

Testiranje CAD/CAM/CNC lanca na primjeru glodanja

Gazdek, Kristian

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Technical College in Bjelovar / Visoka tehnička škola u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:998979>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-27**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU

ZAVRŠNI RAD br: 03/MEH/2016

**Testiranje CAD/CAM/CNC lanca
na primjeru glodanja**

Kristian Gazdek

Bjelovar, svibanj 2016

VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU

ZAVRŠNI RAD br: 03/MEH/2016

**Testiranje CAD/CAM/CNC lanca
na primjeru glodanja**

Kristian Gazdek

Bjelovar, svibanj 2016



Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Gazdek Kristian**

Datum: 24.03.2016.

Matični broj: 000129

JMBAG: 0314001200

Kolegij: **PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM**

Naslov rada (tema): **Testiranje CAD/CAM/CNC lanca na primjeru glodanja**

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**

zvanje: **viši predavač**

Članovi Povjerenstva za završni rad:

1. mr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., mentor
3. Božidar Hršak, mag.ing.mech., član

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 03/MEH/2016

U radu je potrebno projektirati i testirati proceduru virtualne verifikacije strojne obrade (glodanja) za definiranu kombinaciju CAD/CAM/CNC sustava za 3-osnu CNC glodalicu razvijenu na Visokoj tehničkoj školi u Bjelovaru. Rezultate ispravnog rada provjeriti obradom koja zahtijeva 3-osnu obradu (2.5D i 3D glodanje) korištenjem programskih alata SinuTrain for SINUMERIK Operate 4.5 (modul ShopMill i modul program GUIDE G code) i definiranog CAD/CAM sustava.

Zadatak uručen: 24.03.2016.

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**



ZAHVALA

Veliko hvala mentoru Tomislavu Pavlicu mag.ing.mech. na pomoći, strpljenju i razumijevanju u izradi završnog rada.

Zahvaljujem se i Visokoj Tehničkoj školi u Bjelovaru zajedno s mentorom što su mi dopustili izradu završnog rada u laboratoriju za elektrostrojarstvo.

Zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima što su mi bili potpora i pomoć tijekom studiranja.

Sadržaj

Uvod.....	5
1. OPIS RADA.....	6
2. OPIS GLODALICE.....	7
2.1 Upravljački ormar glodalice.....	8
2.2 Kinematika CNC glodalice	9
3. SIEMENS SINUMERIK 840DSL	10
4. SHOPMILL.....	14
4.1 Uvod u ShopMill	14
5. PROGRAMGUIDE G CODE.....	15
5.1 Uvod u programGUIDE G code	15
6. SOLID WORKS 2012.....	16
6.1 Modeliranje 2.5D izradka	16
6.2 Modeliranje 3D izradka	18
7. 2.5 D IZRADAK.....	22
7.1 Plan obrade.....	23
7.2 Plan stezanja	23
7.3 Plan odabira alata	23
7.3.1 Brzina rezanja.....	24
7.3.2 Posmak	25
7.4 Program (programGUIDE)	26
8. 3D IZRADAK.....	43
8.1 Plan obrade.....	44
8.2 Plan stezanja	44
8.3 Plan odabira alata	44
8.3.1 Brzina rezanja.....	45
8.3.2 Posmak	46
8.4 Program (ShopMill).....	47

9. SOLIDCAM 2012	49
10. PRIJENOS PROGRAMA UNUTAR CAD/CAM/CNC LANCA	53
11. ZAKLJUČAK	58
12. LITERATURA.....	59
Sažetak.....	60
Abstract.....	61
Privitak.....	64

Popis slika

Slika 0.1. Oprema za izradu CNC glodalice Visoke tehničke škole u Bjelovaru	5
Slika 1.1. Izrađena CNC glodalica na kojoj će se testirati CAD/CAM/CNC lanac.....	6
Slika 2.1. Upravljački panel CNC glodalice - Operator Panel OP 015AT 1024x768	7
Slika 2.2. Upravljački panel CNC glodalice - MCP 483 C PN.....	7
Slika 2.3. Popis ugrađenih komponenata u razvodni ormar CNC glodalice.....	8
Slika 2.4. Kinematika CNC glodalice	9
Slika 3.1. Različite izvedbe Sinumerik CNC upravljanja	10
Slika 3.2. Paleta komponenata za automatizaciju strojne obrade.....	10
Slika 3.3. Karakteristike opreme ugrađene na CNC glodalicu na VTŠBJ.....	11
Slika 3.4. ShopMill/ShopTurn [3].....	12
Slika 3.5. ProgramGUIDE [3].....	12
Slika 3.6. ProgramSYNC [3].....	13
Slika 3.7. ISO-Code [3].....	13
Slika 6.1. Prva faza oblikovanja 2.5D izradka u alatu SolidWorks 2012	16
Slika 6.2. Druga faza oblikovanja 2.5D izradka u alatu SolidWorks 2012.....	17
Slika 6.3. Prikaz parametara za funkciju proširenja linija.....	17
Slika 6.4. Treća faza oblikovanja 2.5D izradka u alatu SolidWorks 2012.....	18
Slika 6.5. Prikaz 2.5D modela u alatu SolidWorks 2012.....	18
Slika 6.6. Prva faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012	19
Slika 6.7. Druga faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012.....	19
Slika 6.8. Treća faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012	20
Slika 6.9. Četvrta faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012.....	20
Slika 6.10. Prikaz 3D modela u programskom alatu SolidWorks 2012.....	21
Slika 7.1. Primjer geometrije ravnog glodala [8]	24
Slika 7.2. Radna točka G54.....	26
Slika 7.3. Odabir glodala u programGUIDE-u	26
Slika 7.4. Dimenzije priprema za 2.5 D glodanje	27
Slika 7.5. Plansko glodanje u programGUIDE-u.....	27
Slika 7.6. Ciklus planskog glodanja u programGUIDE-u.....	28
Slika 7.7. Otvaranje novog programa „KONTURA“	29
Slika 7.8. Skica pozicije u 1. kvadrantu u koordinatnom sustavu.....	30
Slika 7.9. Početna točka konture „KONTURA“	30
Slika 7.10. Prvi ravni element konture „KONTURA“	31

Slika 7.11. Prvi radijusni element konture „KONTURA“	31
Slika 7.12. Drugi ravni element konture „KONTURA“	32
Slika 7.13. Drugi radijusni element konture „KONTURA“	32
Slika 7.14. Treći ravni element konture „KONTURA“	33
Slika 7.15. Treći radijusni element konture „KONTURA“	33
Slika 7.16. Četvrti ravni element konture „KONTURA“	34
Slika 7.17. Četvrti radijusni element konture „KONTURA“	34
Slika 7.18. Peti ravni element konture „KONTURA“	35
Slika 7.19. Svi elementi konture „KONTURA“	35
Slika 7.20. Prikaz konture „KONTURA“ u kodovima	36
Slika 7.21. Simulacija rada alata konture „KONTURA“	36
Slika 7.22. Prikaz konture „OSTALO“	37
Slika 7.23. Svi elementi konture „OSTALO“	37
Slika 7.24. Simulacija rada alata konture „OSTALO“	38
Slika 7.25. Program kontura „KONTURA“ i „OSTALO“	39
Slika 7.26. Konstrukcijske točke geometrije spirale	40
Slika 7.27. Svi radijusni elementi konture „SPIRALA“	41
Slika 7.28. Program konture „SPIRALA“	42
Slika 7.29. Simulacija alata konture „SPIRALA“	42
Slika 8.1. Geometrije alata za 3D glodanje	45
Slika 8.2. Glodalo promjera 10mm i radijusa oštrica R1	46
Slika 8.3. Glodalo promjera 10mm i radijusa oštrica R5	46
Slika 8.4. Dimenzije priprema za 3D glodanje	47
Slika 8.5. Tablica glodanja pravokutnog džepa za 3D izradak	47
Slika 8.6. Program glodanja pravokutnog džepa za 3D izradak	48
Slika 8.7. Simulacija alata na glodanju pravokutnog džepa.....	48
Slika 9.1. Odabir radne točke u programskom alatu SolidCAM	49
Slika 9.2. Obrada operacijom HSS (eng. <i>High Speed Surfacing</i>)	50
Slika 9.3. Odabir plošne geometrije u programskom paketu SolidCAM.....	50
Slika 9.4. Tablica dimenzija za glodalo promjera 10mm i radijusa R5	51
Slika 9.5. Tablica brzina i posmaka za glodalo promjera 10mm i radijusa R5.....	51
Slika 9.6. Tablica maksimalne udaljenosti putanje do putanje alata (eng. <i>Max step over</i>).....	52
Slika 9.7. Simulacija alata obrade 3D površine	52
Slika 10.1. Primjer spremanja 3D programa	53

Slika 10.2. Primjer postavljanja programa u programski alat SinuTrain for SINUMERIK Operate	53
Slika 10.3. Pregled postavljenog programa u programskom paketu SinuTrain for SINUMERIKOperate	54
Slika 10.4. Tablica dimenzija priprema za 3D glodanje	54
Slika 10.5. Primjer postavljanja novog alata u programu za 3D glodanje	55
Slika 10.6. Tablica izbora alata za 3D obradu površine	55
Slika 10.7. Primjer programa sa novim alatom za 3D glodanje	56
Slika 10.8. Simulacija rada alata na 3D izradku	56
Slika 10.9. Primjer programa za bušenje i glodanje dosjeda na 3D izradku	57
Slika 10.10. Simulacija alata za bušenje i glodanje dosjeda na 3D izratku	57

Popis tablica

Tablica 2.1. Popis ugrađenih komponenti u razvodni ormar i na CNC glodalicu	8
Tablica 7.1. Dimenzije alata za 2.5D obradu	23
Tablica 7.2. Režimi rada za glodala [8]	24
Tablica 7.3. Kodovi za kretanje alata	28
Tablica 7.4. Funkcije za uključivanje / isključivanje vretena	28
Tablica 7.5. Kodovi za uzimanje korekcije radijusa alata.....	29
Tablica 7.6. Geometrijske vrijednosti točaka za spiralu	40
Tablica 8.1. Dimenzije alata za 3D operaciju glodanja.....	44
Tablica 8.2. Režimi rada za glodala [8]	45
Tablica 8.3. Odabrani režimi rada za alate za operaciju 3D glodanja.....	46

Uvod

U završnom radu napravljen je prikaz strojne obrade 2.5D i 3D izradka u programskim alatima SolidWorks 2012 SP5.0, SolidCAM 2012 SP6.0 i SinuTrain for SINUMERIK Operate 4.5 Ed2. Programskim alatom SolidWorks 2012 SP5.0 obuhvaćeno je modeliranje, a programskim alatima SINUMERIK Operate 4.5 Ed2. i SolidCAM 2012 SP6.0 obuhvaćeno je programiranje za izradu izradaka. U programskom paketu SINUMERIK Operate 4.5 Ed2. obuhvaćene su dvije od četiri funkcije programiranja (ShopMill i programGUIDE), dok je u SolidCAM-u napravljen program koristeći HSS (eng. *High Speed Surfacing*) tehnologiju. Kao nedostaci koji još postoje na glodalici, s obzirom da je ona kompletno izrađena, od samoga početka, na Visokoj tehničkoj školi u Bjelovaru (slika 0.1), potrebno je navesti sljedeće probleme koji su uočeni i koji su vezani za rad na njoj. U daljnjim radovima bi bilo potrebno iste otkloniti detaljnijim parametriranjem stroja. Neki od nedostataka su:

»X os nije definirana prema pravilu desne ruke u kartezijevom koordinatnom sustavu pa iz tog razloga pozicije koje su u izradi ispadnu zrcalno.

»U brzom posmaku G0 kod pozicioniranja stroj javlja grešku 25030 i ugasi se zbog prevelikog ubrzanja koje osjeti senzor ubrzanja.

»Iz prijelaza alata iz točke u točku vrijeme čekanja je dugo pa se kod brzih posmaka javljaju neželjene vibracije koje stroj unosi u svoju kinematiku i u izradak.

»Potencijometar za posmak ne funkcionira pravilno kad je stroj u izvršavanju programa jer prihvaća samo dva stanja 0% i 100%.

»Funkcije za uključivanja vretena u smjeru kazaljke na satu M3 i kontra kazaljke na satu M4 su zamijenjene.



Slika 0.1. Oprema za izradu CNC glodalice Visoke tehničke škole u Bjelovaru

1. OPIS RADA

Potrebno je projektirati i testirati proceduru virtualne verifikacije strojne obrade (glodanja) za definiranu kombinaciju CAD/CAM/CNC sustava. Ispravan rad provjerit će se obradom koja zahtijeva 3-osnu obradu (2.5D i 3D glodanje) korištenjem programskih alata SinuTrain for SINUMERIK Operate 4.5 (modul ShopMill i modul programGUIDE Gcode) i programskog alata SolidCAM 2012. Testiranje će se izvršiti u laboratoriju za elektrostrojarstvo na Visokoj tehničkoj školi u Bjelovaru, na izrađenome stroju koji je prikazan na sljedećoj slici.



Slika 1.1. Izrađena CNC glodalica na kojoj će se testirati CAD/CAM/CNC lanac

2. OPIS GLODALICE

Završni rad odrađen je na 3-osnoj glodalici, koja se nalazi u Laboratoriju za elektrostrojarstvo na Visokoj tehničkoj školi u Bjelovaru, s kompjuterskom numeričkom kontrolom tvrtke SIEMENS, koja je prikazana je na slici 1.1. Model upravljanja je SINUMERIK 840Dsl koji upravlja sa četiri elektro motora s apsolutnim enkoderima.



Slika 2.1. Upravljački panel CNC glodalice - Operator Panel OP 015AT 1024x768

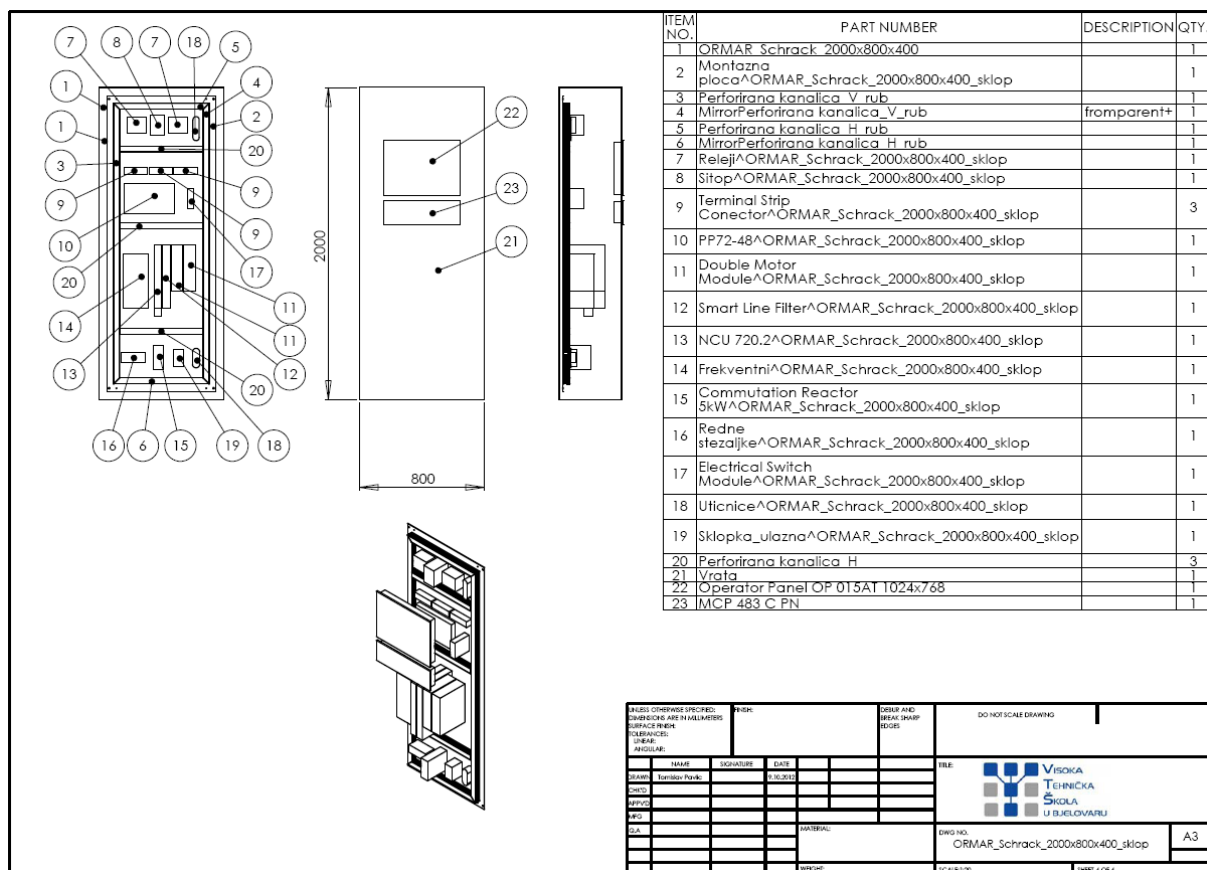


Slika 2.2. Upravljački panel CNC glodalice - MCP 483 C PN

Na osima X, Y i Z se nalaze sinkroni elektro motori s apsolutnim enkoderima, sa dodatkom da se na Z osi nalazi sinkroni servo elektro motor s ugrađenom kočnicom. Isti model motora (kao na X i Y osi) ugrađen je kao glavno vreteno, sa prihvatom alata ER16.

2.1 Upravljački ormar glodalice

Upravljački ormar se sastoji od raznih električnih komponenti koje omogućavaju jednostavan, siguran i stabilan rad glodalice.



Slika 2.3. Popis ugrađenih komponenta u razvodni ormar CNC glodalice

Popis glavnih komponenta nalazi se u tablici 2.1.

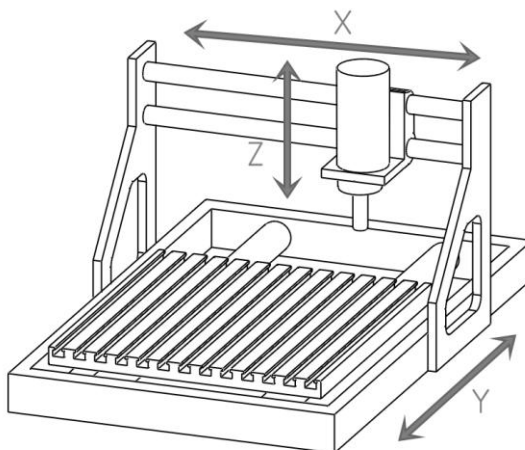
Tablica 2.1. Popis ugrađenih komponenti u razvodni ormar i na CNC glodalicu

Komponenta	
1.	Napajanje perifernih komponentata - SITOP MODULAR; STABILIZED LOAD POWER SUPPLY; INPUT: 120/230-500 V AC; OUTPUT: 24 V DC/10 A
2.	Upravljanje i PLC (eng. <i>Programmable Logic Controler</i>) - NCU 720.2 6FC5372-0AA0-0AA2; SINUMERIK 840D SL; CNC-HARDWARE; NCU 720.2 WITH PLC 317-2DP; USER MEMORY: CNC: 3MB; PLC: 512KB; INTERNAL-HEAT-DISSIPATION
3.	Napajanje upravljanja - SLM.INT400V5KW 6SL3130-6AE15-0AB0 S120 SINAMICS S120; SMART LINE MODULE; INPUT: 3AC 380-480V, 50/60HZ; OUTPUT: 600VDC, 8.3A, 5KW; FRAME SIZE: BOOKSIZE; INTERNAL AIR COOLING; INCL. CONTROL VOLTAGE ADAPTER; MODULES PAINTED
4.	Motorski moduli - MOMO.COMP.400V2X1,7A 6SL3420-2TE11-7AA0 SINAMICS S120 DOUBLE MOTOR MODULE; INPUT: DC 600V; OUTPUT: 3AC 400V, 1,7A/1,7A; FRAME SIZE BOOKSIZE COMPACT; INTERNAL AIR

	COOLING; OPTIMIZED PULSE PATTERNS AND HELP HIGHER ORDER; SAFETY FUNCTIONS; INCL. DRIVE-CLIQ CABLE
5.	Ulazno / Izlazna ploča - MOD,I/O MODUL 6FC5611-0CA01-0AA1 SINUMERIK I/O MODULE; PP 72/48;72 INPUTS 24 V;48 OUTPUTS 24 V, 0.25 A COATING VERSION PP72/48
6.	Upravljačka ploča - SINUMERIK OPERATOR PANEL FRONT OP 015AT SINUMERIK OPERATOR PANEL FRONT; OP 015AT, 15" TFT (1024 X 768); WITH MEMBRANE KEYS AND INTEGRATED TCU.
7.	Dodatna tipkovnica - MCP 483C PN 6FC5303-0AF22-0AA1 SINUMERIK MACHINE CONTROL PANEL; MCP 483C PN; PROFINET / INDUSTRIAL ETHERNET, WIDTH 19", MECHANICAL KEYS, 22 MM EMERGENCY STOP
8.	Pogonski servo motori X i Y osi, te glavno vreteno (3 komada) - SYNCHRONOUS MOTOR 1FK7-CT 1,15 NM; SYNCHRONOUS MOTOR 1FK7-CT PN=0,5 KW; UZK=600V; M0=1,15NM (100K); NN=6000RPM; NATURAL COOLING, FRAME SIZE IMB 5 (IM V1, IM V3); FLANGE 1; POWER CONNECTOR ROTATABLE; ABSOLUTE ENCODER SINGLETURN 20 BIT WITH DRIVE-CLIQ; INTERFACE (ENCODER AS20DQI); SHAFT WITH FITTED KEY, TOLERANCE N; W/O HOLDING BRAKE; PROTECTION CLASS IP64;
9.	Pogonski servo motori Z osi s kočnicom (1 komad) - SYNCHRONOUS MOTOR 1FK7-CT 1,15 NM; SYNCHRONOUS MOTOR 1FK7-CT PN=0,5 KW; UZK=600V; M0=1,15NM (100K); NN=6000RPM; NATURAL COOLING, FRAME SIZE IMB 5 (IM V1, IM V3); FLANGE 1; POWER CONNECTOR ROTATABLE; ABSOLUTE ENCODER SINGLETURN 20 BIT WITH DRIVE-CLIQ; INTERFACE (ENCODER AS20DQI); SHAFT WITH FITTED KEY, TOLERANCE N; WITH HOLDING BRAKE; PROTECTION CLASS IP64;
10.	Releji, krajnji prekidači, sabirnice, ...

