Define The Geometry For Face Turning Operation /143
11. Definisane Alata Za Operaciju Struganja Lica - Define The Geometry For Face Turning Operation /145
12. Definisane Tehnoloških Parametara Za Operaciju Struganja Lica - Define The Technological Parameters For Face Turning Operation /146
13. Čuvanje I Izračunavanje Za Operaciju Struganja Lica - Save And Calculate Face Turning Operation /147
14. Simulacija Operacije Struganja Lica - Simulate Face Turning Operation /148
15. Dodavanje Operacije Bušenja - Add A Drilling Operation /148
16. Definisane Alata Za Operaciju Bušenja - Define The Tool Drilling Operation /149
17. Definisane Početne Pozicije Burgije - Define The Drill Start Position /149
18. Definisane Krajnje Pozicije Bušenja - Define The Drill End Position /150
19. Čuvanje I Izračunavanje Operacije Bušenja - Save And Calculate Drilling Operation /151
20. Simulacija Operacije Bušenja - Simulate Drilling Operation /151
21. Dodavanje Operacije Spoljašnje Završne Obrade Struganjem - Add An External Finishing Turning Operation /152
22. Kopiranje Podataka Iz Postojeće Operacije - Copy Data From The Existing Operation /152
23. Definisane Alata Za Operaciju Spoljašnje Završne Obrade Struganjem - Define The Tool For External Finishing Turning Operation /152
24. Definisane Tehnoloških Parametara Za Operaciju Spoljašnje Završne Obrade Struganjem - Define The Technological Parameters For External Finishing Turning Operation /155
25. Čuvanje I Izračunavanje Operacije Spoljašnje Završne Obrade Struganjem - Save And Calculate For External Finishing Turning Operation /155
26. Simuliranje Operacije Spoljašnje Završne Obrade Struganjem - Simulate External Finishing Turning Operation /155
27. Dodavanje Operacije Unutrašnjeg Struganja - Add An Internal Turning Operation /156
28. Definisane Geometrije Za Operacije Unutrašnjeg Struganja - Define The Geometry For Internal Turning Operation /156
29. Definisane Alata Za Operacije Unutrašnjeg Struganja - Define The Tool For Internal Turning Operation /157
30. Definisane Tehnoloških Parametara Za Operacije Unutrašnjeg Struganja - Define The Technological Parameters For Internal Turning Operation /159
31. Čuvanje I Izračunavanje Operacije Unutrašnjeg Struganja - Save And Calculate For Internal Turning Operation /160
32. Simulacija Operacije Unutrašnjeg Struganja - Simulate Internal Turning Operation /160
33. Dodavanje Operacije Eksternog Urezivanja Žleba - Add An External Grooving Operation /161
34. Definisane Geometrije Eksternog Urezivanja Žleba - Define The Geometry External Grooving Operation /161
35. Definisane Alata Za Eksterno Urezivanje Žleba - Define The Tool External Grooving Operation /162
36. Definisane Tehnoloških Parametara Za Eksterno Urezivanje Žleba - Define The Technological Parameters For External Grooving Operation /164
37. Čuvanje I Izračunavanje Eksternog Urezivanja Žleba - Save And Calculate External Grooving Operation /165
38. Simulacija Eksternog Urezivanja Žleba - Simulate External Grooving Operation /166
39. Dodavanje Operacije Unutrašnjeg Žleba - Add An Internal Grooving Operation /166
40. Definisane Geometrije Operacije Unutrašnjeg Žleba - Define The Geometry Internal Grooving Operation /166