2.2 Kinematika CNC glodalice

Kinematika glodalice nalik je kinematici portalne glodalice samo što je razlika da u Y smjeru ne putuje alat već stol. Gibanje glodalice opisano je slikom 2.4.



Slika 2.4. Kinematika CNC glodalice

3. SIEMENS SINUMERIK 840DSL

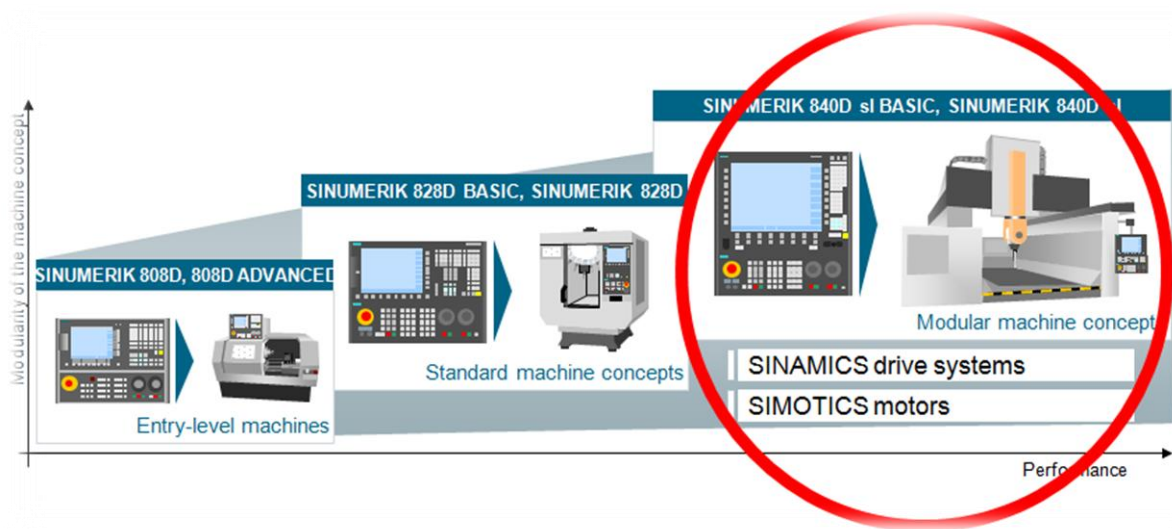
Inteligentni mehatronički koncept za proizvođače strojeva i operatere na strojevima omogućuje projektiranje strojne obrade korak-po-korak, od virtualnog stroja do gotovog komada. Različite vrste kontrolera prikazane su na slici ispod.



Slika 3.1. Različite izvedbe Sinumerik CNC upravljanja



Slika 3.2. Paleta komponenata za automatizaciju strojne obrade

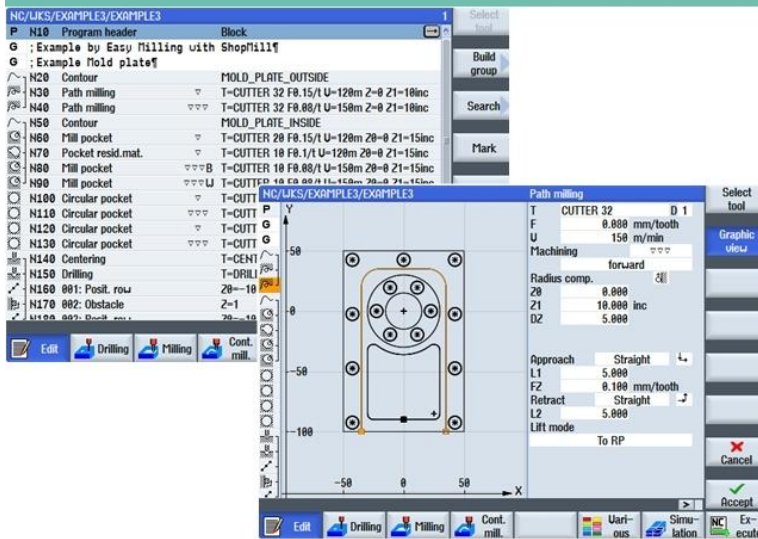


SINUMERIK 808		SINUMERIK 828		SINUMERIK 840	
<ul style="list-style-type: none"> Panel-based entry-level CNC Technologies: turning and milling Up to 5 axes/spindles 1 machining channel 7.5" color display 		<ul style="list-style-type: none"> Panel-based compact CNC Technologies: turning and milling Up to 8 axes/spindles 1 machine channel 8.4" / 10.4" color display 		<ul style="list-style-type: none"> Drive-based modular CNC Multi-technology CNC Podrška do 93 osi/spindle Do 10 machine channels Modular panel concept up to 19" display 	
SINAMICS V60	SINAMICS V70	SINAMICS S120		SINAMICS S120 Combi	SINAMICS S120
SINUMERIK 808D	SINUMERIK 808D ADVANCED	SINUMERIK 828D BASIC	SINUMERIK 828D	SINUMERIK 840D sl BASIC	SINUMERIK 840D sl
Početna klasa		Srednja klasa		Premium klasa	

Slika 3.3. Karakteristike opreme ugrađene na CNC glodalicu na VTŠBJ

Na Siemens SINUMERIK 840Dsl upravljanju postoje različite metode programiranja iz tog razloga izaberemo način koji najbolje odgovara našem znanju i vještinama te potrebama u programiranju strojeva da bi čim brže i efikasnije došli do gotovih dijelova. Ovo upravljanje nudi četiri načina pisanja programa.

ShopMill/ShopTurn



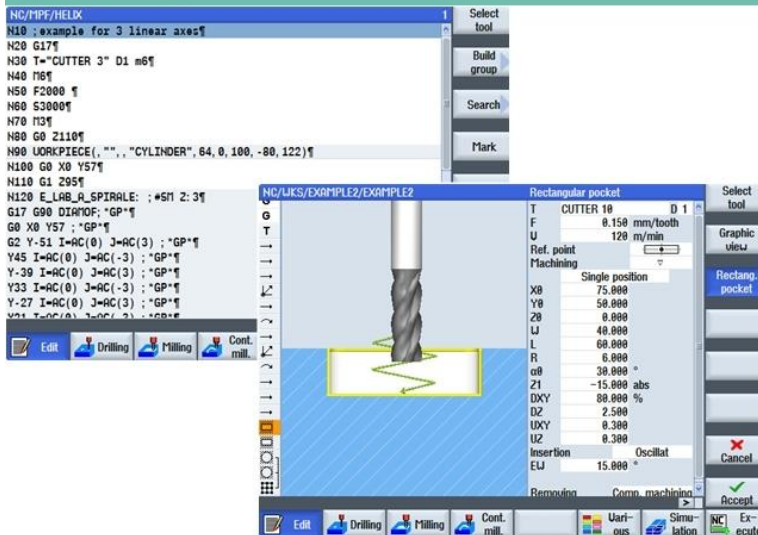
Slika 3.4. ShopMill/ShopTurn [3]

ShopMill / ShopTurn-

Workstep programing:

Za programiranje ovom metodom programer ne treba imati predznanje o DIN / ISO programiranju. Najkraće je vrijeme programiranja. Izvodi se jednostavno upisivanjem potrebnih podataka koje se traže. Ova metoda je pogodna za jednostavne pozicije za zaravnavanje izradka, iskopavanje džepova i itd. te je pogodna za male serije. [3]

programGUIDE

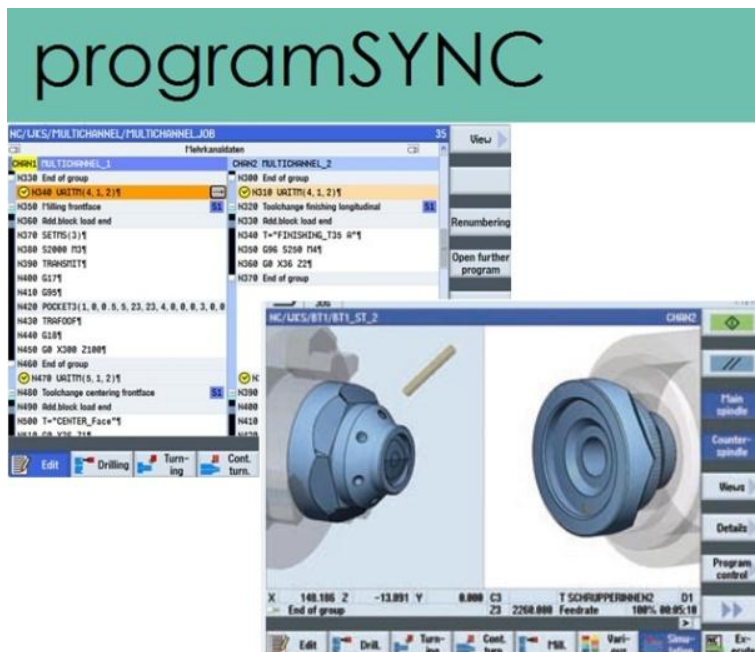


Slika 3.5. ProgramGUIDE [3]

ProgramGUIDE (DIN / ISO

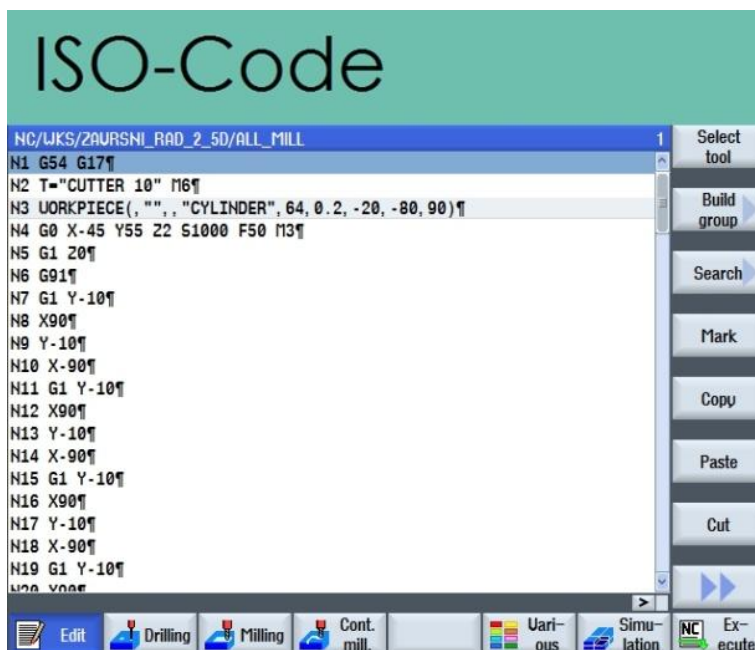
& Sinumerik):

Ova metoda je naprednija i traži predznanje o DIN/ ISO programiranju. Dizajnirana za najveću fleksibilnost i najkraće vrijeme obrade. Programiranje se izvodi upisivanjem standardnih G kodova i M funkcija te se sastoji i od već predodređenih ciklusa koje ostvarujemo popunjavanjem preddefiniranih tablica. Ova metoda je pogodna za srednje do velike serijske proizvodnje. [3]



Slika 3.6. ProgramSYNC [3]

ProgramSYNC: Ova metoda namijenjena je za programiranje više kanalnih strojeva kojima kinematika podržava tokarenje i glodanje (eng. *Turning-Milling*) odjednom. Povećava produktivnost i efikasnost u proizvodnji dijelova. Pogodna za pojedinačne pozicije i serijsku proizvodnju. [3]









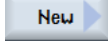



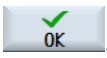
Slika 3.7. ISO-Code [3]

ISO-Code: Ovo je napredna metoda programiranja. Potrebno je poznavati DIN / ISO programiranje kao i G kodove. Pogodna je za pojedinačne i jednostavne pozicije. Kod kompliciranih pozicija vrijeme programiranja je jako dugo, ali zato imamo potpuno kontrolu nad programom i alatom. Dizajnirana za srednje do veliko serijsku proizvodnju. [3]

4. SHOPMILL

ShopMill je okruženje programiranja na SIEMENS Sinumerik 840Dsl upravljanju koji služi za pojedinačne pozicije do male serije. Do željene strukture programa dolazi se u kratkom roku. Tu je i odlična simulacija trenutnog pisanog programa kako bi uvidjeli da li program radi ono što želimo i kako želimo. U njegovom okruženju operater na stroju može direktno programirati bez znanja o ISO-kodu i/ili o G/M funkcijama. Programiranje je jednostavno, ali nema se potpuna kontrola nad programom i alatom. [3]





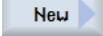

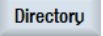
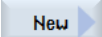

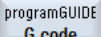
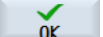
4.1 Uvod u ShopMill

Otvaranjem programa SinuTrain for SINUMERIK Operate 4.5 Ed.2. otvorit će se glavni prozor te klikom na  učitava se željeni stroj. Otvorit će se glavni prikaz stroja s ekranom i tipkovnicom. Klikom na tipku  otvara se prikaz s programima. Za postavljanje nove datoteke klikne se na  **Part programs**     te se upiše ime novoj datoteci. U novoj datoteci klikne se na    te nakon upisa imena programa potvrdi se sa .

5. PROGRAMGUIDE G CODE


ProgramGUIDE G code je način programiranja koji radi na principu miješanja standardnog načina programiranja s naprednim ciklusima strojne obrade. Vrijeme programiranja je kratko i jednostavno. Potrebno je razumjeti DIN/ISO programiranje. Kontrola alata i obrade je umjerena. Nije moguća apsolutna kontrola. Primjenjuje se za izradu srednjih do velikih serija. [3]

5.1 Uvod u programGUIDE G code

Otvaranjem programa SinuTrain for SINUMERIK Operate 4.5 Ed.2. otvara se glavni prozor te klikom na  učitava se željeni stroj. Otvorit će se glavni prikaz stroja s ekranom i tipkovnicom. Klikom na tipku  otvara se prikaz s programa. Za postavljanje nove datoteke klikne se na  **Part programs**     te se upiše ime novoj datoteci. U novoj datoteci klikne se na    te nakon upisa imena programa potvrdimo se sa .



6. SOLID WORKS 2012

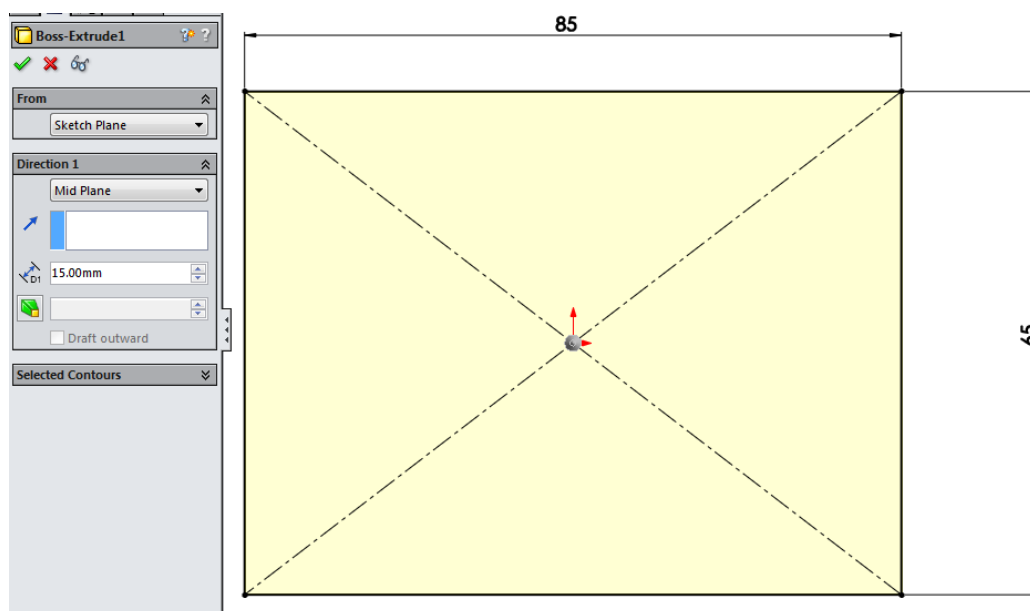
SolidWorks 2012 pripada u CAD (eng. *Computer-aided design*) i CAE (eng. *Computer-aided engineering*) sustave programskih alata. Služi za modeliranje raznih elemenata i njihovo testiranje uz pomoć različitih analiza implementiranih u njemu. [11]

Otvaranje programskog alata SolidWorks 2012 stvara se novi model klikom na 






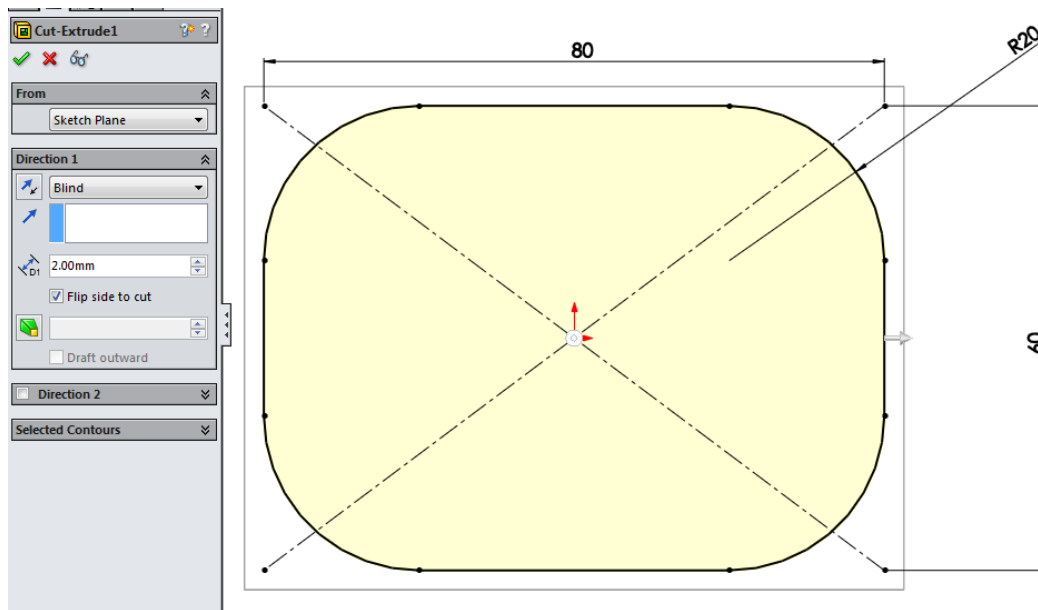
6.1 Modeliranje 2.5D izradka

Za početak modeliranja napravi se pravokutnik zadanih dimenzija, konkretno za ovaj primjer, 85mm x 65mm klikom na **Features**   te ga je potrebno izdužiti na 15mm.



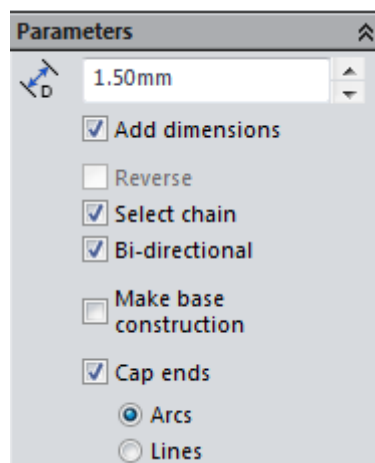
Slika 6.1. Prva faza oblikovanja 2.5D izradka u alatu SolidWorks 2012

Na gornjoj plohi pravokutnika "izrezati će se" oblik vanjske konture kao što je prikazano na slici 6.2 klikom na **Features**   dimenzija 80mm x 60mm te dodati radijuse **R** 20mm klikom na . Izrezati će se izradak za 2mm.