41. Definisiranje Alata Za Izradu Unutrašnjeg Źleba - Define The Tool Internal Grooving Operation /166
42. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Izradu Unutrašnjeg Źleba - Define The Technological Parameters For Internal Grooving Operation /168
43. Čuvanje I Izračunavanje Parametara Za Izradu Unutrašnjeg Źleba - Save And Calculate Parameters For Internal Grooving Operation /169
44. Simuliranje Izrade Unutrašnjeg Źleba - Simulate Internal Grooving Operation /169
45. Dodavanje Operacije Źljebljenja Pod Ugлом - Add An Angled Grooving Operation /169
46. Definisiranje Geometrije Operacije Źljebljenja Pod Ugлом - Define The Geometry Angled Grooving Operation /169
47. Definisiranje Alata Za Operaciju Źljebljenja Pod Ugлом - Define The Tool Angled Grooving Operation /170
48. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Operacije Źljebljenja Pod Ugлом - Define The Technological Parameters Angled Grooving Operation /172
49. Čuvanje I Izračunavanje Operacije Źljebljenja Pod Ugлом - Save And Calculate Geometry Angled Grooving Operation /172
50. Simuliranje Operacije Źljebljenja Pod Ugлом - Simulate Angled Grooving Operation /173
51. Dodavanje Operacije Izrade Navoja - Add A Threading Operation /173
52. Definisiranje Geometrije Operacije Izrade Navoja - Define The Geometry Threading Operation /173
53. Definisiranje Alata Za Operaciju Izrade Navoja - Define The Tool Threading Operation /174
54. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Operaciju Izrade Navoja - Define The Technological Parameters For Threading Operation /176
55. Čuvanje I Izračunavanje Operacije Izrade Navoja - Save And Calculate Parameters For Threading Operation /177
56. Simuliranje Operacije Izrade Navoja - Simulate Threading Operation /177
57. Dodavanje Operacije Urezivanja Navoja - Add A Threading Operation /177
58. Definisiranje Geometrije Za Operaciju Urezivanja Navoja - Define The Geometry Threading Operation /178
59. Definisiranje Alata Za Operaciju Urezivanja Navoja - Define The Tool Threading Operation /178
60. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Operaciju Urezivanja Navoja - Define The Technological Parameters Threading Operation /180
61. Čuvanje I Izračunavanje Operacije Urezivanja Navoja - Save And Calculate Threading Operation /181
62. Simulacija Operacije Urezivanja Navoja - Simulate Threading Operation /181
63. Dodavanje Operacije Odsecanja - Add A Cutoff Operation /181
64. Definisiranje Geometrije Operacije Odsecanja - Define The Geometry CutOff Operation /181
65. Definisiranje Alata Za Operaciju Odsecanja - Define The Tool CutOff Operation /182
66. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Operaciju Odsecanja - Define The Technological Parameters CutOff Operation /184
67. Čuvanje I Izračunavanje Operacije Odsecanja - Define The Geometry CutOff Operation /185
68. Simulacija Operacije Odsecanja - Simulate CutOff Operation /185

## **VI. ZADATAK 2.**

1. Vežba #2 - Exercise #2 - Mašinska Obrada Točka - Wheel Machining /185
2. Učitavanje Modela - Load The Model /185
3. Definisiranje CEM - Dela - Define The CAM - Part /186
4. Izvršavanje Spoljašnje Grube Obrade - Perform The External Roughing /187
- 4.0. Napredno Struganje: Ostatak Materijala - Advanced Turning: Rest Material /191
- 4.1. Izvršavanje Grube Obrade Ostalog - Neobarađnog Materijala - Perform The Rest Material Roughing /192



5. Izvršavanje Spoljašnje Završne Obrade - Perform The External Finishing /195
6. Izvršavanje Grube Obrade Lica - Perform The Facial Roughing /198
7. Izvršavanje Mašinske Obrade Materijala Za Ostatak Površine Lica - Perform The Facial Rest Material Machining /201
8. Obrada Rupa - Hole Machining /204

### **VII. ZADATAK 3.**

1. Napredno Struganje: Delimična Obrada - Advanced Turning: Partial Machining /205
2. Vežba #3: Struganje Dugačkog Vratila (Osovine) - Exercise #3: Long Shaft Machining /206
3. Učitavanje Datoteke Dela - Load The Part File /206
4. Obrada Prvog Segmenta Geometrije - Machine The First Segment Of The Geometry /206
- 4.1. Prva Tačka / Druga Tačka - First Point / Second Point /208
- 4.2. Parametri Pristupa / Povlačenja - Approach / Retreat Parameters /210
- 4.3. Izmena Tačke Da Bi Se Izbegla Kolizija - Modify Point To Avoid Collision /212
- 4.4. Izmena Konture Da Bi Se Izbegla Kolizija - Modify Contour To Avoid Collision /214
5. Obrada Drugog Segmenta Geometrije - Machine The Second Segment Of The Geometry /215
6. Obrada Trećeg Segmenta Geometrije - Machine The Third Segment Of The Geometry /217
7. Obrada Ostataka Geometrije - Machine The Rest Of The Geometry /217

### **VIII. KOMBINOVANO GLODANJE - STRUGANJE - MILL - TURN /218**

#### **VIII. ZADATAK 4.**

1. Vežba Broj 4: Operacija Struganja Na CNC Mašini Za Kombinovano Glodanje - Struganje - Exercise #4: Turning Operation On Mill - Turn CNC - Machine /218
2. Učitavanje CAM - Dela - Load The CAM - Part /218
3. Definisavanje Podešavanja Mašine - Define The Machine Setup /219
4. Dodavanje Operacije Struganja Površine - Lica - Add A Face Turning Operation /221
5. Definisavanje Geometrije Za Operaciju Struganja Površine - Lica - Define The Geometry Face Turning Operation /221
6. Definisavanje Alata Za Operaciju Struganja Površine - Lica - Define The Face Turning Operation /224
- 6.1. Kompozitni Alat - Composite Tool /226
7. Definisavanje Nivoa Obrade Za Operaciju Struganja Površine - Lica - Define The Machining Levels The Face Turning Operation /227
- 7.1. Sigurnosna Udaljenost - Safety Distance /227
8. Definisavanje Tehnoloških Parametara Za Operaciju Struganja Površine - Lica - Define The Technological Parameters The Face Turning Operation /228
9. Izračunavanje Operacije Za Operaciju Struganja Površine - Lica - Calculate The Operation Face Turning Operation /228
10. Simuliranje Rada U Host CAD Režimu Za Operaciju Struganja Površine - Lica - Simulate The Operation In The Host CAD Mode The Face Turning Operation /229
- 10.1. Domaći CED Režim Simulacije - Host CAD Simulation Mode /229
11. Simuliranje Rada U Režimu Struganja - Simulate The Operation In The Turning mode /229
- 11.1. Strugarski Režim Simulacije - Turning Simulation Mode /229
12. Simuliranje Operacije U Režimu Solid - Provera - Verifikacija - Simulate The Operation In The SolidVerify Mode /230
13. Zatvaranje Simulacije - Close The Simulation /231
14. Zatvaranje Dijaloga Operacija Struganja Lica - Close The Face Turning Operation Dialog Box /231
15. Dodavanje Operacije Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Adding External Longitudinal Scraping Operation /231
16. Definisavanje Geometrije Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Define The Geometry External Longitudinal Scraping Operation /231