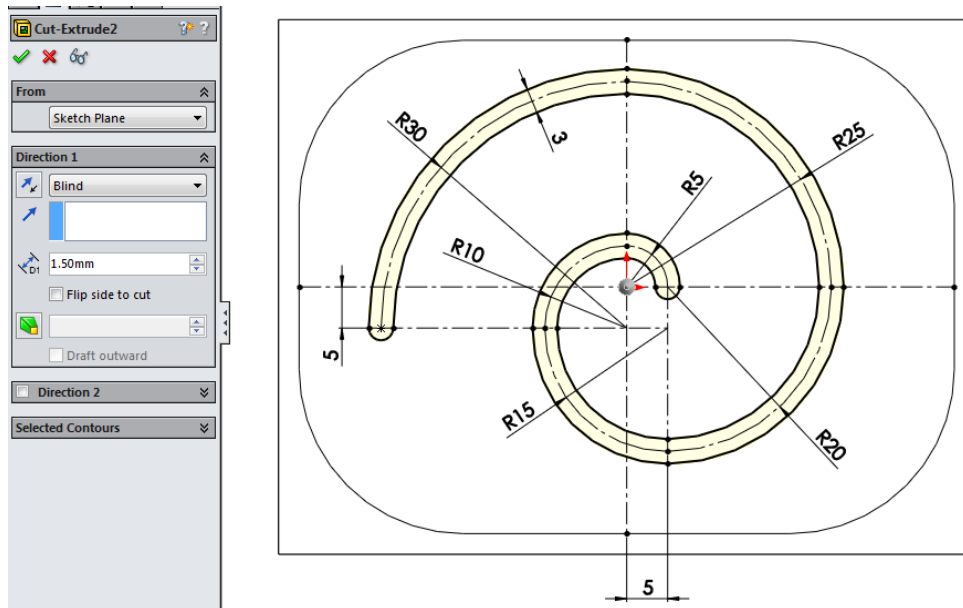
Slika 6.2. Druga faza oblikovanja 2.5D izradka u alatu SolidWorks 2012

Na gornjoj plohi izradka potrebno je napraviti konturu spirale klikom na **Features** ➡
 ➡ ➡ . Upisivanjem dimenzija kao što je prikazano na slici 6.4. kliknuti će se na
 ➡ i označiti će se na nacrtanu centralnu liniju i proširiti je za 1.5mm u svaku stranu.
 Detaljni pregled parametara prikazan je na slici 6.3.



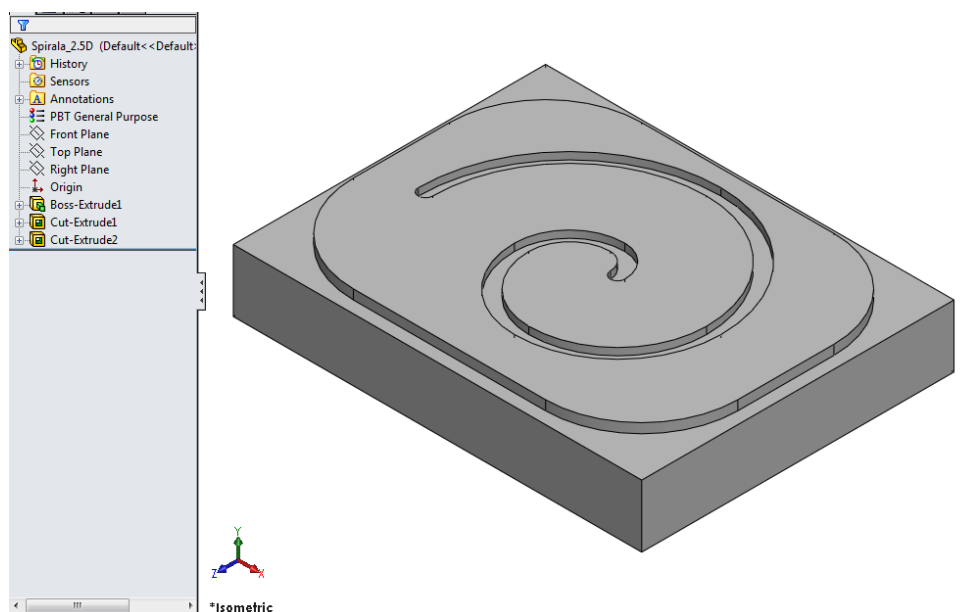
Slika 6.3. Prikaz parametara za funkciju proširenja linija

Na slici 6.4. prikazana je geometrija konture spirale koja je ukopana za 1.5mm.





Slika 6.4. Treća faza oblikovanja 2.5D izradka u alatu SolidWorks 2012

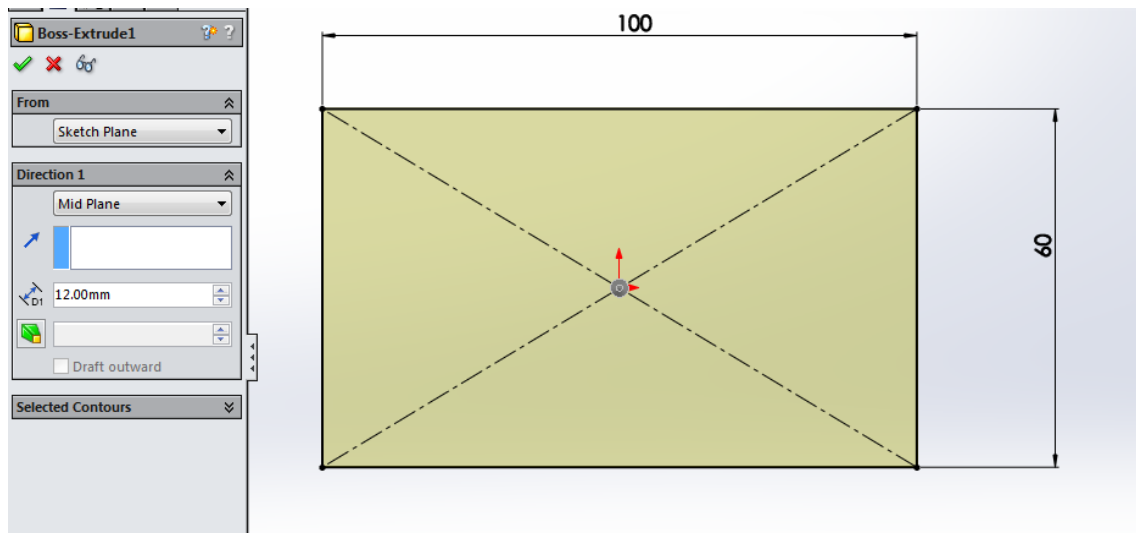
Na slici 6.5. prikazan je gotovi model 2.5D izradka s stablom svake pojedinačne funkcije koja je izvršena u njemu.






Slika 6.5. Prikaz 2.5D modela u alatu SolidWorks 2012

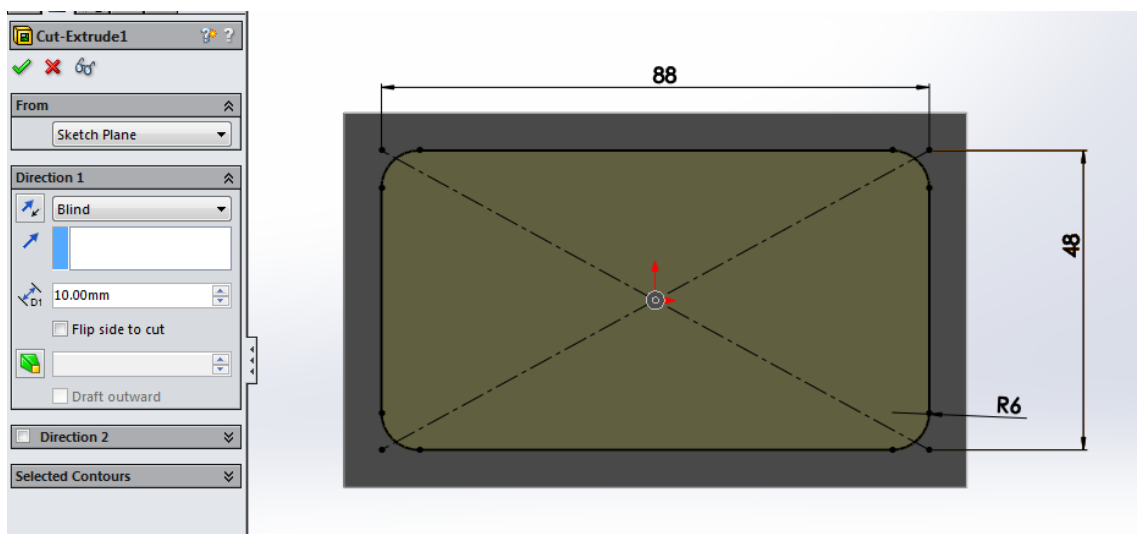
6.2 Modeliranje 3D izradka

Za početak modeliranja napravi se pravokutnik zadanih dimenzija, konkretno za ovaj primjer, 100mm x 60mm klikom na **Features** ⇒  ⇒ . Pravokutnik je potrebno izdužiti za 12mm kao što je to opisano slikom 6.6.



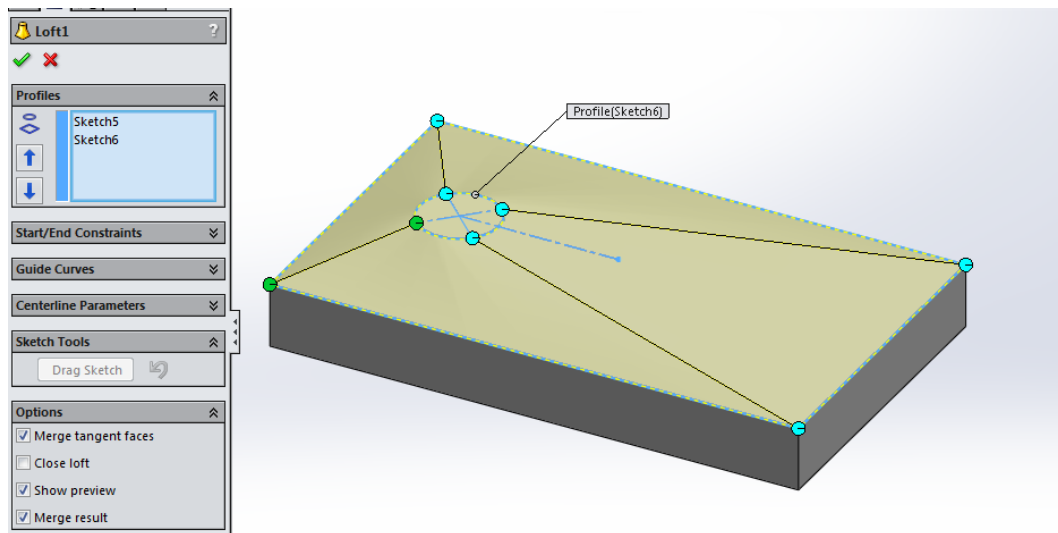
Slika 6.6. Prva faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012

Na donjoj plohi izradka izrezati će se pravokutnik dimenzija 88mm x 48mm kao što je prikazano na slici 6.7. klikom na **Features** ⇒  ⇒  te dodati radijuse R 6mm klikom na .







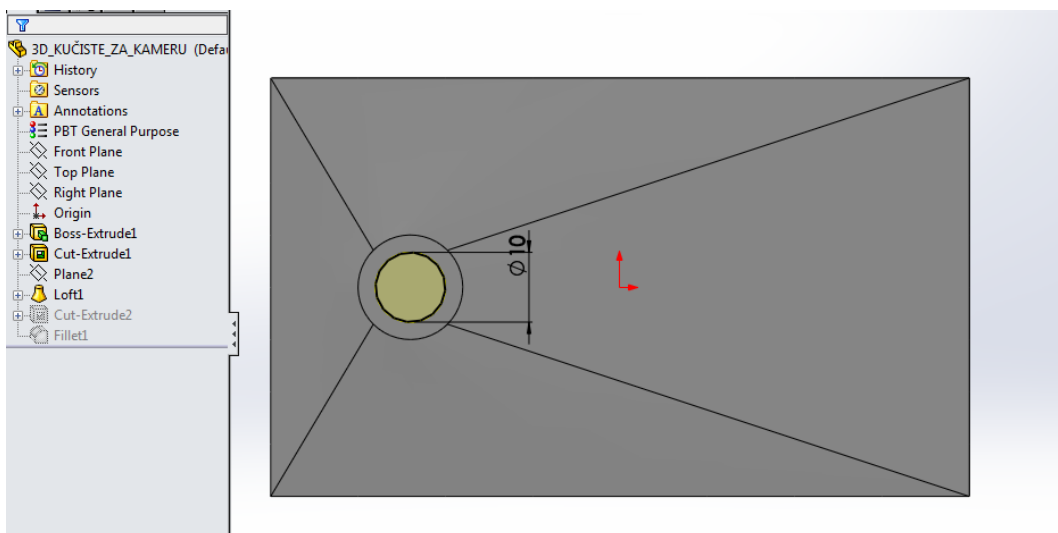
Slika 6.7. Druga faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012

Na slici 6.8. prikazana je funkcija „Loft“. Klikom na **Features** ⇒  označe se već prije odabrane linije i stvori se 3D oblik.



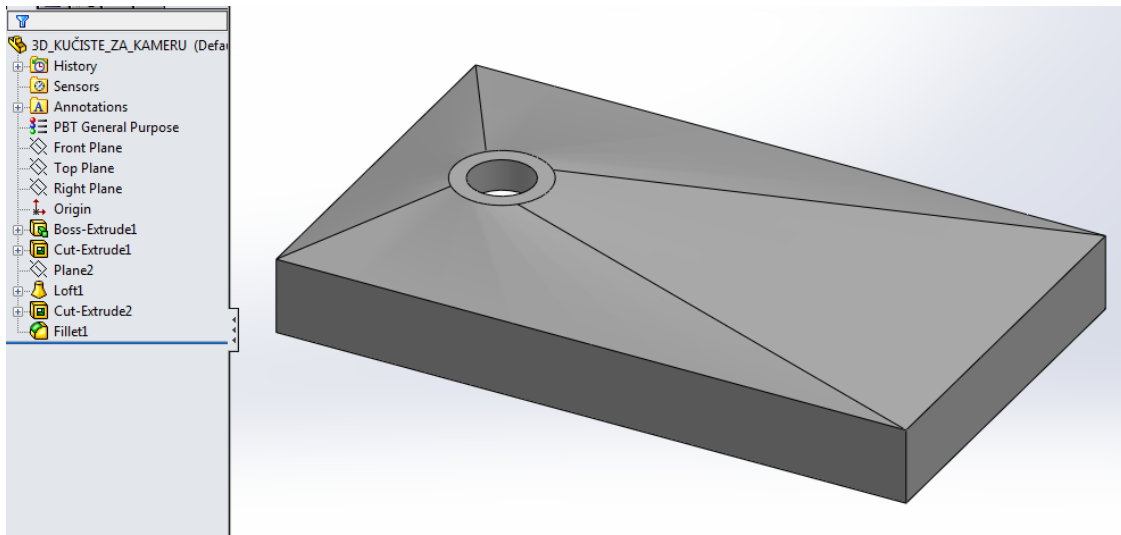
Slika 6.8. Treća faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012

Na slici 6.9. prikazano je izrezivanje provrta klikom na **Features**    . Veličina provrta iznosi 10mm.



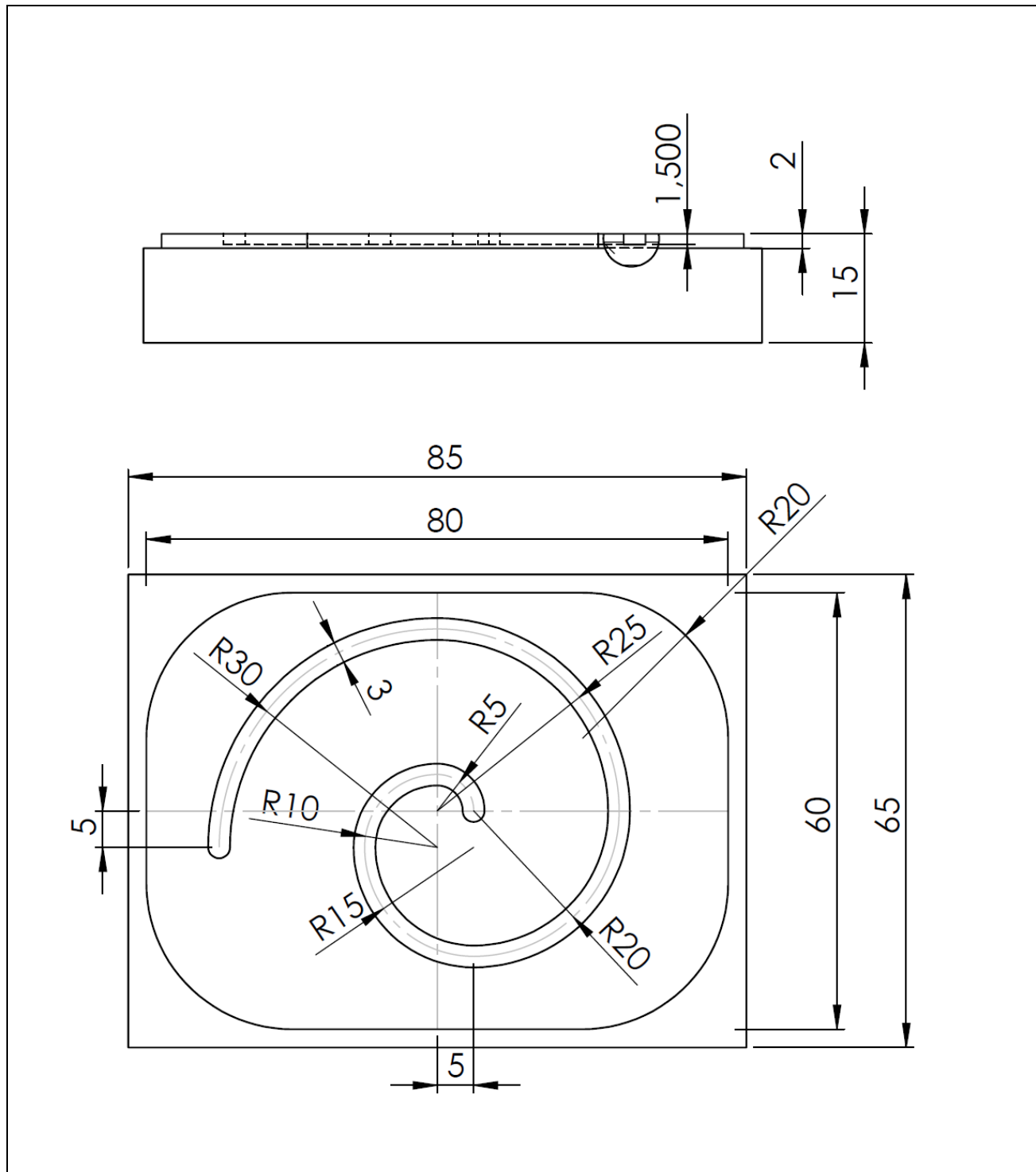
Slika 6.9. Četvrta faza oblikovanja 3D izradka u alatu SolidWorks 2012


Na slici 6.10. prikazan je gotov 3D model sa stablom izrade svih korištenih funkcija koje su napravljene na njemu.



Slika 6.10. Prikaz 3D modela u programskom alatu SolidWorks 2012

7. 2.5 D IZRADAK



	Mjerilo: 1:1	Datum	Prezime	Vrsta materijala:	Naziv dijela:
	Konstruirao:	11.3.2016	Gazdek Kristian	MDF	Spirala_2.5D
	Crtao:	11.3.2016	Gazdek Kristian	Dimenzije priprema:	Broj dijela:
	Pregledao:			85x65x15	01

U radu je potrebno napraviti i opisati proces izrade 2.5 D pozicije na Sinumerik 840Dsl upravljanju. Potrebno je proučiti, nacrtati i odrediti tehnologiju te napisati program. 2.5D obrada znači da alat izvršava radnju po dvije osi istovremeno, a treća os se koristi za pozicioniranje alata na zadanu ravninu.