17. Definisanje Alata Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Define The Tool External Longitudinal Scraping Operation /234
  18. Definisanje Tehnoloških Parametara Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Define The Technological Parameters External Longitudinal Scraping Operation /234
  19. Izračunavanje Operacije Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Calculate The Operation External Longitudinal Scraping Operation /236
  20. Simuliranje Rada U Domaćem CED Režimu Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Simulate The Operation In The Host CAD Mode External Longitudinal Scraping Operation /236
  21. Simuliranje Rada U Režimu Struganja Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Simulate The Operation In The Turning External Longitudinal Scraping Operation Mode /236
  - 21.1. Simuliranje Operacije U Režimu Solid Verifikacija - Potvrđivanje - Simulate The Operation In The SolidVerify Mode /236
  22. Zatvaranje Simulacije Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Close The Simulation Turning External Longitudinal Scraping Operation Mode /237
  23. Zatvaranje Dijalog Boks Za Operaciju Spoljašnjeg Uzdužnog Struganja - Close The /237 Turning Operation Dialog Box Turning External Longitudinal Scraping Operation Mode /237
  24. Dodavanje Operacije Spoljašnjeg Žleba - Add An External Grooving Operation /237
  25. Definisanje Geometrije Operacije Spoljašnjeg Žleba - Define The Geometry External Grooving Operation /237
  26. Definisanje Alata Operacije Spoljašnjeg Žljebljenja - Define The Tool Operation External Grooving /238
  27. Definisanje Tehnoloških Parametara Operacije Spoljašnjeg Žljebljenja - Define The Technological Parameters Operation External Grooving /238
  28. Izračunavanje Operacije Spoljašnjeg Žljebljenja - Calculate The Operation External Grooving /239
  29. Simulacija Operacije Spoljašnjeg Žljebljenja - Simulate External Grooving Operation /239
- IX. GLODANJE NA MILL - TURN CNC - MAŠINAMA /239**
- IX. ZADATAK 5.**
1. Vežba #5: Glodanje Lica - Exercise #1: Facial Milling/239
  2. Učitavanje CEM - Dela - Load The CAM - Part /239
  3. Dodavanje MCO - Add An MCO /240
  4. Dodavanje Operacije - Add An Operation /240
  5. Definisanje Geometrije - Define The Geometry /240
  6. Definisanje Alata - Define the Tool /243
  7. Uređivanje Parametara Alata - Edit The Tool Parameters /243
  8. Definisanje Dubine Obrade - Define The Machining Depth /243
  9. Definisanje Tehnoloških Parametara - Define The Technological Parameters /245
  - 9.1. Offsets - Pomak - Ofset /245
  10. Definisanje Dovodnja I Izvodnja - Definisanje Ulazka I Izlazka - Define The Lead In And The Lead Out /245
  11. Definisanje Tehnoloških Parametara Čeonog Glodanja - Define The Technological Parameters Of Facial Milling /248
  - 11.1. 4th Tip Osa - 4th Axis Type /248
  - 11.2. Koordinantni Tip - Coordinate Type /249
  - 11.3. Plane - Ravan /249
  - 11.4. Tolerancija - Tolerance /249
  12. Izračunavanje Putanje Alata - Calculate The Tool Path /249
  13. Simuliranje Operacije - Simulate The Operation /250
  14. Zatvaranje Prozora Za Dijalog - Close The Operation Dialog Box /251
  15. Dodavanje Operaciju Profila - Add A Profile Operation /251
  16. Definisanje Geometrije - Define The Geometry /251

17. Definisiranje Alata - Define The Tool /251
18. Definisiranje Dubine Obrade - Define The Machining Depth /252
19. Definisiranje Tehnoloških Parametara - Define The Technological Parameters /252
- 19.1. Strana Alata - Tool side /253
20. Definisiranje Vodjenje Unutra I Vodjenje Van - Define The Lead In And The Lead Out/254
21. Izračunavanje Putanje Alata - Calculate The Tool Path /255
22. Simuliranje Operacije - Simulate The Operation /255

## **X. KORIŠĆENJE MCO NA KOMBINOVANIM GLODALICAMA - STRUGOVIMA**

### **CNC MAŠINAMA - USING MCO ON MILL - TURN CNC - MACHINES /255**

#### **X. ZADATAK 6.**

1. Sekvenca operacije #1 - Operation Sequence #1 /255
- 1'. SolidCEM Operacije Sa Glavnim Vretenom - SolidCAM Operations With Main Spindle /255
- 1''. SolidCEM Operacije Sa Zadnjim Vretenom - SolidCAM Operations With Back Spindle /256
2. Sekvenca operacija #2 - Operation sequence #2 /256
3. Vežba #6 - Obrada Zadnjim Vretenom - Exercise #6: Machining With Back Spindle/257
- 3.1. Učitavanje CEM - Dela - Load The CAM - Part /257
- 3.2. Dodavanje Operacije Upravljanja Mašinom (MCO) - Add A Machine Control Operation (MCO) /257
- 3.3. Dodavanje Operacije Upravljanja Mašinom (MCO) - Add A Machine Control Operation (MCO) /258
- 3.4. Izvršavanje Struganja Lica Sa Zadnjim Vretenom - Perform Face Turning With The Back Spindle /261
- 3.5. Izvršavanje Uzdužnog Struganja Zadnjim Vretenom - Perform Longitudinal Turning With The Back Spindle /263
- 3.6. Izvođenje Struganja Zadnjim Vretenom - Perform Turning With The Back Spindle/264
- 3.7. Izvođenje Žlebova Sa Zadnjim Vretenom - Perform Grooving With The Back Spindle /264
- 3.8. Izvođenje Završnog Struganja Sa Zadnjim Vretenom - Perform Finish Turning With The Back Spindle /265
- 3.9. Izvršavanje Mašinske Obrade Džepova Sa Zadnjim Vretenom - Perform Pocket Machining With The Back Spindle /266
- 3.10. Izvođenje Mašinske Obrade Zakošenja Sa Zadnjim Vretenom - Perform Chamfer Machining With The Back Spindle /267
- 3.11. Zatvaranje CEM - Dela - Close The CAM - Part /267

## **XI. MILL - TURN U SOLID CAM - U: KOMBINOVANI GLODAČKO - STRUGARSKI**

### **CENTRI /268**

#### **XI. ZADATAK 7.**

1. Vežba #7: Definisiranje CEM Dela Kod Struganja /269
2. Učitavanje Solid Works modela /271
3. Pokretanje projekta Mill -Turn /272
4. Definisiranje Parametara CEM Modela /273
5. Definisiranje Postprocesora /275
6. Definisiranje Koordinatnog Sistema /275
7. Izbor Površine - Lica Modela - Select The Model Face/277
8. Definisiranje KoordSis Podataka - Define The CoordSys Data /279
- 8'. Definisiranje Koordinatnog Sistema Za Dati Primer - Vežbu /282
9. Definisiranje Priprema - Stock modela /283
- 9'. Definisiranje Ulaznog Materijala - Priprema Za Dati Primer - Vežbu /285
10. Definisiranje Ciljnog Modela - Define The Target Model /286
- 10'. Definisiranje Izradka - Ciljnog - Krajnjeg - Završnog Modela - Target - a Za Dati Primer - Vežbu /286