7.1 Plan obrade

Poziciju iz nacрта potrebno je napraviti metodom programGUIDE G-Code u programskom alatu Sinutrain for SINUMERIK Operate 4.5 Ed2. Izabran je pripremak malo većih dimenzija od samog izradka otprilike 85mm x 65mm x 15 mm. Izabrani materijal za izradu je MDF (eng. *Medium Density Fibreboard*)

7.2 Plan stezanja

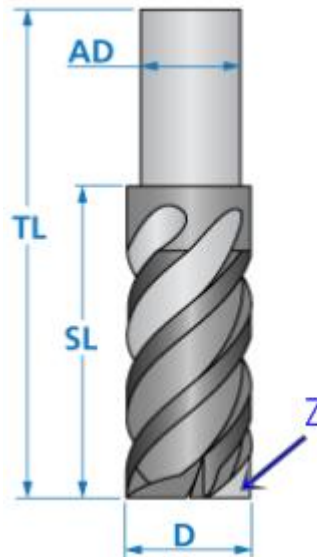
U strojnoj obradi potrebno je proučiti i izabrati plan s najmanjem brojem stezanja. Za ovu poziciju odabrano je jedno stezanje. U jednom stezanju potrebno je poravnati plohu po ravnini, napraviti vanjsku konturu i iskopati spiralu.

7.3 Plan odabira alata

Za ovu radnju odabrana su dva alata. Oba alata su ravna glodala prikazana na slici 7.1. te njihova geometrija prikazana je u tablici 7.1.

Tablica 7.1. Dimenzije alata za 2.5D obradu

	<i>Ravno glodalo promjera 3 mm</i>	<i>Ravno glodalo promjera 6 mm</i>
<i>Promjer alata D</i>	3 mm	6 mm
<i>Promjer korijena alata AD</i>	6 mm	8 mm
<i>Dužina spirale SL</i>	8 mm	10 mm
<i>Dužina alata TL</i>	50 mm	55 mm
<i>Broj oštrica Z</i>	3	4



Slika 7.1. Primjer geometrije ravnog glodala [8]

7.3.1 Brzina rezanja

Relacija ispod predstavlja formulu za izračun brzine okretaja alata.

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \text{ okr./min} \quad (7.1)$$

n = Brzina rezanja u okretajima po minuti (*okr./min*)

V_c = Brzina rezanja alata u metrima po minuti (*m/min*)

D = Promjer alata u milimetrima (*mm*)

Tablica 7.2. Režimi rada za glodala [8]

Glodanje utora, za ravna glodala	Promjer glodala (mm)				
	3 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
HSS bez zaštitne presvlake	20 - 25				
	0.01 - 0.03	0.03 - 0.04	0.04 - 0.05	0.05 - 0.06	0.06 - 0.09
HSS s zaštitnom presvlakom	35 - 45				
	0.02 - 0.04	0.04 - 0.05	0.05 - 0.06	0.06 - 0.07	0.07 - 0.10
HM tvrdi metal	60 - 100				
	0.006 - 0.01	0.01 - 0.02	0.02 - 0.04		
HM tvrdi metali s izmjenjivim oštricama	70 - 110				
			0.06 - 0.08	0.08 - 0.10	0.10 - 0.12

Relacija ispod predstavlja izračun broja okretaja za glodalo promjera 3 milimetara.

$$n_{(3)} = \frac{1000 \times 35}{\pi \times 3} = 3715 \text{ okr/min} \quad (7.2)$$

Relacija ispod predstavlja izračun broja okretaja za glodalo promjera 6 milimetara.

$$n_{(6)} = \frac{1000 \times 35}{\pi \times 6} = 1858 \text{ okr/min} \quad (7.3)$$

Brzina rezanja alata v_c određuje se iz tablice proizvođača alata i ona varira o promjeru alata i dubini rezanja. Brzina rezanja odnosi se i na kvalitetu materijala alata. Spomenuta glodala su napravljena od brzo-reznog čelika HSS (eng. *High-Speed Steel*) pa prema tablici 7.2. tvrtke UDDEHOLM CORRAX izabrana je odgovarajuća brzinu rezanja.

7.3.2 Posmak

Relacija (7.4) predstavlja izračun posmaka rezanja alata.

$$v_f = f_z \times z \times n = \text{mm/min} \quad (7.4)$$

v_f = brzina posmaka u milimetrima po minuti (*mm/min*)

f_z = posmak u milimetrima po zubu (*mm/zub*)

z = broj količine zuba

n = broj okretaja u okretajima po minuti (*okr/min*)

Izračun posmaka za glodalo promjera 3 milimetara:

$$v_{f(3)} = 0,02 \times 3 \times 3715 = 223 \text{ mm/min} \quad (7.5)$$

Izračun posmaka za glodalo promjera 6 milimetara:

$$v_{f(6)} = 0,05 \times 4 \times 1858 = 372 \text{ mm/min} \quad (7.6)$$

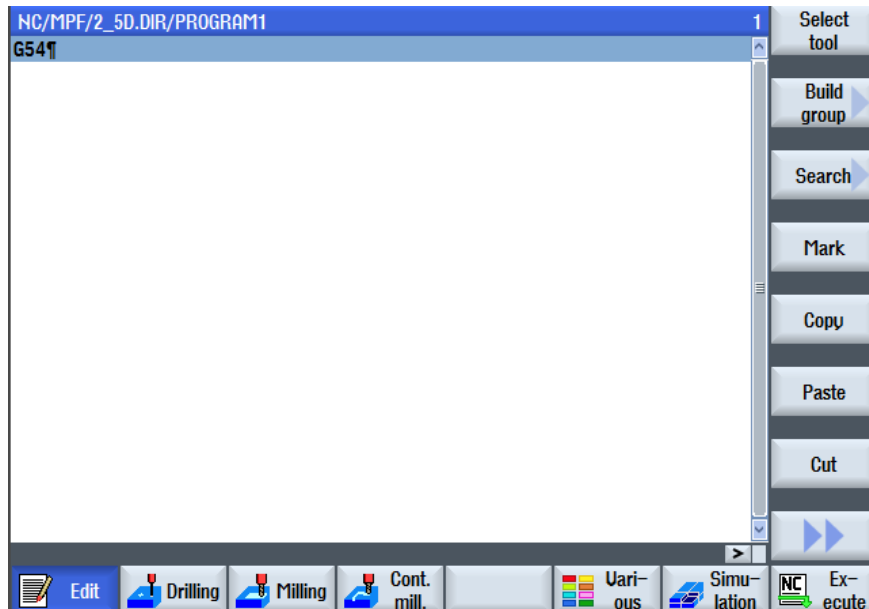
Posmak po zubu izabran je iz tablice 7.2. , a odabrana je srednja vrijednost. Što se tiče odabira brzine rezanja i posmaka po zubu valja obratiti pozornost na dva uvjeta u strojnoj obradi za odabir pravilnih režima:

1. **Stabilan alat !** (Što je moguće kraći alat za smanjenje vibracija)
2. **Stabilan izradak !** (Stegnuti izradak za što veću moguću površinu)

Iz tih dvaju uvjeta i iz tablica 7.2 odaberemo brzinu rezanja i posmak. Konačni izbor brzine rezanja i posmaka odredit će se uživo na stroju, "iskustveno prema zvuku" (s obzirom na to da alat koji se posjeduje nije odgovarajući za raspoloživi odabrani materijal) tako da pojačavamo vrijednosti ako alat radi presporo da bi postigli njegovu maksimalnu efikasnost ili smanjujemo brzinu i posmak ako alat ne može podnijeti toliko opterećenje.

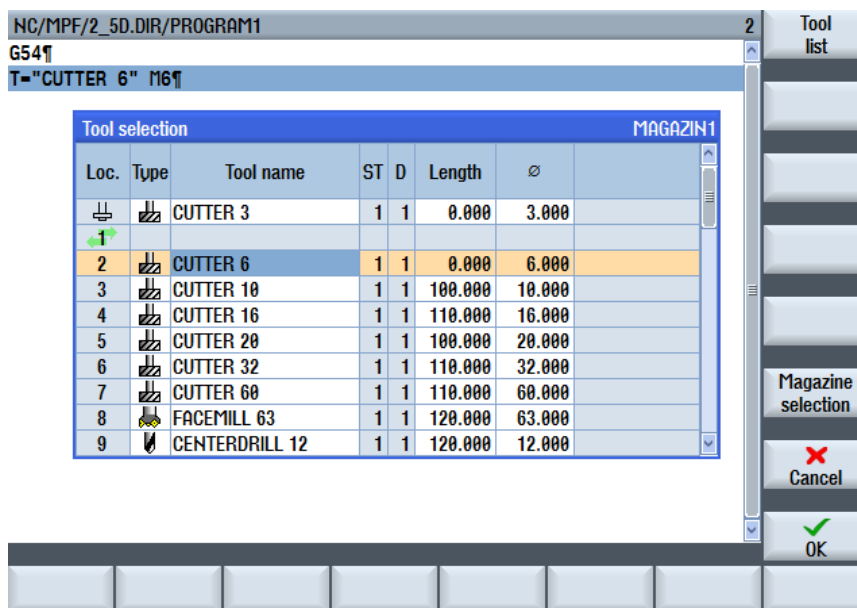
7.4 Program (programGUIDE)

Kad je napravljen programGUIDE predložak kao i što je opisano u tekstu na početku, otvori se prazna stranica za programiranje kao što je prikazano na slici 7.2. Potrebno je upisati **G54**¹ što označuje radnu točku od koje će se se program orijentirati. Radna točka je smještena u centru priprema na gornjoj površini.




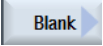
Slika 7.2. Radna točka G54

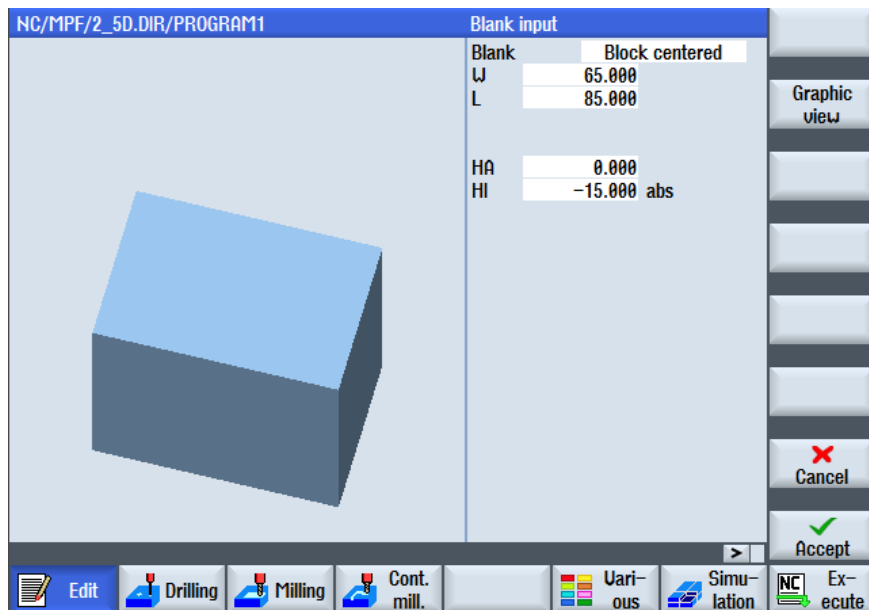
Klikom na  odabrat je alat „CUTTER 6“ kao što je prikazano slikom 7.3.




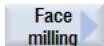
Slika 7.3. Odabir glodala u programGUIDE-u

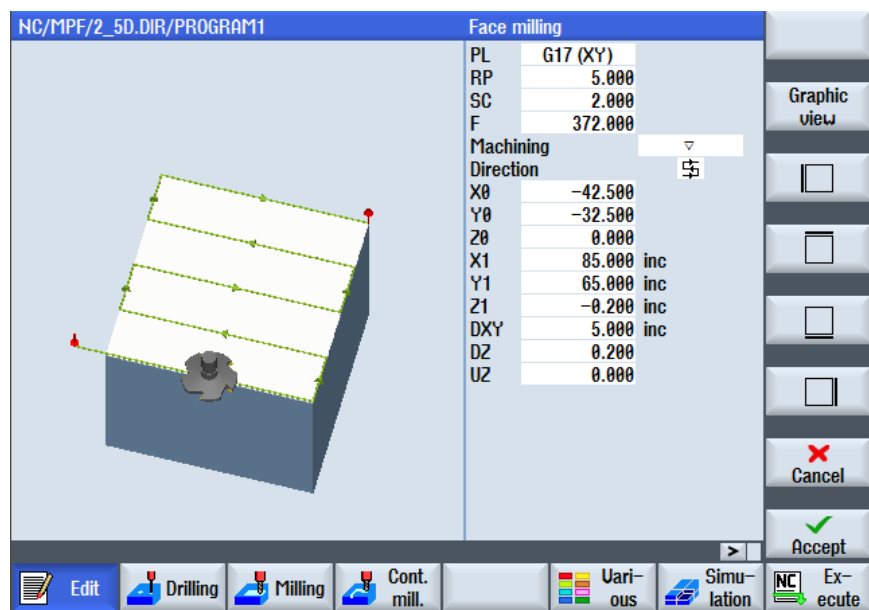
¹ G54 je kod za pozivanje vrijednost radne točke iz tablica radnih točaka.

Klikom na   izabrana je pravokutan blok. Upisivanjem dimenzija u ćelije dobivena je vanjska veličina pripremk. Veličina pripremk iznose 85mm x 65mm x 15mm.



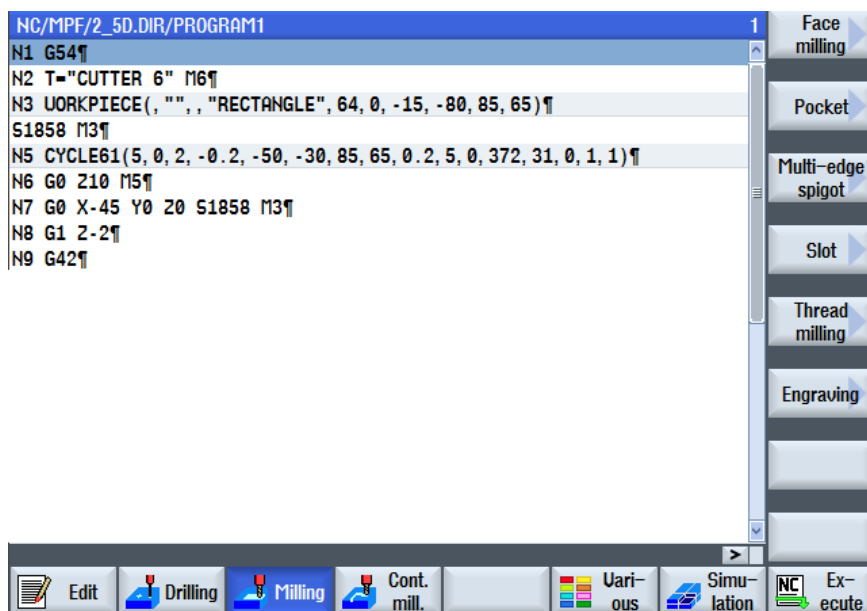
Slika 7.4. Dimenzije pripremk za 2.5 D glodanje

Prva operacija obrade je poravnanje komada po površini za što se koristi ciklus za plansko glodanje. Klikom na   izabere se ciklus planskog glodanja i u ćelije se upisuje vrijednost kao sa slike 7.5.



Slika 7.5. Plansko glodanje u programGUIDE-u

Na slici 7.6. je prikazan primjer dosad odrađenih operacija. Poslije dimenzioniranja priprema dodali smo programu brzinu okretaja vretena (relacija (7.3)) koje označavamo s slovom S^2 . Nakon izvršenja ciklusa planskog glodanja „CYCLE61“ s brzim hodom alat je proslijeđen na slijedeću točku. Za vanjsku konturu upisana je korekcija alata **G42** pošto se alatom namjerava početi gibati u $-Y$ smjeru.



Slika 7.6. Ciklus planskog glodanja u programGUIDE-u

Tablica 7.3. Kodovi za kretanje alata

G kod	Opis G koda
G0	Označuje kretanje maksimalnom brzinom određenom od strane proizvođača do željene točke
G1	Označuje kretanje radnim hodom određeno od strane programera





Tablica 7.4. Funkcije za uključivanje / isključivanje vretena

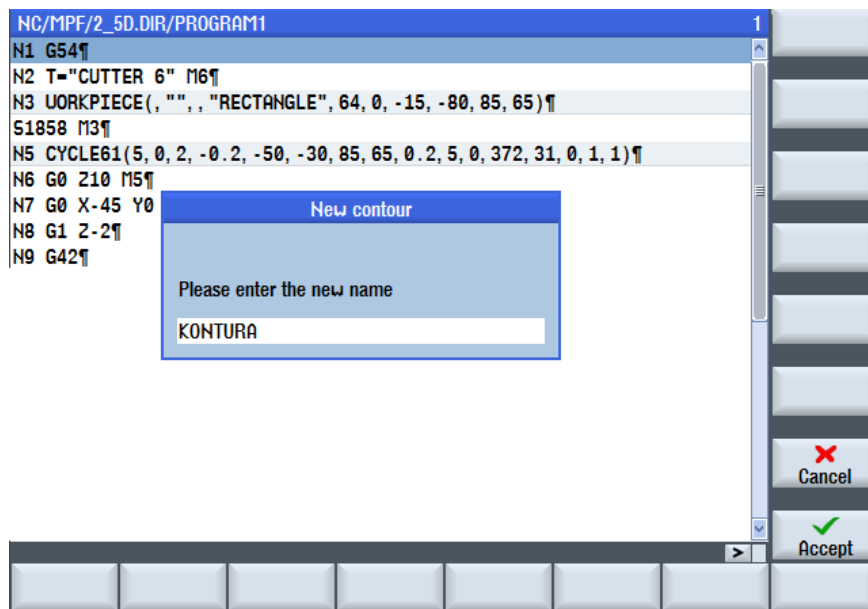
M funkcija	Opis M funkcije
M3	Modalna funkcija koja označuje uključivanje vretena u smjeru kazaljke na satu
M5	Označuje isključenje vrtnje vretena

² Velikim slovom S (eng. *Speed*) ispred vrijednost označujemo brzinu okretanja alata.

Tablica 7.5. Kodovi za uzimanje korekcije radijusa alata

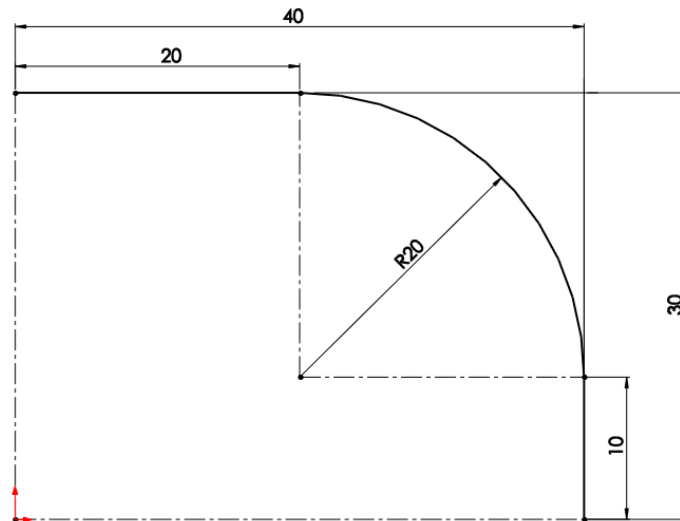
G kod	Opis G koda
G40	Prekida korekciju radijusa alata
G41	Pozicionira alat s njegovom korekcijom radijusa u lijevo od konture gledajući u smjer putanje alata
G42	Pozicionira alat s njegovom korekcijom radijusa a u desno od konture gledajući u smjer putanje alata

Za glodanje vanjske konture kliknut će se na    i upisat željeni naziv konture npr. KONTURA i kliknuti na  kao što je opisano slikom 7.7.


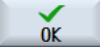


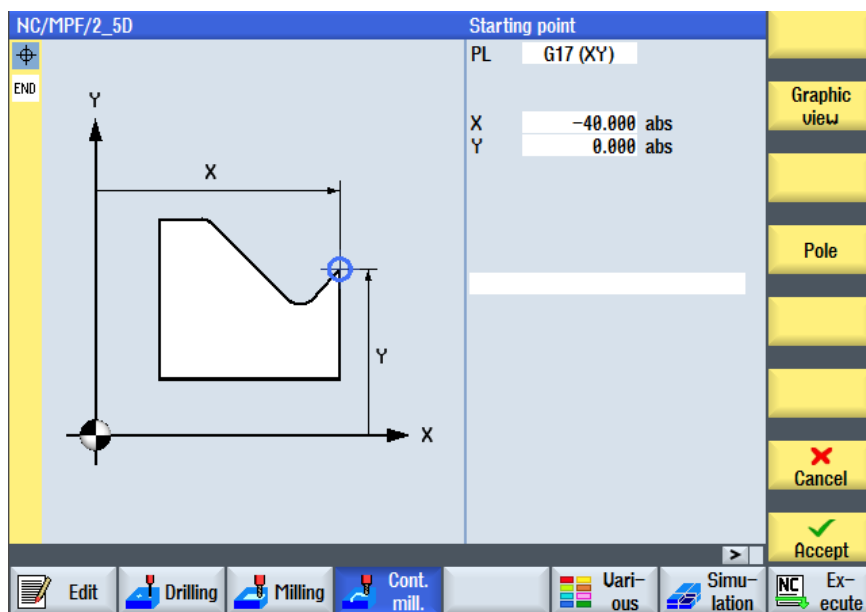
Slika 7.7. Otvaranje novog programa „KONTURA“

Na slici 7.8 prikazane su dimenzije vanjske konture. Skica je nacrtana u pozitivnom kvadrantu u koordinatnom sustavu pa je potrebno za ostale linije konture samo promijeniti predznake ovisno u kojem kvadrantu se nalazimo i u koji kvadrant se želi nastaviti kretanje.




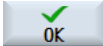
Slika 7.8. Skica pozicije u 1. kvadrantu u koordinatnom sustavu

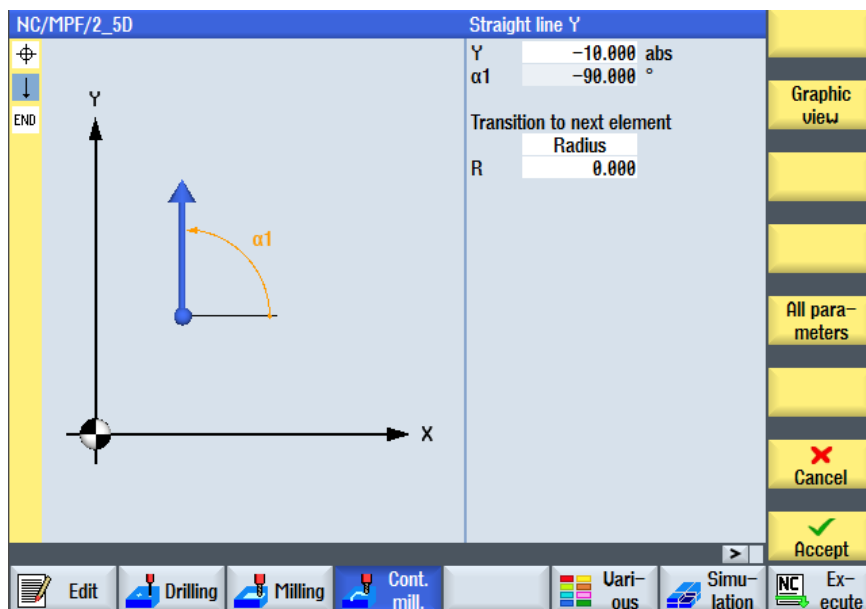
Upisivanjem zadanih dimenzija program će sam izbaciti gotov **G**-kod. Kao polaznu točku odabire se **X -40mm, Y 0mm**. U ćeliji **PL** odabire se radnu ravninu **G17³** klikom na . Kada su vrijednosti zadovoljavajuće potvrđuje se klikom na .





Slika 7.9. Početna točka konture „KONTURA“

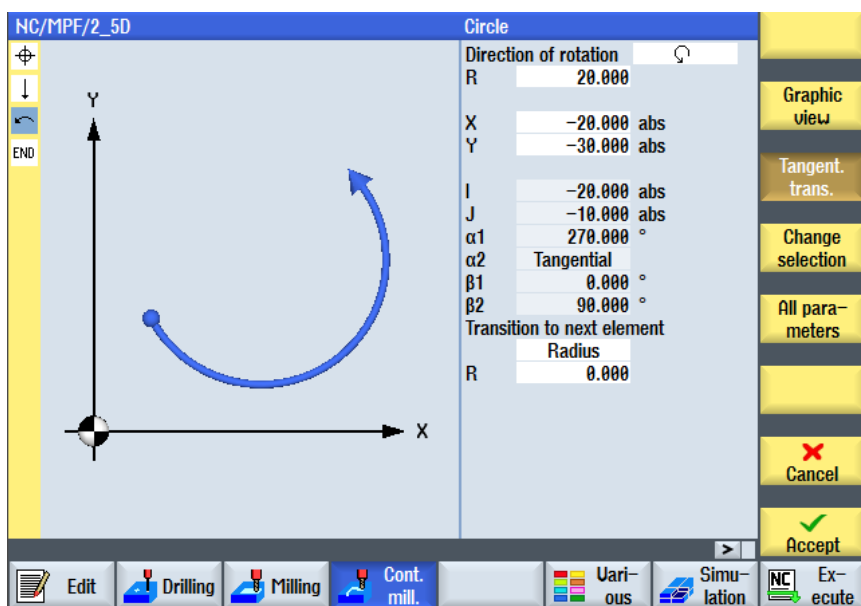
³ G17 označuje radnu ravninu u X i Y smjeru.

Prvu liniju postavi se u **Y**- smjeru klikom na . Pojaviti ce se izbornik u kojem se upisuje na koju točku se želi doći. Vrijednost za **Y** iznosi -10.000mm, a nagib linije $\alpha 1$ ostaje na -90° i kada su vrijednosti zadovoljavajuće potvrđuje se klikom na .




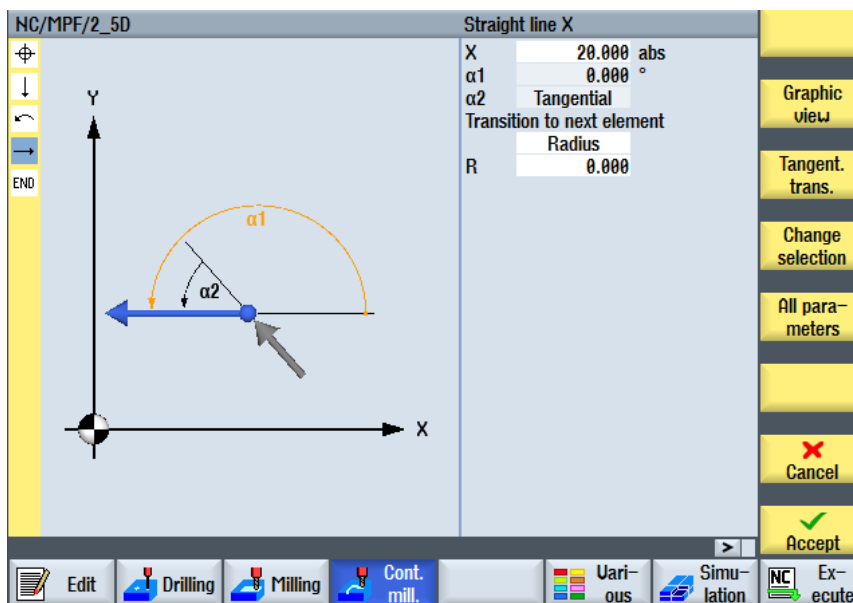
Slika 7.10. Prvi ravni element konture „KONTURA“

Klikom na  odabire se opcija za crtanje radijusa. Potreban smjer radijusa odredit ce se u ćeliji „*direction of rotation*“ klikom na . Upisuje se vrijednost radijusa **R** 20.000mm i vrijednosti u smjeru **X** -20.000mm i **Y** -30.000mm.




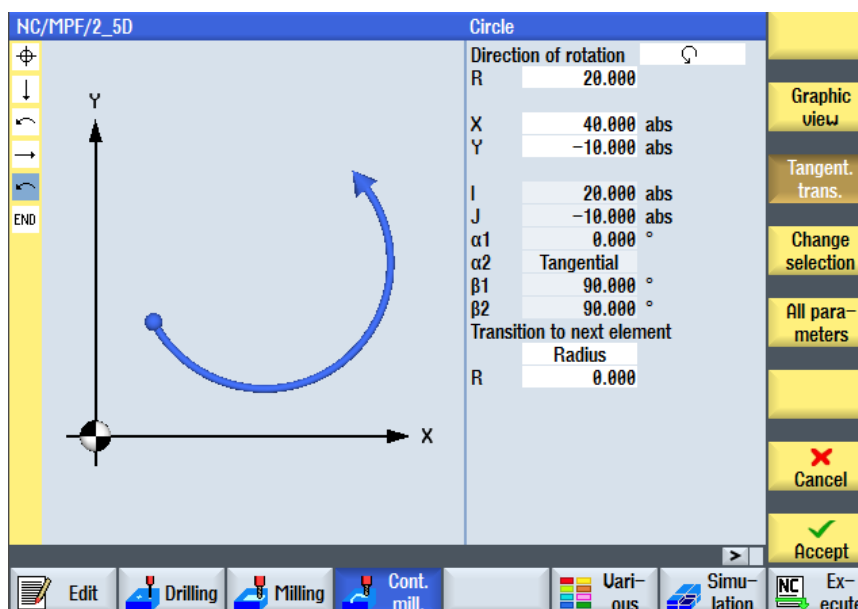
Slika 7.11. Prvi radijusni element konture „KONTURA“

Klikom na  odabire se upisivanje konture u **X** smjeru, a njezina vrijednost iznosi 20.000mm.




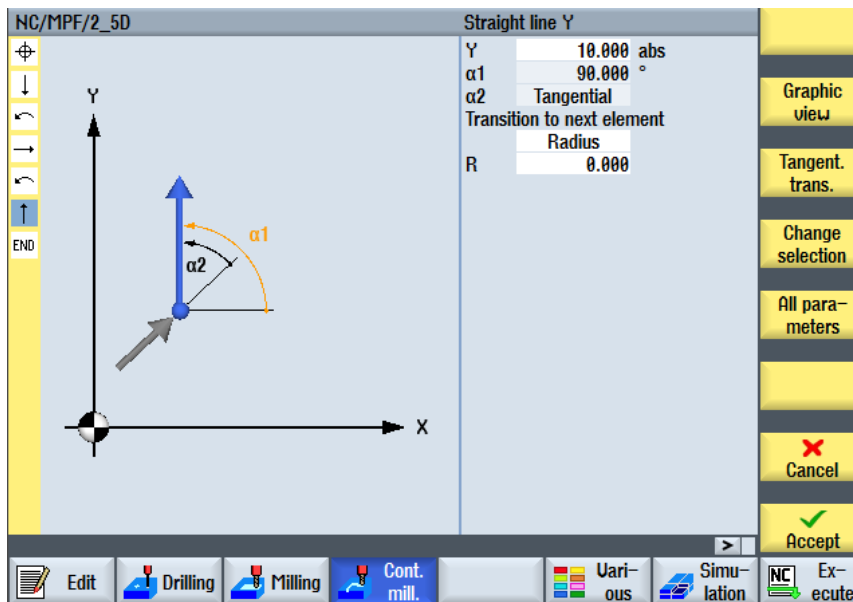
Slika 7.12. Drugi ravni element konture „KONTURA“

Klikom na  odabire se funkcija za radijuse i upisuje se vrijednost na koju točku se želi da dođe alat. **R** 20.000mm, **X** 40.000mm i **Y** -10.000mm.




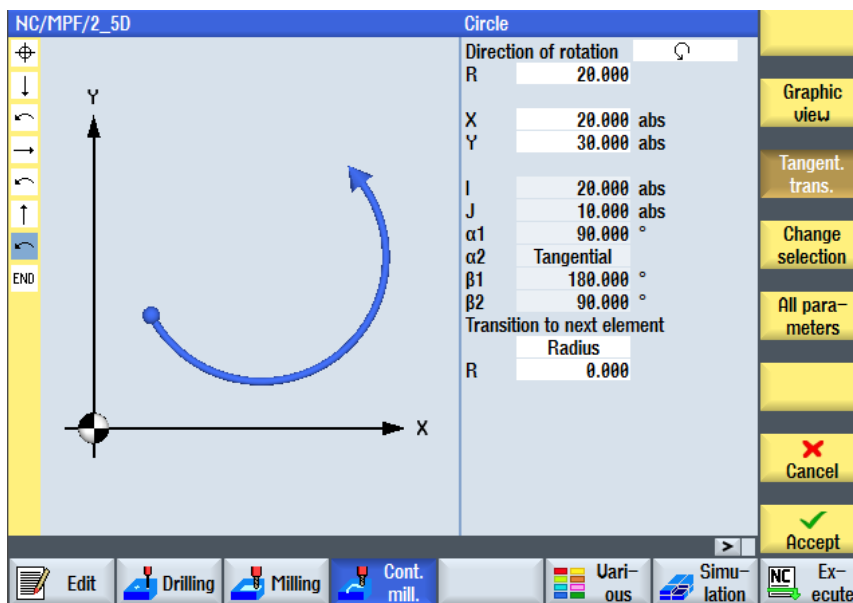
Slika 7.13. Drugi radijusni element konture „KONTURA“

Klikom na  konturu se usmjerava u pozitivan kvadrant sa vrijednosti **Y** 10.000mm.




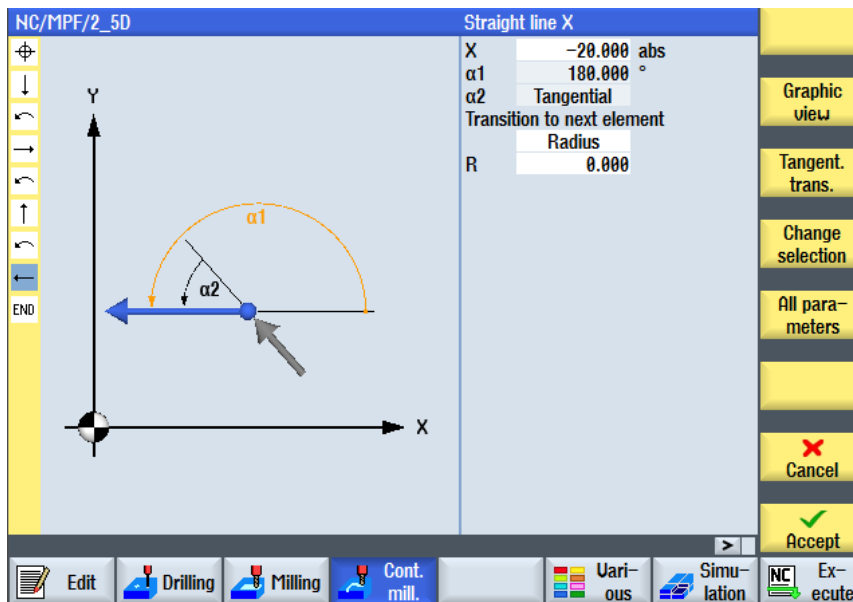
Slika 7.14. Treći ravni element konture „KONTURA“

Klikom na  stvara se radijus u pozitivnom kvadrantu vrijednosti **R** 20.000mm, **X** 20.000mm, **Y** 30.000mm.




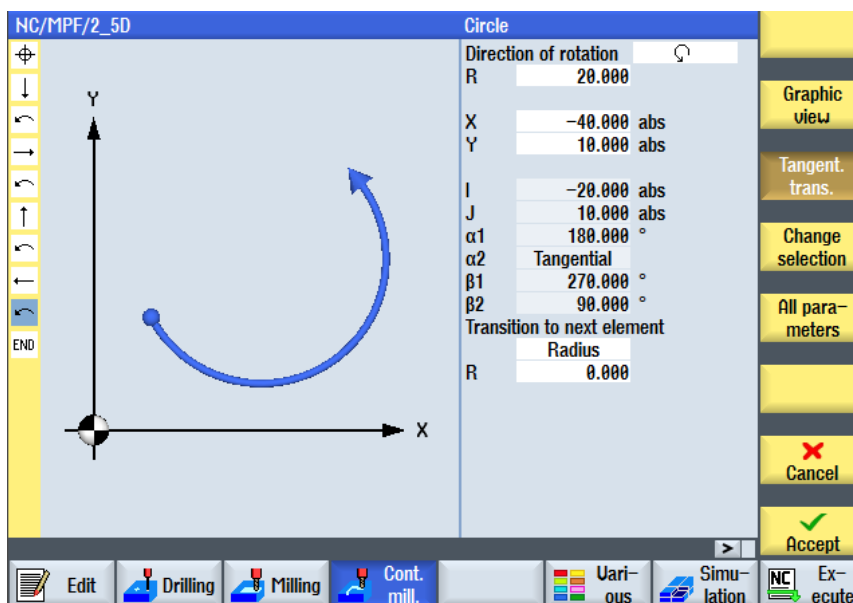
Slika 7.15. Treći radijusni element konture „KONTURA“

Klikom na  upisuje se konturu u **X** -20.000 mm koja je orijentirana u negativnom smjeru.




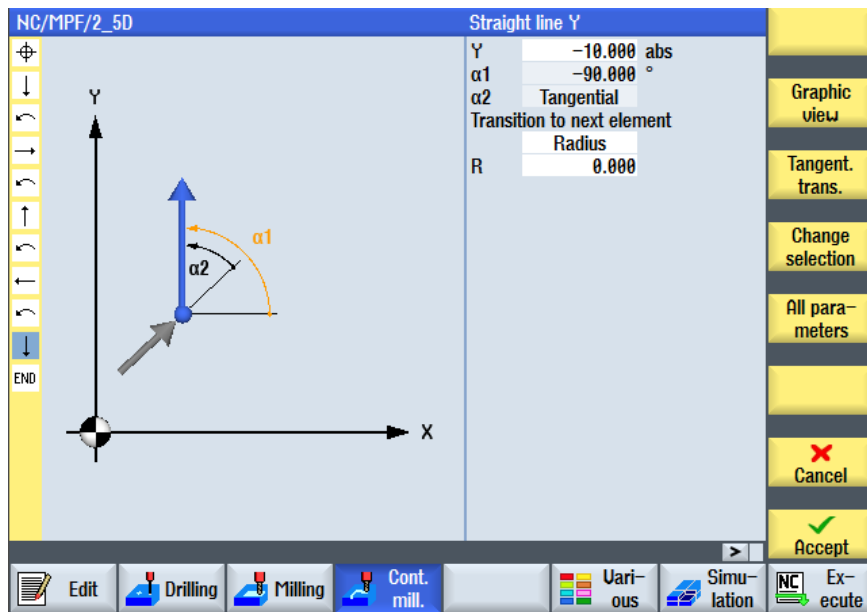
Slika 7.16. Četvrti ravni element konture „KONTURA“

Klikom na  upisuje se radijusna kontura iznosa **R** 20.000mm, **X** -40.000, **Y** 10.000mm.



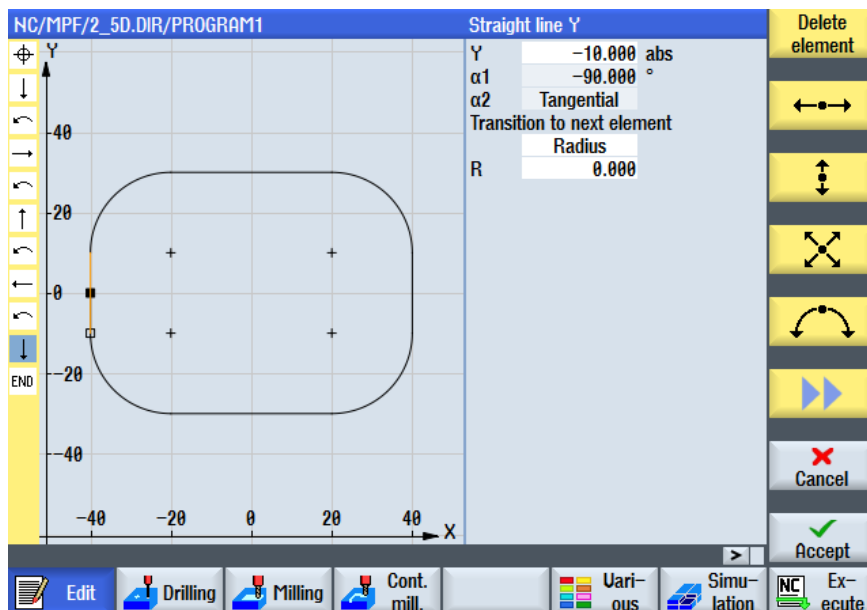
Slika 7.17. Četvrti radijusni element konture „KONTURA“

Klikom na  upisuje se kontura u **Y** smjeru s tim da je potrebno obratiti pozornost da se mora za konturu upisati **Y** -10.000mm, zbog toga da alat prođe preko završne točke minimalno za svoj radijus alata.