11. Definisiranje Podešavanja Mašine I Pomoćnog Pribora - Define The Machine Setup And Fixture /287
- 11'. Definisiranje Steznog Pribora - Uređaja Za Dati Primer - Vež bu /289
- 11". Podešavanje Mašine - Machine Setup Za Dati Primer - Vež bu /290
12. Čuvanje CEM - Dela /292
13. Zatvaranje CEM - Dela /292
14. Proces Obrade /292
15. Operacija 10 - Obrada Čela Priprema - Face Turning Operations /292
16. Definisiranje Geometrije Za Obradu Struganjem Čela Priprema /292
17. Definisiranje Alata Za Obradu Struganjem Čela Priprema /295
18. Definisiranje Nivoa Obrade - Levels Za Obradu Struganjem Čela Priprema /300
19. Definisiranje Tehnoloških Parametara - Technology Za Obradu Struganjem Čela Priprema /301
20. Link Za Obradu Struganjem Čela Priprema /302
21. Izračunavanje Operacije I Simulacija Obrade Za Obradu Struganjem Čela Priprema /303
22. Operacija 20 - Uzdužno Struganje /304
23. Definisiranje Geometrije Obrade Za Uzdužno Struganje /304
24. Definisiranje Alata Za Operaciju Uzdužnog Struganja /307
25. Definisiranje Nivoa Obrade - Levels Za Operaciju Uzdužnog Struganja /311
26. Definisiranje Tehnoloških Parametara - Technology Za Operaciju Uzdužnog Struganja /312
27. Preračunavanje Operacije I Simulacija Za Operaciju Uzdužnog Struganja /316
28. Operacija 30 - Glodanje Džepa /317
29. Definisiranje Geometrije Obrade Džepa /317
30. Definisiranje Alata Za Glodanje Džepa /320
31. Definisiranje Nivoa Obrade - Levels Za Glodanje Džepa /322
32. Definisiranje Tehnoloških Parametara - Technology Za Glodanje Džepa /324
33. Definisiranje Link Parametara Za Glodanje Džepa /325
34. Definisiranje Opcije Motion Control /327
35. Snimanje, Kalkuliranje I Simulacija Operacije Za Glodanje Džepa /327
36. Operacija 40 - Bušenje Rupe  $\phi 3$  mm /328
37. Definisiranje Geometrije Za Operaciju Bušenja Rupe  $\phi 3$  mm /328
38. Definisiranje Alata Za Operaciju Bušenja Rupe  $\phi 3$  mm /330
39. Definisiranje Nivoa Obrade Za Bušenje Rupe  $\phi 3$  mm - Levels /333
40. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Bušenje Rupe  $\phi 3$  mm /335
41. Snimanje, Izračunavanje Putanje Operacije I Simulacija /337
42. Definisiranje Alata Za Obradu Struganjem Čela Priprema /339
43. Operacija 50 - Čeona - Bočna Obrada Struganjem /343
44. Definisiranje Geometrije Za Čeonu Obradu Struganjem /343
45. Definisiranje Alata Za Obradu Čela Struganjem /347
46. Definisiranje Nivoa Obrade - Levels Za Obradu Struganjem Čela Priprema /349
47. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Čeonu Obradu Struganjem - Technology /350
48. Link Za Obradu Struganjem Čela Priprema /352
49. Čuvanje, Izračunavanje Operacije I Simulacija Čeonog Struganja /353
50. Operacija 60 - Uzdužno Struganje /354
51. Definisiranje Geometrije Obrade Za Uzdužno Struganje /354
52. Definisiranje Nivoa Obrade - Levels Za Operaciju Uzdužnog Struganja /357
53. Definisiranje Tehnoloških Parametara - Technology Za Operaciju Uzdužnog Struganja /358
54. Preračunavanje Operacije I Simulacija Za Operaciju Grubog Uzdužnog Struganja /362
55. Operacija 60 - Uzdužno Fino Struganje /362
56. Čuvanje, Izračunavanje Operacije I Simulacija Uzdužnog Finog Struganja /365
57. Operacija 70 - Bušenje Rupe  $\emptyset 10$  /366

- 58. Definisiranje Geometrije Bušenja Rupe Ø10 /366
- 59. Definisiranje Alata Za Bušenje Rupe Ø10 /367
- 60. Definisiranje Nivoa Obrade Za Bušenje Rupe Ø10 - Levels /370
- 61. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Bušenje Rupe Ø10 /371
- 62. Čuvanje, Izračunavanje Operacije I Simulacija Bušenja Rupe Ø10 /372
- 63. Operacija 80 - Bušenje Cirkularnog Niza Rupa Ø5 /373
- 64. Definisiranje Geometrije Za Bušenje Rupa Ø5 /373
- 65. Definisiranje Alata Za Bušenje Rupa Ø5 /375
- 66. Definisiranje Nivoa Obrade Za Bušenje Rupa Ø5 - Levels /377
- 67. Definisiranje Tehnoloških Parametara Za Bušenje Rupe Ø5 /379
- 68. Čuvanje, Izračunavanje Operacije I Simulacija Bušenja Rupa Ø5/382
- 69. Zatvaranje CEM Obratka /382

## **XII. ZADATAK 8.**

- A. Tehnički Crtež I 3D Model Za Kombinovanu Obradu Struganjem I Glodanjem /382
- B. Izrada Programa U SolidCAM - u /383
- C. Definisiranje Alata /391
- C.1. / 1. Prvo Stezanje /391
- C.2. / 2. Drugo Stezanje /397
- 1. Operacija: Poprečno Struganje /397
- 2. Operacija: Uzdužno Struganje 398
- D. Simulacija Obrade /399
- E. Postprocesiranje /400
- F. G - Kod /401
- G. M - Kod /402

## **XIII. LITERATURA /403**

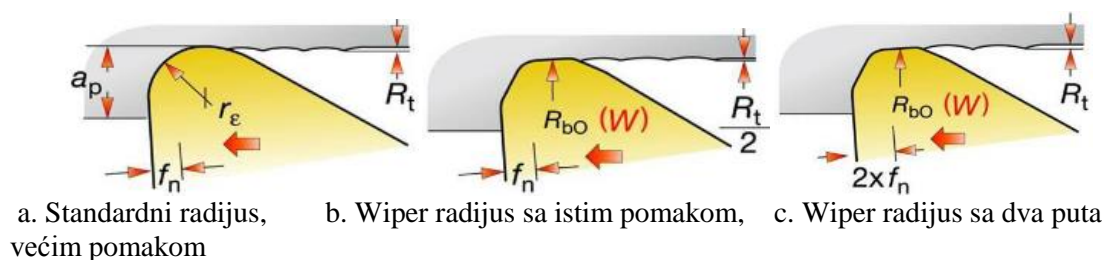
## F. Kvalitet Obradene Površine

### F.1. Uticaj Geometrije Reznog Alata Na Površinsku Hrapavost

Iz izraza:

$$R_{t \max} = f^2 / (8 \cdot r_\epsilon),$$

gde  $r_\epsilon$  poluprečnik vrha alata a  $f$  posmak alata, manje vrednosti površinske hrapavosti mogu se ostvariti smanjenjem posmaka i povećanjem poluprečnika vrha alata a povećanjem brzine rezanja i izborom odgovarajuće dubine rezanja može se kontrolisati površinsku hrapavost. U cilju povećanja proizvodnosti kod struganja, povećanjem posmaka, određena vrednost hrapavosti se postiže upotrebom rezne oštrice sa većim poluprečnikom vrha ili upotrebom tzv. **Wiper pločice** koje kombinuju odličnu ekonomičnost mašinske obrade sa visokim kvalitetom obradene površine.



Slika. F.1. Wiper pločice

**F.2. Uticaj Parametara Obrade Na Površinsku Hrapavost:** Pored geometrije alata i brzinom rezanja može se menjati površinska hrapavost, gde usled povećanja brzine rezanja od 120 m/min na 180 m/min, smanjuje se površinsku hrapavost  $R_a$  - srednje aritmetičko odstupanje profila sa 0.7  $\mu\text{m}$  na 0.3  $\mu\text{m}$  pri obradi Cr - Mo čelika tvrdoće 60 HRC prema **Bhattacharyu**.

Posmična brzina je drugi faktor koji je značajan za dobijanje dobrih rezultata, gde se prema istraživanjima kojima se ispitivao uticaj parametara obrade na vrednost površinske hrapavosti alatnog čelika tvrdoće 60 HRC, utvrđeni su sledeći zaključci da: površinska hrapavost opada sa povećanjem posmaka i brzine rezanja, promenom dubine rezanja nema znatnih promena vrednost površinske hrapavosti, promenom posmaka dolazi do značajnih promena vrednosti hrapavosti, tako da promene imaju linearni tok.

Kvalitet obradene površine se određuje mikro geometrijskim nepravilnostima, odnosno hrapavošću, jer je važno kod obrade materijala postići određeni nivo kvaliteta obradene površine. Proširenu jednačinu za dobijanje teoretske visine neravnina prvi je izveo **Brammertz**:

$$R_{tB} = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} + \frac{h_{min}}{2} + \left(1 + \frac{r_\epsilon + h_{min}}{2}\right)$$

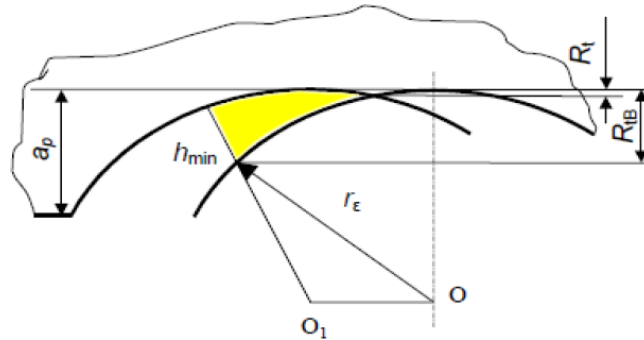
gde je:

$f$  - Posmak rezne oštrice na jedan obrtaj,

$h_{min}$  - Minimalna debljina nedeformisanih čestica kod kojih je moguće odvajanje,

$r_E$  - Poluprečnik vrha rezne oštrice.

Na slici 105 se vidi **Brammertzovo** objašnjenje proširene jednačine, gde osenčeni deo predstavlja nedeformisane odvojene čestice, pa je  $h$  manje od  $h_{min}$ , tako da svakim prolaskom pomoćne oštrice alata po tom delu, taj deo se „glača“. U tom delu čestice se ne odvajaju, već se deformacijom formira elastični povratak prolaskom alata, dok se vrednost  $R_t$  povećava za razliku od vrednosti  $R_{tB}$ .



Slika. 105. Određivanje hrapavosti po Brammertzu

„Glačanjem“ se komad materijala koji se obrađuje, ujedno otvrdnjava njegova površina a kako sa povećavanjem brzine rotacije alata, na materijalu koji se obrađuje, to se odražava tako da se hrapavost površine smanjuje, što je u cilju svake fine obrade, pa se smanjuje posmak po obrtaju.

**G. Uticaj Temperature Rezanja:** Skoro sva mehanička energija se prilikom procesa rezanja transformiše u toplotnu energiju a porast temperature prilikom procesa rezanja, nastaje kao posledica plastične deformacije obrađivanog materijala, trenja između prednje površine i odvojene čestice kao i trenja između zadnje površine alata i obradka, tako da temperatura rezanja nije locirana duboko ispod površine obradka. Usled visokih temperatura, dolazi do pojave zateznog naprezanja površinskog sloja a poznavanjem temperature rezanja može se predvideti trošenje alata, stanje površine i vrednost toplote u podpovršinskom sloju obradka.