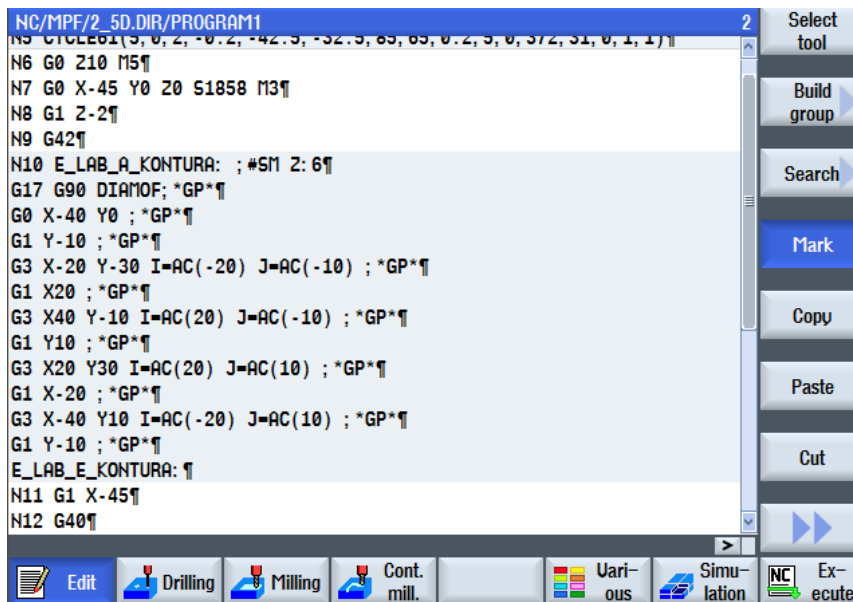


Slika 7.18. Peti ravni element konture „KONTURA“


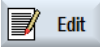
Na slici 7.19. prikazana je cjelovita vanjska kontura s svim elementima. Potvrđivanjem konture program će sam napisati konturu u kodovima.

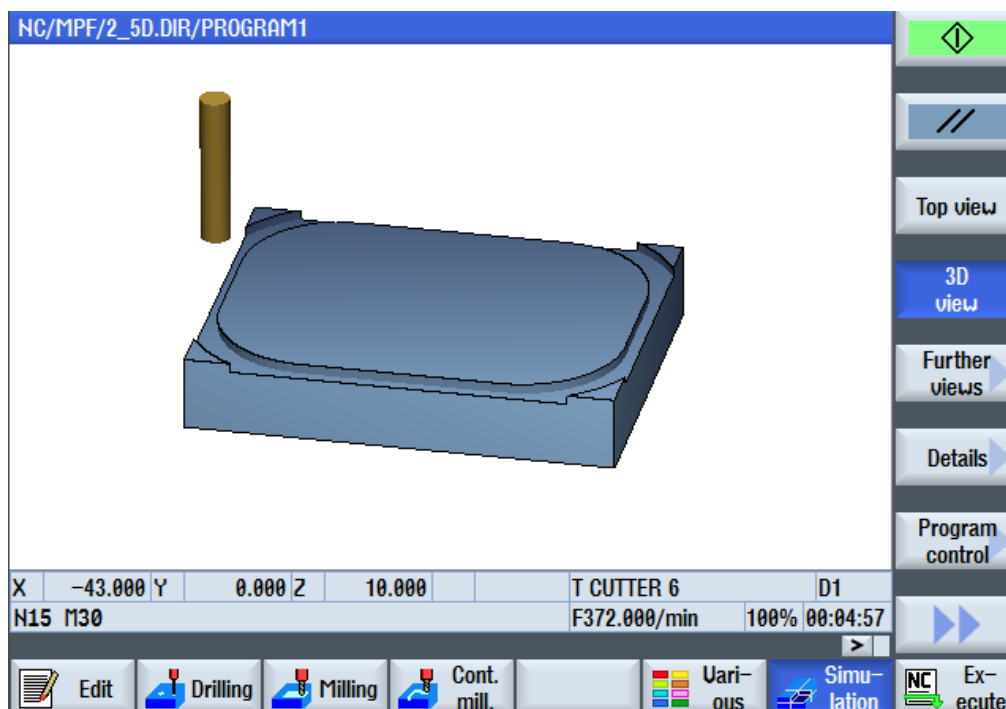


Slika 7.19. Svi elementi konture „KONTURA“



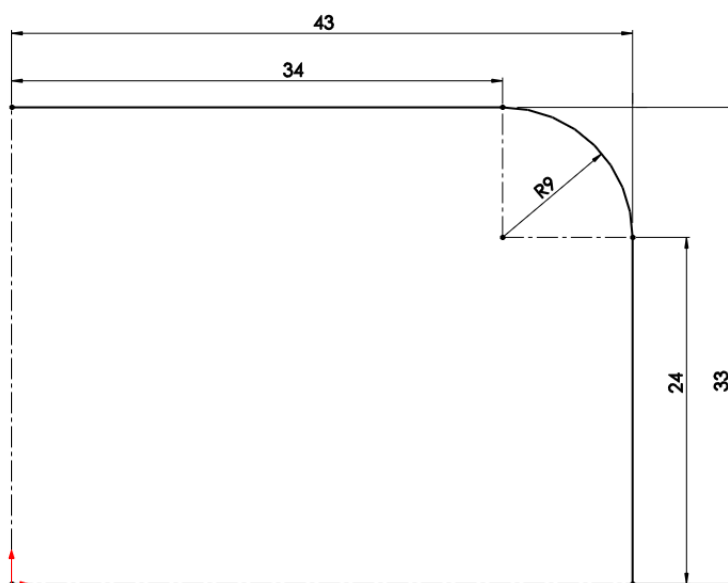
Slika 7.20. Prikaz konture „KONTURA“ u kodovima

Na završetku konture alat se pomakiva radnim hodom **G1 X-45mm** te se isključuje kompenzaciju radijusa alata. Klikom na  može se provjeriti da li ono što se upisalo zaista i radi u simulaciji. Pregledom simulacije, prikazane slikom 7.21., ustanovilo se da na rubovima izradka ostalo materijala kojeg treba skinuti. Problem bi mogli riješiti zamjenom alata većeg radijusa, ali pošto to nije dostupno mora se program doraditi i dopisati još jednu konturu s istim alatom. Klikom na  vraća se nazad u program.


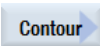
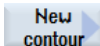



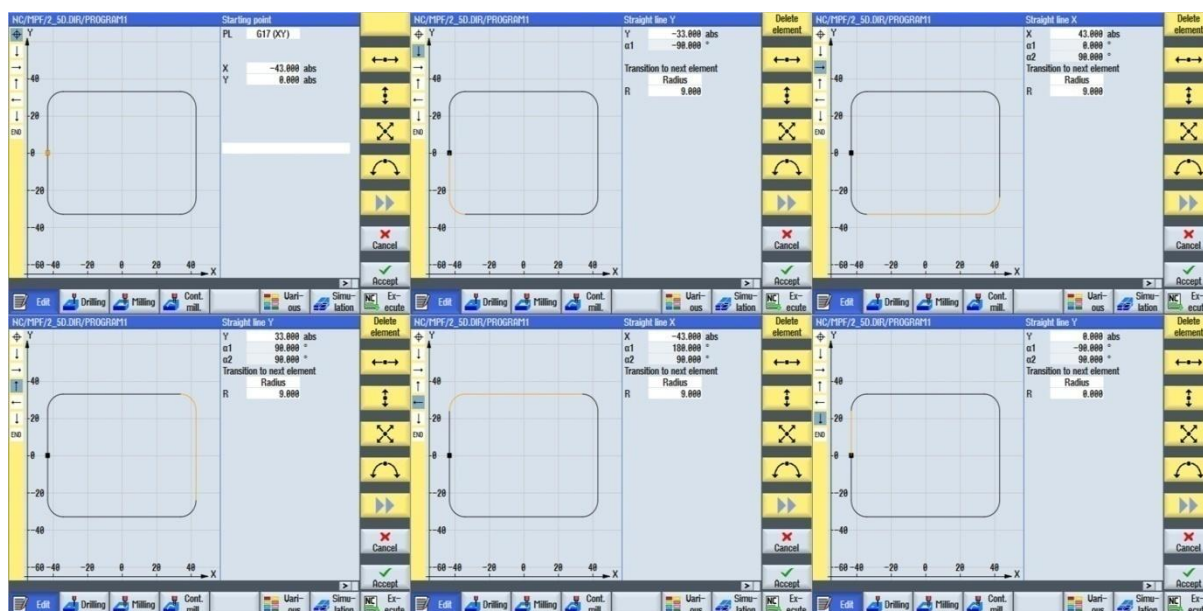
Slika 7.21. Simulacija rada alata konture „KONTURA“

Druga kontura mora biti nešto veća od prethodne da bi izradak bio pravilnog izgleda. Na slici 7.22. prikazana je skica nacrtana u prvom kvadrantu u koordinatnom sustavu.




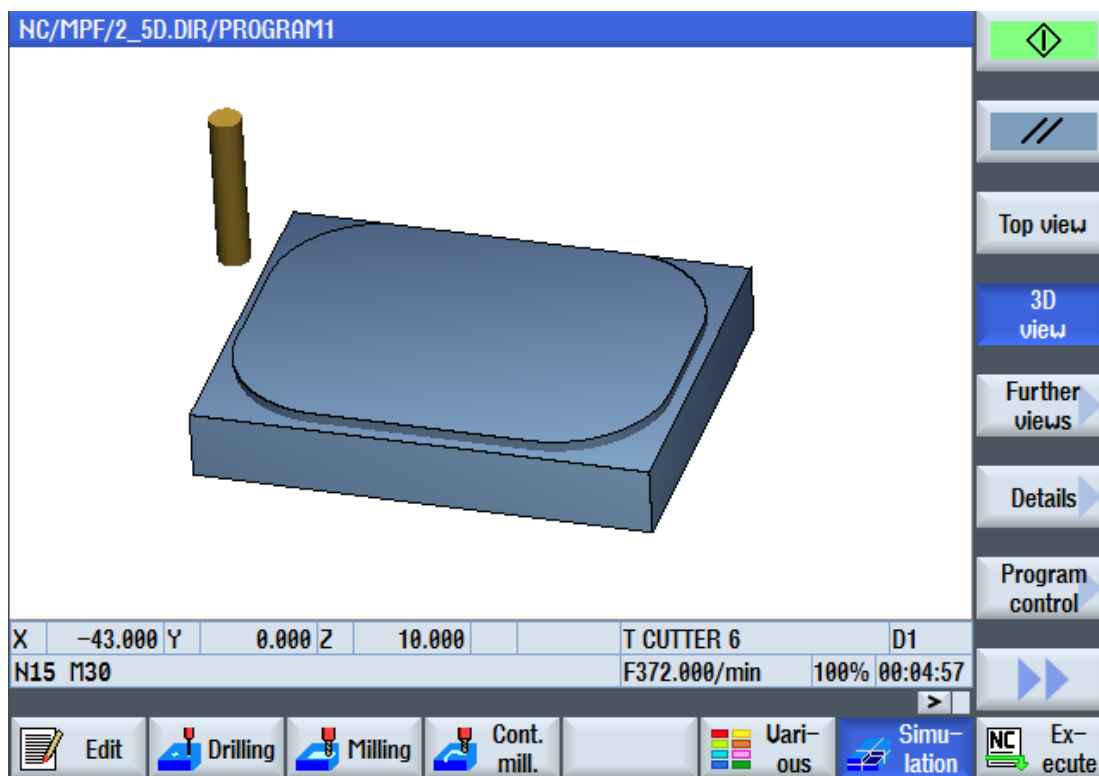
Slika 7.22. Prikaz konture „OSTALO“

Klikom na    napravi se nova kontura. Upisuje se željeni naziv konture, npr. „OSTALO“ i kliknuti na . Putanja alata bit će veća za 1.000 mm u X i Y smjeru, a radijus će biti R 9.000mm.




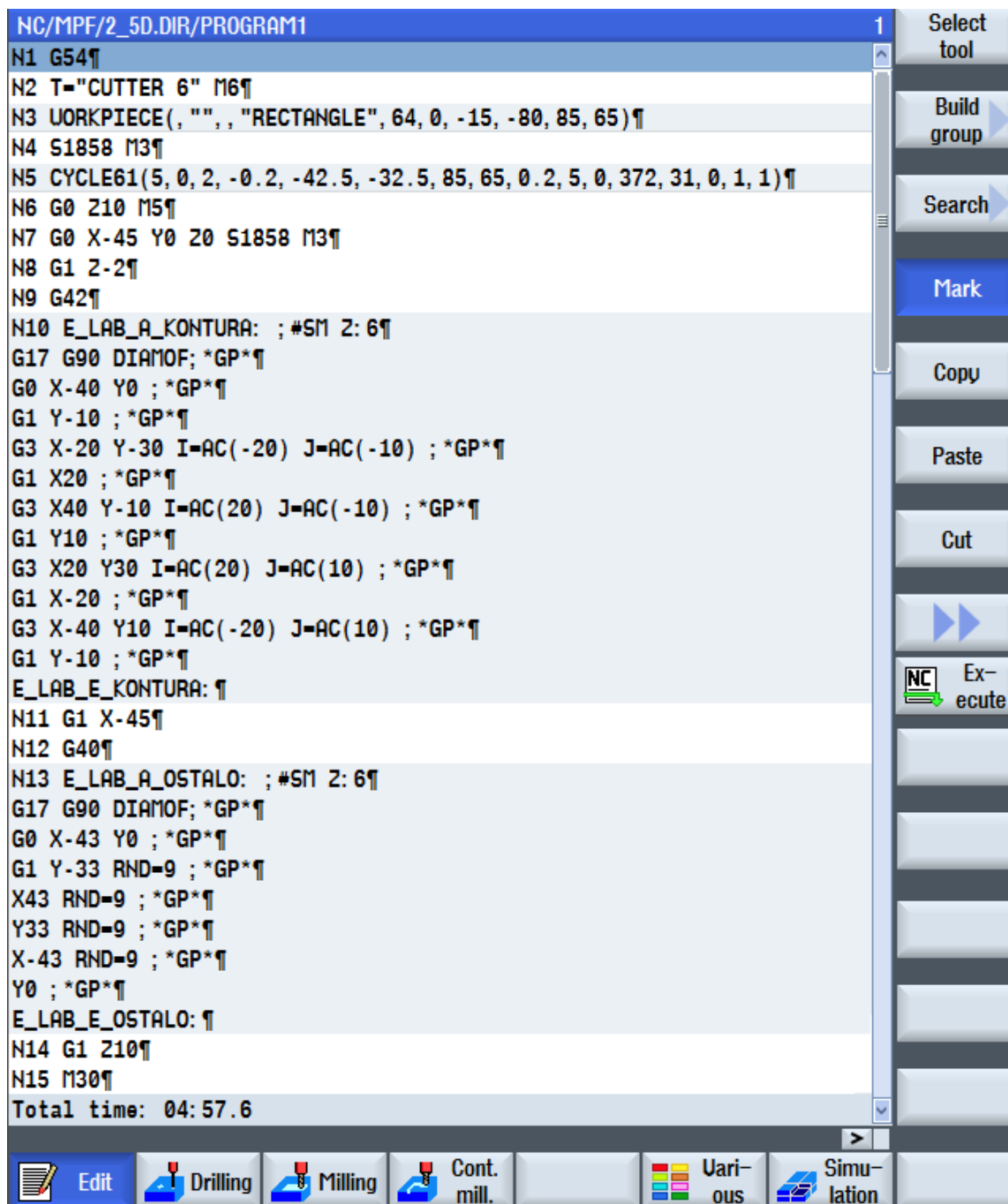
Slika 7.23. Svi elementi konture „OSTALO“

Klikom na  pokrene se simulacija kako bi se vidjelo da li je dodatna kontura dala rezultata.



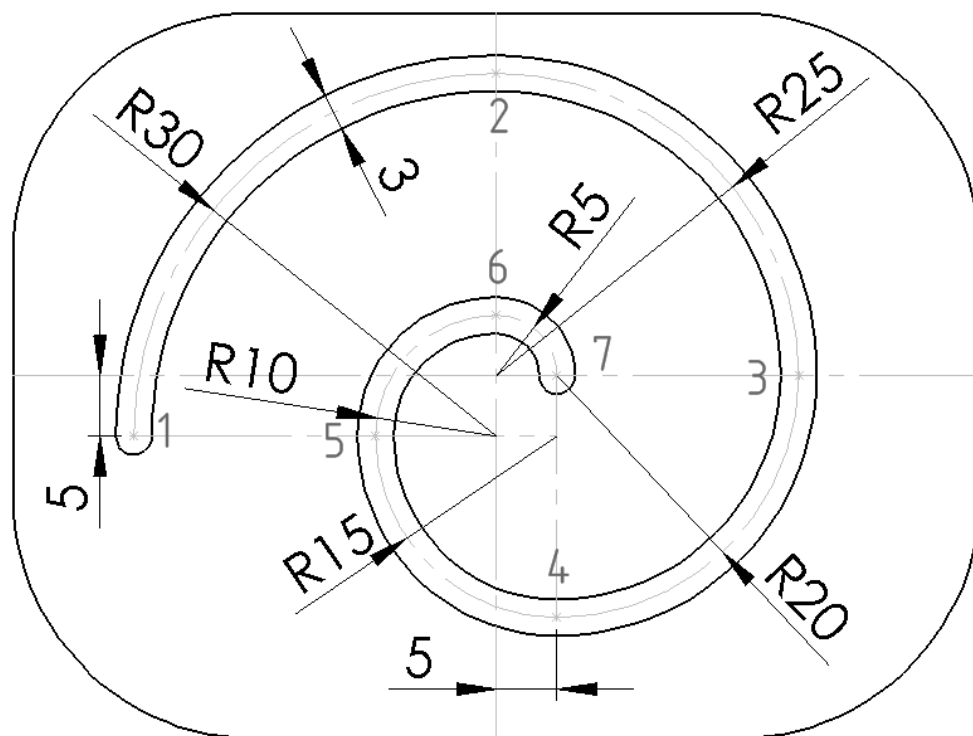
Slika 7.24. Simulacija rada alata konture „OSTALO“

Dopisuje se kraj programa. Ako je napisani program zadovoljavajuć, klikne se na  i program se prebacuje na stoj i spreman je za rad. Na slici 7.25. prikazan je kompletan program s konturama „KONTURA“ i „OSTALO“.



Slika 7.25. Program kontura „KONTURA“ i „OSTALO“

Za spiralu koristit će se ravno glodalo promjera 3mm s već prije izračunatima režimima rada (relacija (7.2) i (7.5)) za ovaj alat. Napravi se novi prazan list kao što je opisano na početku rada i upiše se radna točku **G54**. Ostale točke su pronađene računskim putem pa ih je potrebno samo upisivati u zadane ćelije.

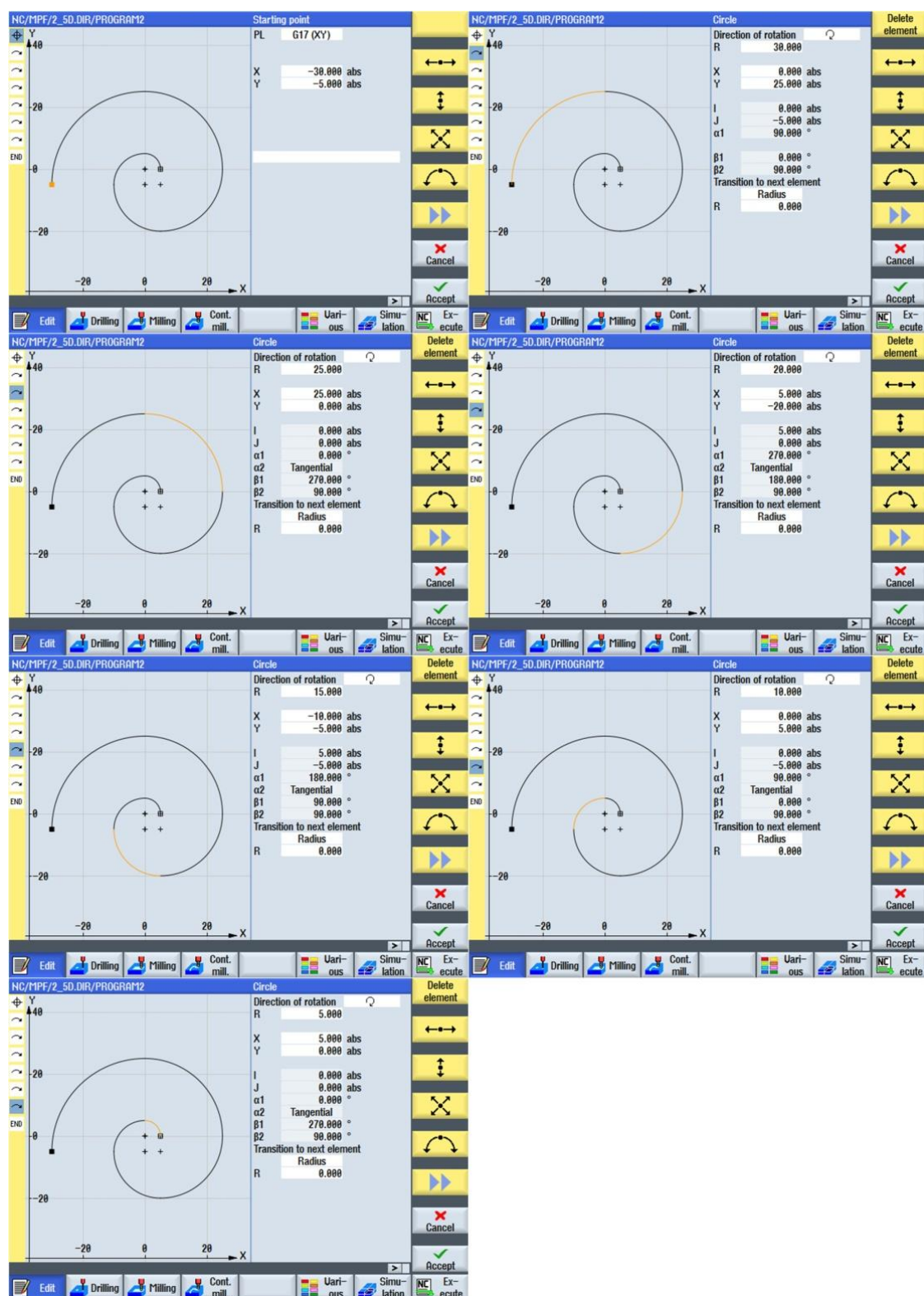


Slika 7.26. Konstruktivske točke geometrije spirale

Tablica 7.6. Geometrijske vrijednosti točaka za spiralu

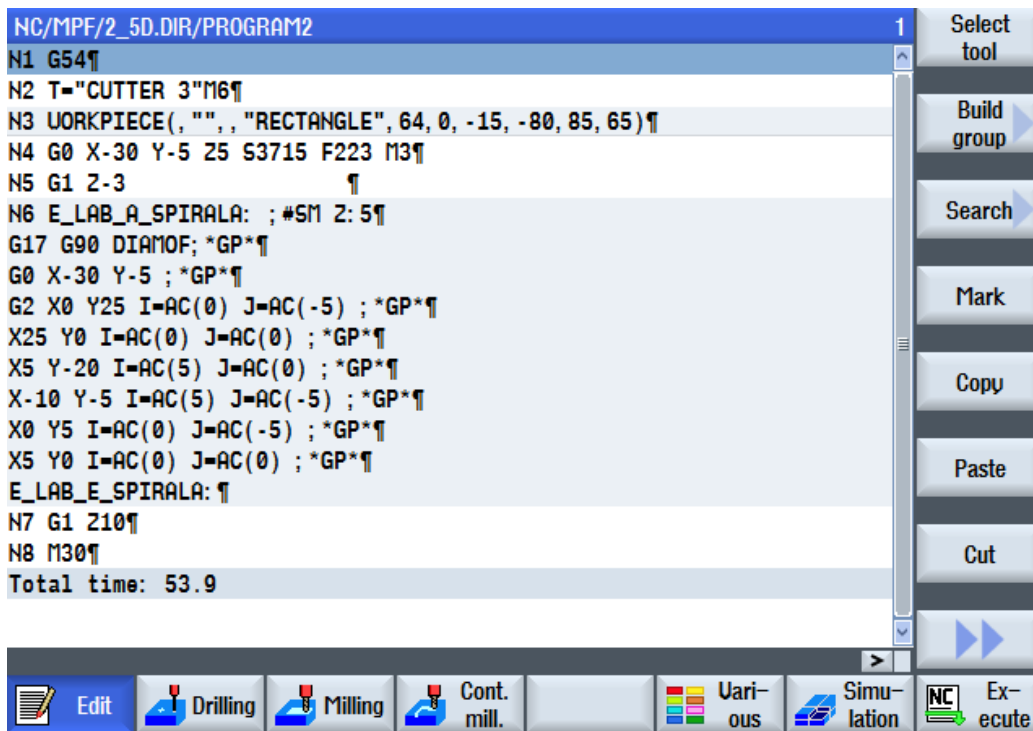
TOČKA	X	Y	R
1.	-30.000	-5.000	0.000
2.	0.000	25.000	30.000
3.	25.000	0.000	25.000
4.	5.000	-20.000	20.000
5.	-10.000	-5.000	15.000
6.	0.000	5.000	10.000
7.	5.000	0.00	5.000

Upisivanjem gore navedenih vrijednosti iz tablice 7.6. dobije se željena spirala.





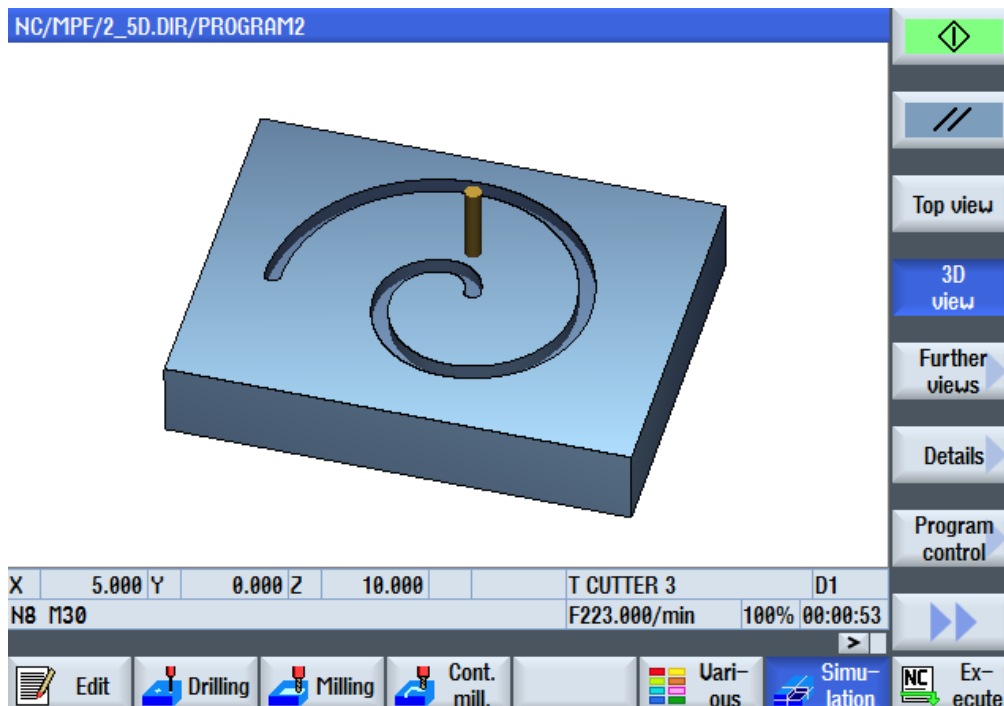
Slika 7.27. Svi radijusni elementi konture „SPIRALA“

Nakon gotove konture potrebno je program dotjerati da bude čitljiv stroju te se dodaje izračunatu brzinu alata **S**, posmak alata **F**, brze hodove **G0**, radne hodove **G1** te **M** funkcije za uključivanje vretena **M3** i za kraj programa **M30**.



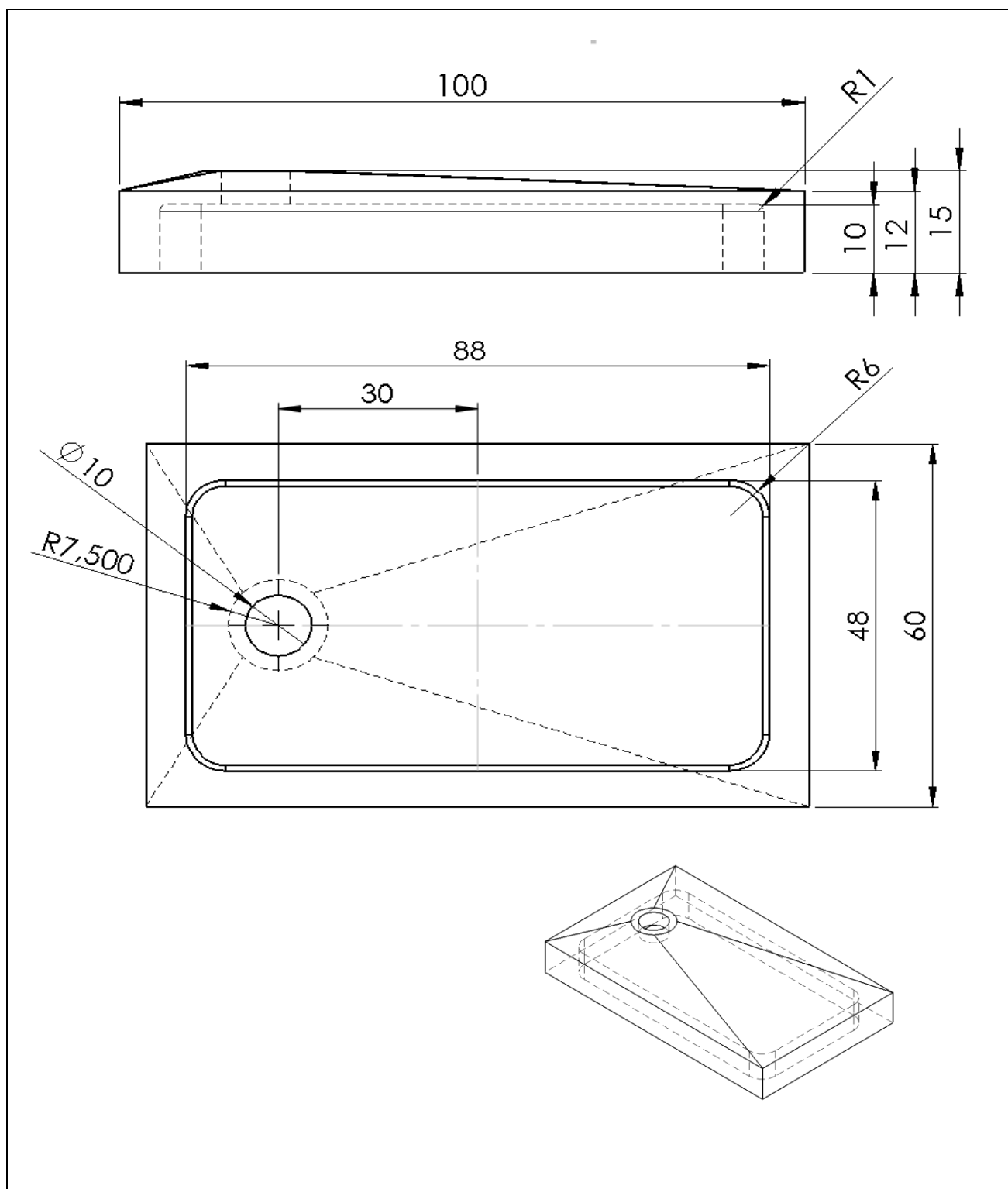
Slika 7.28. Program konture „SPIRALA“


Za simulaciju programa potrebno je kliknuti na  te ako je zadovoljavajuća simulacija, klikne se na  i program će se učitati u stroj i spremi za rad.



Slika 7.29. Simulacija alata konture „SPIRALA“

8. 3D IZRADAK



	Mjerilo: 1:1	Datum	Prezime	Vrsta materijala:	Naziv dijela:
	Konstruirao:	15.1.2016	Gazdek	MDF	Kućište
	Crtao:	15.1.2016	Gazdek	Dimenzije priprema:	Broj dijela:
	Pregledao:			100X60X18	02

Za izradak prema skici potrebno je napraviti i opisati proces izrade na Sinumerik 840Dsl upravljanju. Potrebno je proučiti, nacrtati i odrediti tehnologiju te napisati program. 3D obrada znači da alat izvršava radnju po tri ili više osi simultano.

8.1 Plan obrade

Obrada pozicija će se programirati metodom ShopMill. Izabire se sirovi komad malo većih dimenzija od same pozicije, 100x60x18 mm. Materijal za izradu je MDF (eng. *Medium Density Fibreboard*)

8.2 Plan stezanja

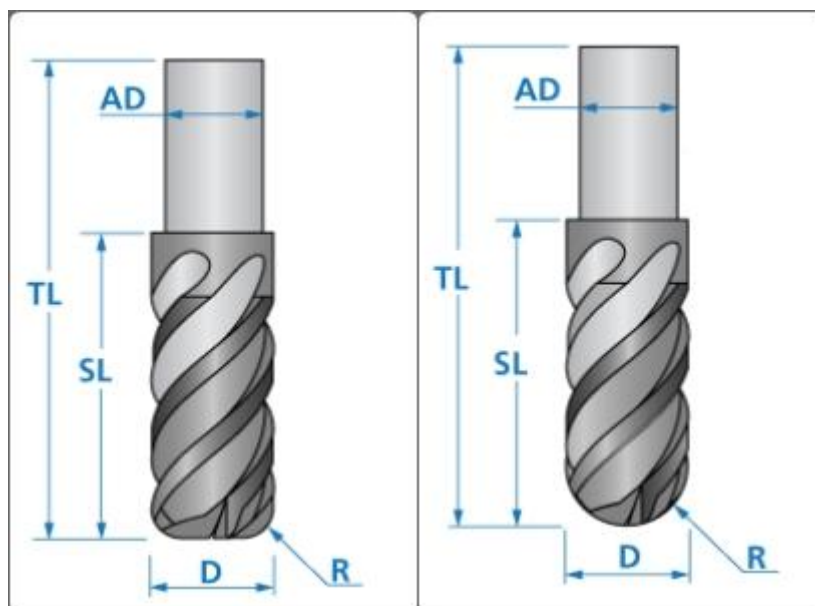
Pozicija će se napraviti u dva stezanja. U prvom stezanju iskopati će se džep, a u drugom će se napraviti 3D oblik kućišta uz pomoć CAM alata SolidCam.

8.3 Plan odabira alata

Za ovu poziciju odabrana su dva alata. Jedan alat za iskapanje džepa, a drugi za izradu 3D konture. Za iskapanje džepa koristit će se ravno glodalo promjera 10mm i radijusa oštrica R1. Za 3D oblik koristit će se radijusno glodalo promjera 10 mm i radijusa oštrica R5

Tablica 8.1. Dimenzije alata za 3D operaciju glodanja

	<i>Radijusno glodalo promjera 10mm R1</i>	<i>Radijusno glodalo promjera 10mm R5</i>
Promjer alata D	10mm	10mm
Promjer korijena alata AD	9mm	10mm
Dužina spirale SL	8mm	23mm
Dužina alata TL	60mm	75mm
Broj oštrica Z	2	4



Slika 8.1. Geometrije alata za 3D glodanje

8.3.1 Brzina rezanja

Brzina rezanja označena je u relaciji (8.1).

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \text{ okr/min} \quad (8.1)$$

n = Brzina rezanja u okretajima po minuti (*okr/min*)

V_c = Brzina rezanja u metrima po minuti (*m/min*)

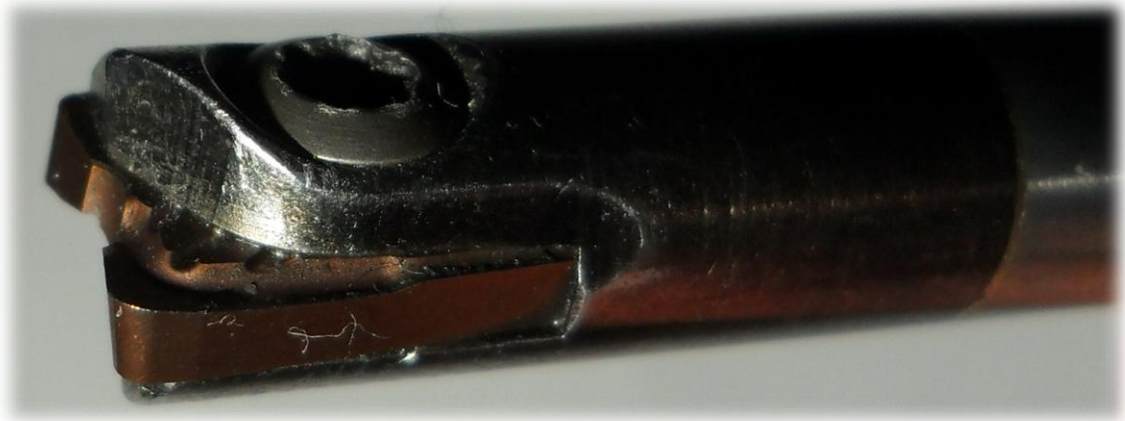
D = Promjer alata u milimetrima (*mm*)

Tablica 8.2. Režimi rada za glodala [8]

Glodanje utora, za ravna glodala	Promjer glodala (mm)				
	3 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
HSS bez zaštitne presvlake	20 - 25				
	Brzina rezanja, v_c (m/min)				
Posmak, f_z (mm/zub)	0.01 - 0.03	0.03 - 0.04	0.04 - 0.05	0.05 - 0.06	0.06 - 0.09
HSS s zaštitnom presvlakom	35 - 45				
	Brzina rezanja, v_c (m/min)				
Posmak, f_z (mm/zub)	0.02 - 0.04	0.04 - 0.05	0.05 - 0.06	0.06 - 0.07	0.07 - 0.10
HM Tvrđi metal	60 - 100				
	Brzina rezanja, v_c (m/min)				
Posmak, f_z (mm/zub)	0.006 - 0.01	0.01 - 0.02	0.02 - 0.04		
HM tvrdi metali s izmjenjivim oštricama	70 - 110				
	Brzina rezanja, v_c (m/min)				
Posmak, f_z (mm/zub)			0.06 - 0.08	0.08 - 0.10	0.10 - 0.12

Materijal ovog alata je tvrdi metal sa izmjenjivom oštricom koja je presvučena titan-karbidom (TiC) [9] (slika 8.2). Brzina rezanja alata na slici 8.2. označena je u relaciji (8.2).

$$n = \frac{1000 \times 70}{\pi \times 10} = 2229 \text{ okr/min} \quad (8.2)$$



Slika 8.2. Glodalo promjera 10mm i radijusa oštrica R1

Materijal ovog alata je tvrdi metal (eng. *hard metal*) i presvučen je presvlakom od Volfram karbida (WC). Alati od tvrdog metala dobivaju se sinteriranjem (metalurgija praha) [9].

Za brzinu rezanja alata odabrali smo 60 *m/min*.

Brzina rezanja alata sa slike 8.3. označena je u relaciji (8.3).

$$n = \frac{1000 \times 60}{\pi \times 10} = 1911 \text{ okr/min} \quad (8.3)$$



Slika 8.3. Glodalo promjera 10mm i radijusa oštrica R5


8.3.2 Posmak

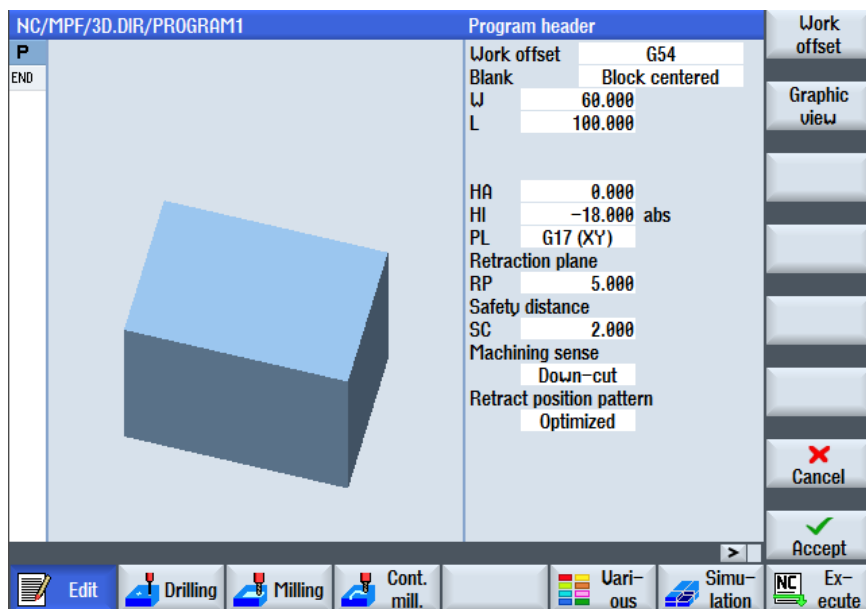
ShopMill ne traži posmake za alat. Potrebno je zadati brzinu rezanja ili posmak po oštrici.

Tablica 8.3. Odabrani režimi rada za alate za operaciju 3D glodanja




	Brzina rezanja v_c	Posmak po zubu f_z
Za glodalo promjera 10mm R1	70 <i>m/min</i>	0.06 <i>mm/zub</i>
Za glodalo promjera 10mm R5	60 <i>m/min</i>	0.01 <i>mm/zub</i>

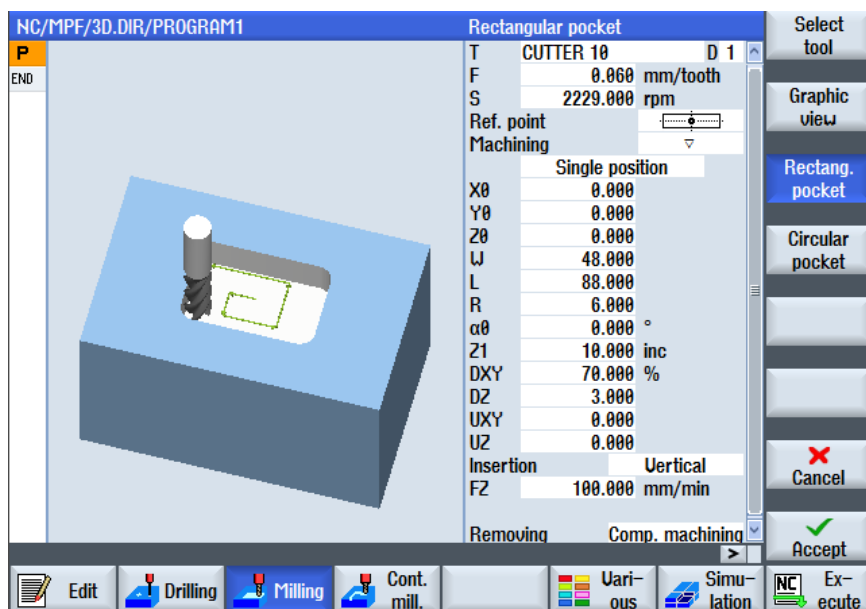
8.4 Program (ShopMill)

Potrebno je stvoriti ShopMill datoteku na način kao što je opisano u uvodnom dijelu o ShopMill-a. Nakon što se napravi datoteka, otvorit će se početni prozor u kojem se traži da se odabere radna točka izratka i da se upiše izgled pripremk. Vrijednost se bira klikom na .