Toplotna energija po jedinici dužine  $P'_a$  je fizički parametar koji govori o maksimalnom iznosu temperature podpovršinskog sloja obradka i ukazuje na pojavu belog sloja, tako da ako je prilikom procesa rezanja postignuta temperatura transformacije  $\alpha - \gamma$  ferit u austenite, doći će do strukturne promene obradka, gde sa povećanjem vremena obrade dolazi do linearnog povećanja  $P'_a$ . Prema istraživanju **Ivett Viktoria**, kada je postignuta vrednost  $P'_a = 150 \text{ W/mm}$  dolazi do pojave belog sloja a toplotna energija  $P'_a$  je fizički parametar koji se definiše empirijskom jednačinom koja predstavlja zavisnost brzine rezanja, posmaka i dubine rezanja.

$$P'_a = 100 \cdot v_c^{0.41} \cdot f^{0.651} \cdot a_p^{0.236}$$

Usled visokih temperatura i toplote dobijene tokom procesa rezanja, dolazi do promene mikrostrukture i tvrdoće obradka, gde struktura obrađene površine može se mnogo razlikovati od početnog stanja površine obradka. Kod struganja otvrdnutih čelika dolazi do omekšavanja površinskog sloja tj. nastaje Popušteni Martenzit - OTM - OverTempered

Martensite a ako je postignuta temperatura austenizacije, nastaje austenit u površinskom sloju koji usled hlađenja, preko hladnog osnovnog materijala se pretvara u Nepopušteni Martenzit - UTM - UnTempered Martensite. On je krhk, sadrži zaostala naprezanja i smanjuje zamornu čvrstoću a pod mikroskopom se vidi kao beli sloj, koji je rezultat mikrostrukturnih promena.

Beli sloj ima visoku tvrdoću, veću od osnovnog materijala a iznos tvrdoće je 1000 HV0.025 što je za 20% veće od osnovnog materijala, dok beli sloj se sastoji od 2/3 austenita, tako da osim zaostalog austenita u mikrostrukтури je i martenzit koji ima tetragonalnu kristalnu rešetku. Posle obrade nema amornog sloja, jer toplotna provodljivost obrađivanog materijala nije smanjenja, pa se može zaključiti da beli sloj ima kristalnu strukturu, gde tip i sastav belog sloja zavisi od transformacije osnovnog materijala koja se odvija određenim brzinama hlađenja.

Da bi se pojavio beli sloj neophodno je da: 1) Temperatura koja se postiže kao rezultat kontakta alata i obradka, mora da postigne temperature austenizacije, 2) Hlađenje površinskog sloja mora biti kratko. Temperatura usled procesa rezanja zavisi od toplotne provodljivosti materijala alata i obradka a u istim uslovima obrade oko 52% proizvedene toplote tokom procesa rezanja odvodi se preko odvojene čestice ako se koriste CBN alati sa 90% udela CBN - a a 41% pri korišćenju alata sa 50% udela CBN - a. Parametri obrade značajno utiču na razvoj temperature, gde brzina rezanja i posmak imaju primarni i sekundarni uticaj na temperaturu, dok dubina rezanja neznatno utiče, tako da sa povećanjem parametara obrade dolazi do povećanja temperature, ali toplota u podpovršinskom sloju opada.

**H. Trošenje Reznog Alata:** Prema mnogim istraživanjima, istrošenost reznog alata utiče na sile rezanja i obrnuto a **Nakai** je dokazao da kod obrade otvrdnutih alatnih čelika, trošenje alata povećava pasivnu silu  $F_p$ , tako da istraživanja vezana za trošenje alata pokazuju da sile rezanja i površinska hrapavost imaju tendenciju rasta trošenjem alata pri tvrdom struganju alatnih čelika. **Ko** i **Kim** su utvrdili da su komponente sila rezanja zavisne od povećanja trošenja alata a **Konig** je konstatovao da velike sile rezanja, sa visokim odnosom radijalne i tangencijalne sile može da izazove veliko savijanje alata.

**Bhattacharyya** i **Aspinwall** su pokazali da je za CBN tvrdo struganje, odnos pasivne  $F_p$  i glavne sile rezanja  $F_c$  veći od 1, što je suprotno od konvencionalnog struganja. **Ko** i **Kim** su pokazali da se površinska hrapavost malo pogoršava - povećava sa početkom trošenja alata, gde nakon istrošenosti zadnje površine od 0.05 mm, površinska hrapavost se ponovo poboljšava, da bi se opet nakon određene istrošenosti pogoršavala.

**Kramer** je objasnio da dodir odvojene čestice sa površinom alata usled povećane temperature rezanja, rezultuje slojem koji blokira difuziju, smanjuje brzinu transporta alatnog materijala tj. brzinu trošenja alata a povećana temperatura na zakošenom reznom vrhu alata dovodi do povećanog trošenja alata, tj. do loma alata. Tvrdo struganje je predviđeno kao zamena za brušenje prilikom završne obrade, tako da su **Chou** i **Barash** utvrdili da su CBN - L alati prikladniji za obradu struganjem otvrdnutih čelika, dok su **Ko** i **Kim** pokazali da u slučajevima isprekidanog rada CBN - L alati pokazuju manju istrošenost i površinsku hrapavost i da su u potpunosti bolji od CBN - H alata .

Gruba, polu - završna ili završna obrada koje utiču na dubinu rezanja imaju veliki uticaj na oblik odvojene čestice, vibracije alata, sile rezanja i trošenje alata a pri isprekidanom tvrdom struganju čelika za ležaje, sadržaj CBN - a utiče na trošenje alata i jednolikost površine. **Ko** i **Kim** su demonstrirali vezu između brzine rezanja i sadržaja CBN - a, gde su pokazali da pri niskim brzinama rezanja, CBN - L koji sadrži 60% CBN - a je dominantan u odnosu na CBN - H koji sadrži 80% CBN - a, dok je kod visokih brzina rezanja slučaj obrnut. Uticaj geometrije alata i prednjeg ugla je detaljno razmatran a četiri tipa rezne ivice oštri, zakošeni, zaobljeni i zakošeni plus zaobljeni, se upotrebljavaju za poboljšanje mogućnosti alata.

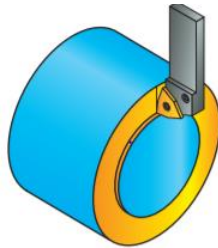
**Thiele** je tvrdio da zaostala naprezanja proizvedena većim zaobljenjem oštrice su više pritiska nego naprezanja kod oštrice sa manjim zaobljenjem, pa ostavljaju bele slojeve, tako



#### IV. MODUL STRUGANJA U SOLID CEM - U - TURNING MODULE SOLID CEM

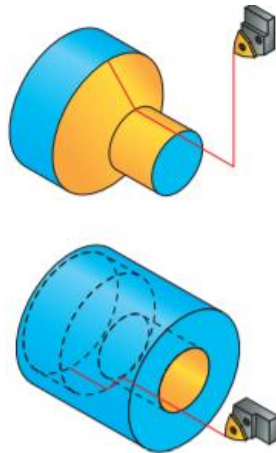
Modul SolidCAM struganje omogućava pripremu putanja alata za sledeće operacije struganja:

**1. Struganje Čeone Površine Obratka - Lica - Face Turning:** SolidCAM omogućava da se izvrši struganje lica profila cilindričnog obratka, gde je glavni smer rada u pravcu X - ose.



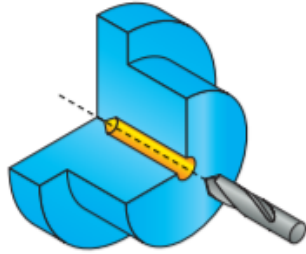
Slika. 113. Struganje čeone površine obratka - lica

**2. Uzdužno Spoljašnje I Unutrašnje Struganje - Turning:** SolidCAM omogućava pripremu putanje alata za sve vrste spoljnih i unutrašnjih operacija struganja: duga spoljašnja, duga unutrašnja, prednje lice i lice pozadi.



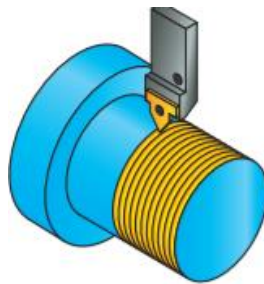
Slika. 114. Uzdužno spoljašnje u unutrašnje struganje

**3. Bušenje - Drilling:** SolidCAM omogućava da se izvedu svi ciklusi bušenja do obrađivanja rupa koje se podudaraju na osi obrtanja izradka.



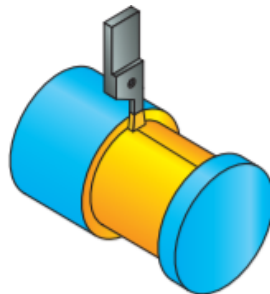
Slika. 115. Bušenje na CNC strugu

**4. Izrada Navoja - Threading:** SolidCAM ima mogućnost pripreme putanje alata za sve vrste spoljašnjeg i unutrašnjeg navoja.



Slika. 116. Izrada navoja

**5. Izrada Žlebova i Ukopa - Grooving:** SolidCAM obezbeđuje pripremu putanje alata za sve vrste izrade spoljašnjih i unutrašnjih žlebova i ukopavanja.



Slika. 117. Izrada žlebova i ukopa

**6. Ugaono Žljebljenje - Angled Grooving:** SolidCAM obezbeđuje izvođenje nagnutih žlebova, gde geometrija definisana za ovu operaciju mora biti nagnuta u odnosu na osu Z koordinatnog sistema CEM - dela.