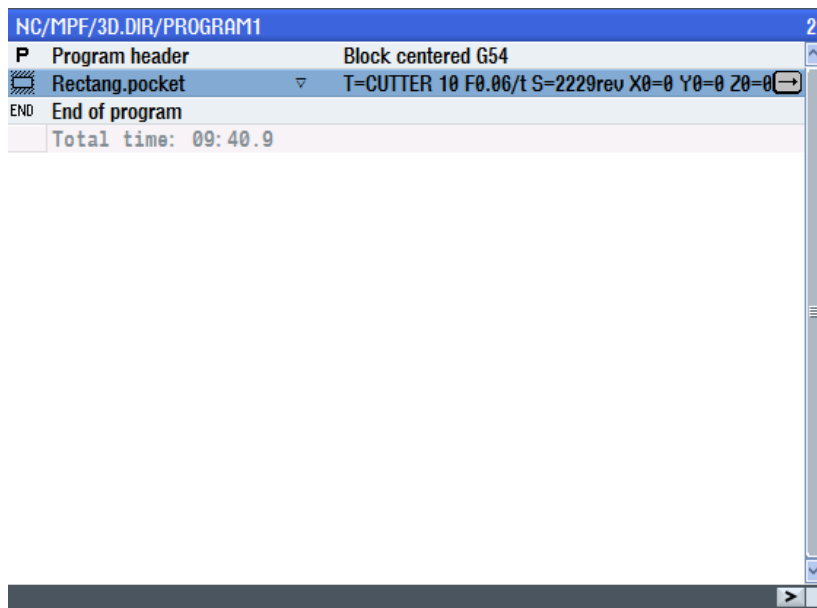
Slika 8.4. Dimenzije pripremk za 3D glodanje

Kliknemo na    za glodanje džepa. Odaberemo alat „CUTTER 10“. Za posmak po zubu upišemo $F=0.060$ mm/zub te za brzinu upišemo $S=2229$ okr/min.

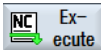


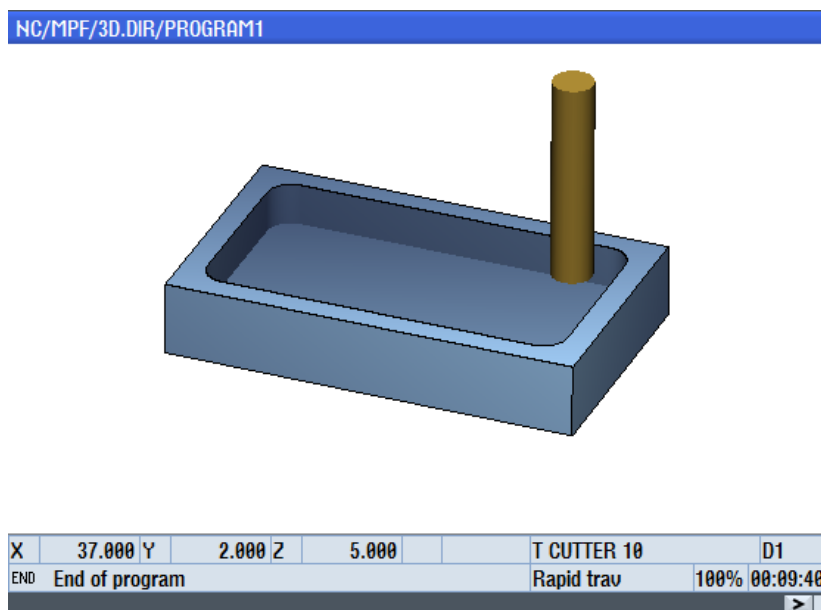
Slika 8.5. Tablica glodanja pravokutnog džepa za 3D izradak

Gotov program izgleda jako kratko ali efikasno. Brzina programiranja je jako brza i jednostavna. Kad je program zadovoljavajući, klikom na  se pogleda da li je dobiveno to što se željelo.



Slika 8.6. Program glodanja pravokutnog džepa za 3D izradak

Nakon pregledane simulacije, ukoliko je zadovoljavajuća, klikne se na  kako bi se program prebacio na stoj i kako bi se moglo započeti glodanje.

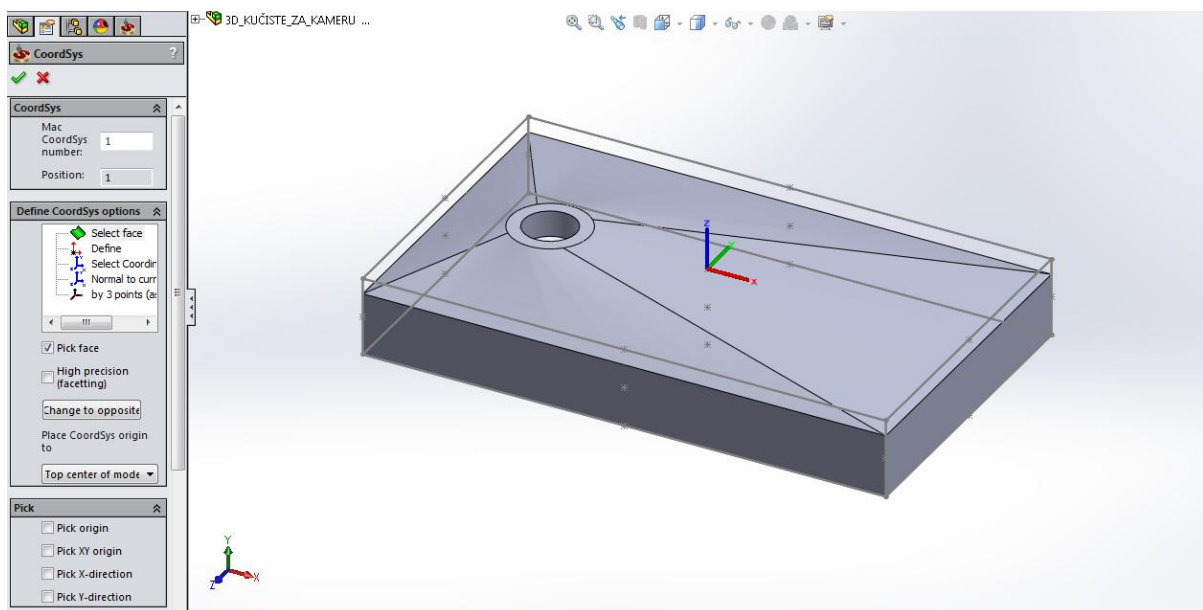


Slika 8.7. Simulacija alata na glodanju pravokutnog džepa




9. SOLIDCAM 2012

SolidCAM 2012 pripada u CAM (eng. *Computer-aided manufacturing*) sustave programskih alata. Služi za izradu jednostavnih i složenih programa koji se mogu upotrijebiti na strojevima s jednostavnom i složenijom kinematikom gibanja.

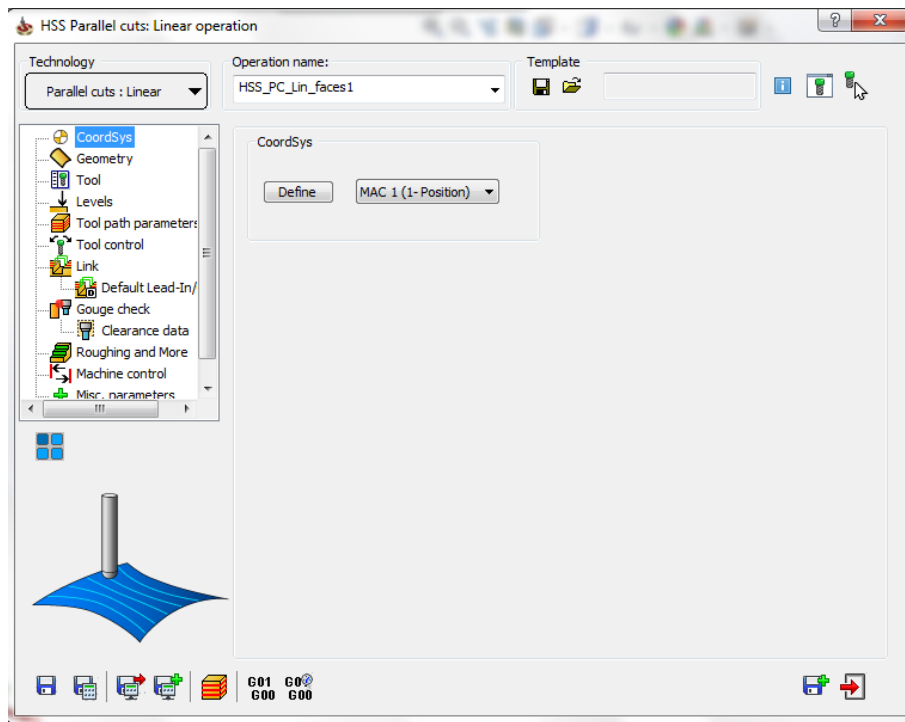
Za gornju plohu na 3D izradku koristiti će se CAM sustav za dobivanje zahtjevne 3D konture. Programskim paketom SolidWorks 2012 modelira se poziciju prema nacrtu te je se prebacuje u programski paket SolidCAM 2012 koji služi za programiranje putanji alata. Također se iz SolidCAM-a generira G-kod koji se prosljeđuje na CNC upravljačku jedinicu Sinumerik 840Dsl. Potrebno je koristiti postprocesor⁴ za Siemens SINUMERIK 840Dsl upravljanje. Važno je napomenuti da je spomenuti postprocesor potrebno izraditi zasebno, ovisno o korištenome CAD/CAM/CNC lancu. U programskom alatu SolidCAM postavlja se radnu točku na pripreмку u sredinu po **X** i **Y** koordinatama, te se za **Z** ravninu stavlja na najviši dio pripreмки (sirovca).





Slika 9.1. Odabir radne točke u programskom alatu SolidCAM

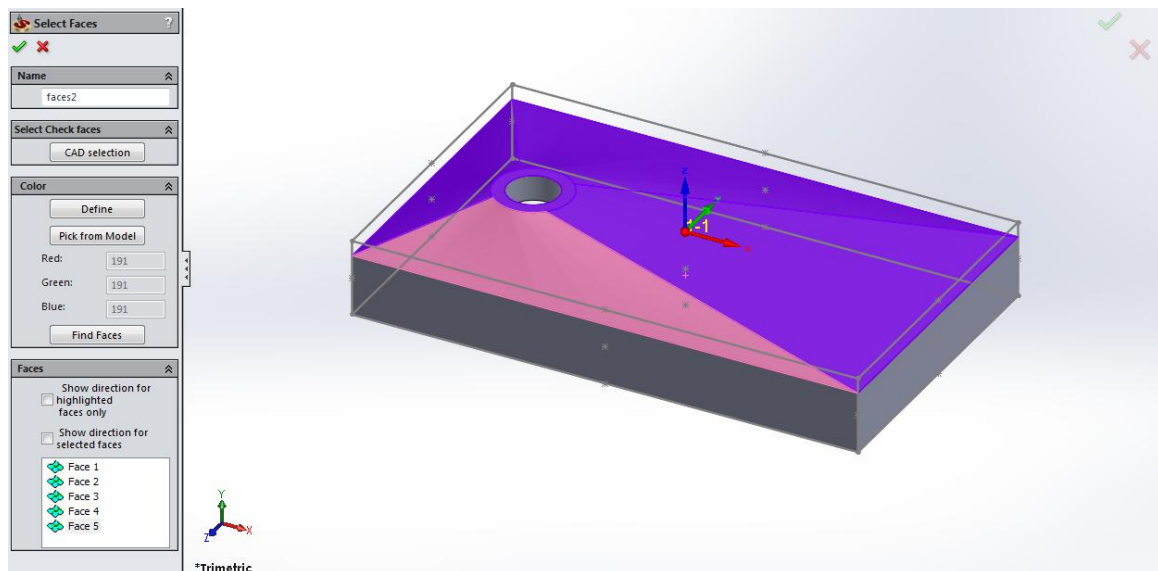
Programiranje se započinje strategijom glodanja naziva "HSS" (eng. *High Speed Surfacing*), klikom na    Geometry.

⁴ Upravljački program koji služi za sastavljanje cjelokupnog programa za neki određeni upravljački sistem.








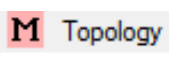


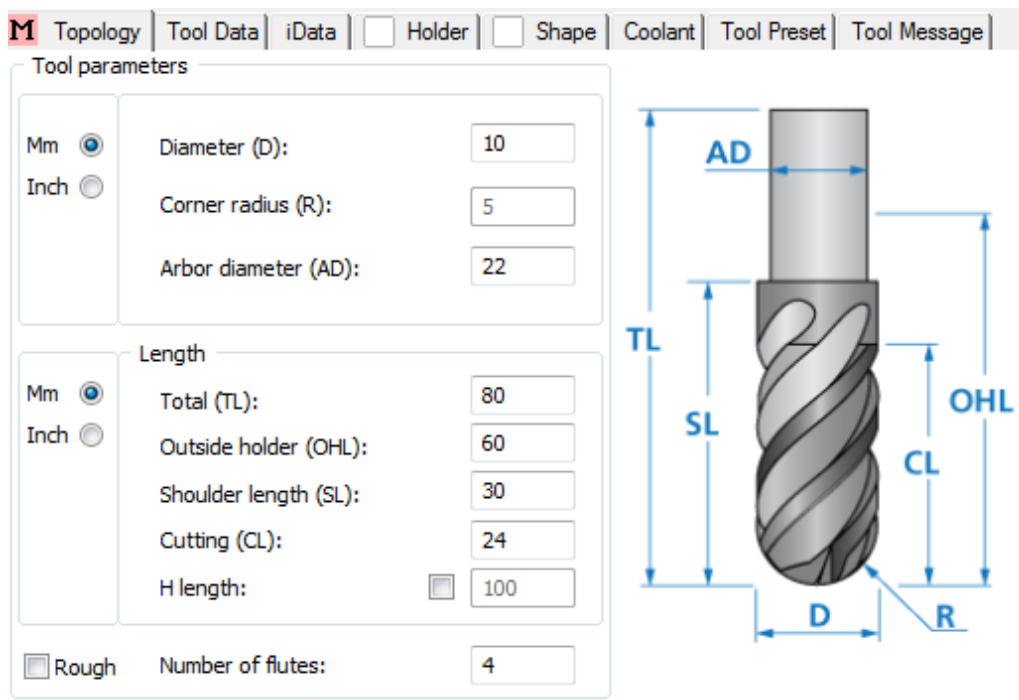
Slika 9.2. Obrada operacijom HSS (eng. *High Speed Surfacing*)

Za odabir 3D geometrije klikne se na . Odabiru se plohe na kojim će se izvršiti strojna obrada. Odabrane površine će se osvijetliti u ljubičastu boju i za završetak je potrebno kliknuti na .



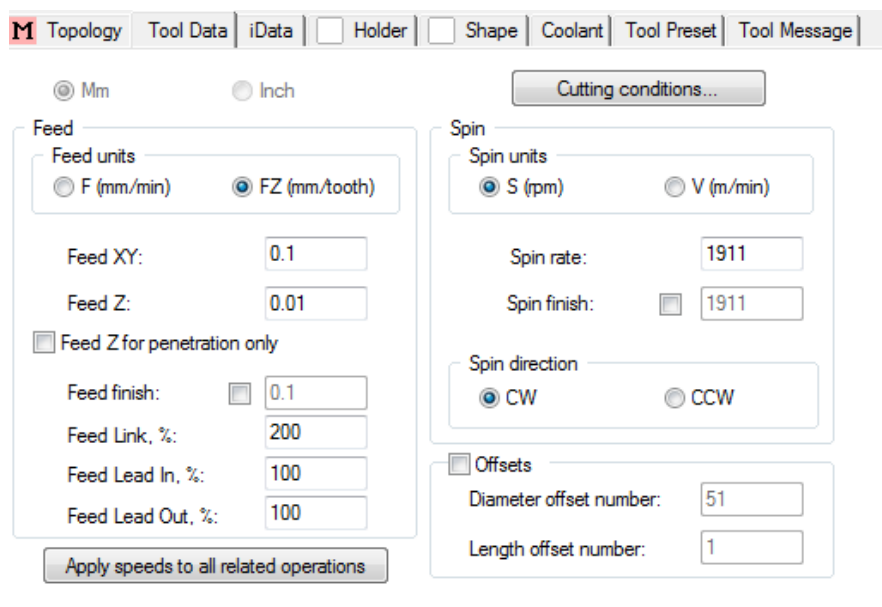
Slika 9.3. Odabir plošne geometrije u programskom paketu SolidCAM

Nakon odabira geometrije klikne se na  Tool    
  BALL NOSE MILL i u izborniku  se upisuju dimenzije alata iz tablice 8.1.



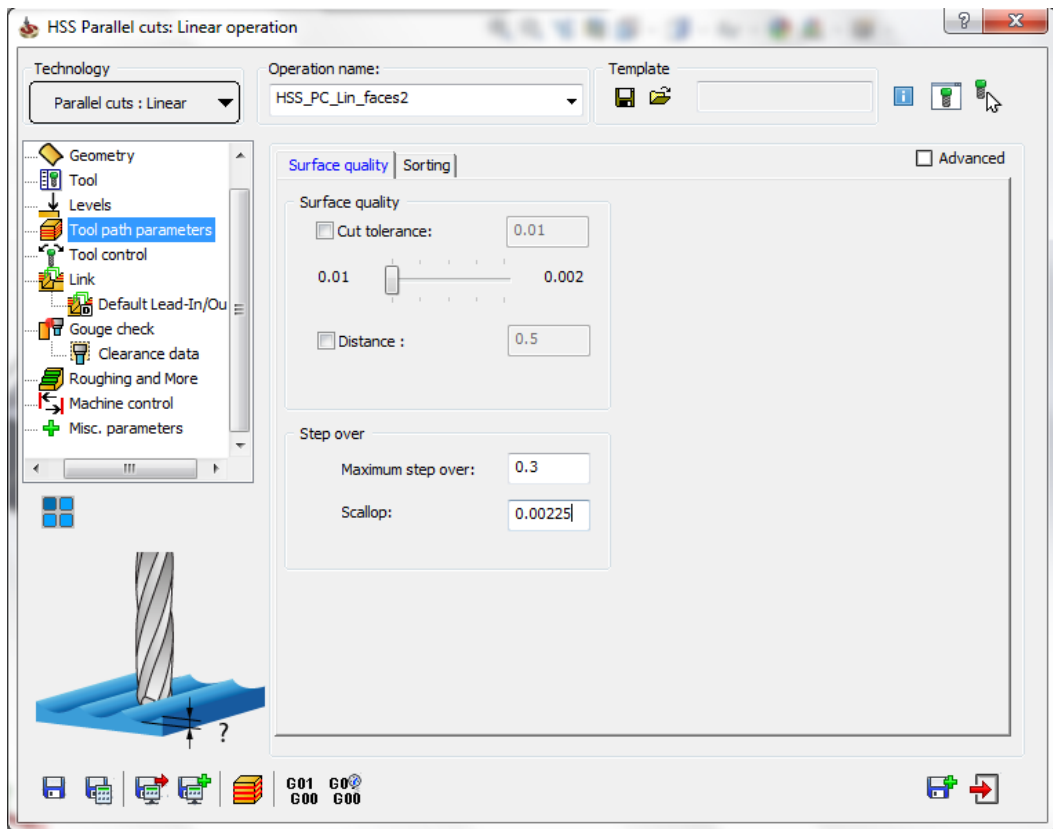
Slika 9.4. Tablica dimenzija za glodalo promjera 10mm i radijusa R5

U izborniku **Tool Data** kao na slici 9.5. upiše se izračunatu brzinu okretaja i posmak po zubu iz relacije (8.3), te se klikne na **Select** za završetak radnje.





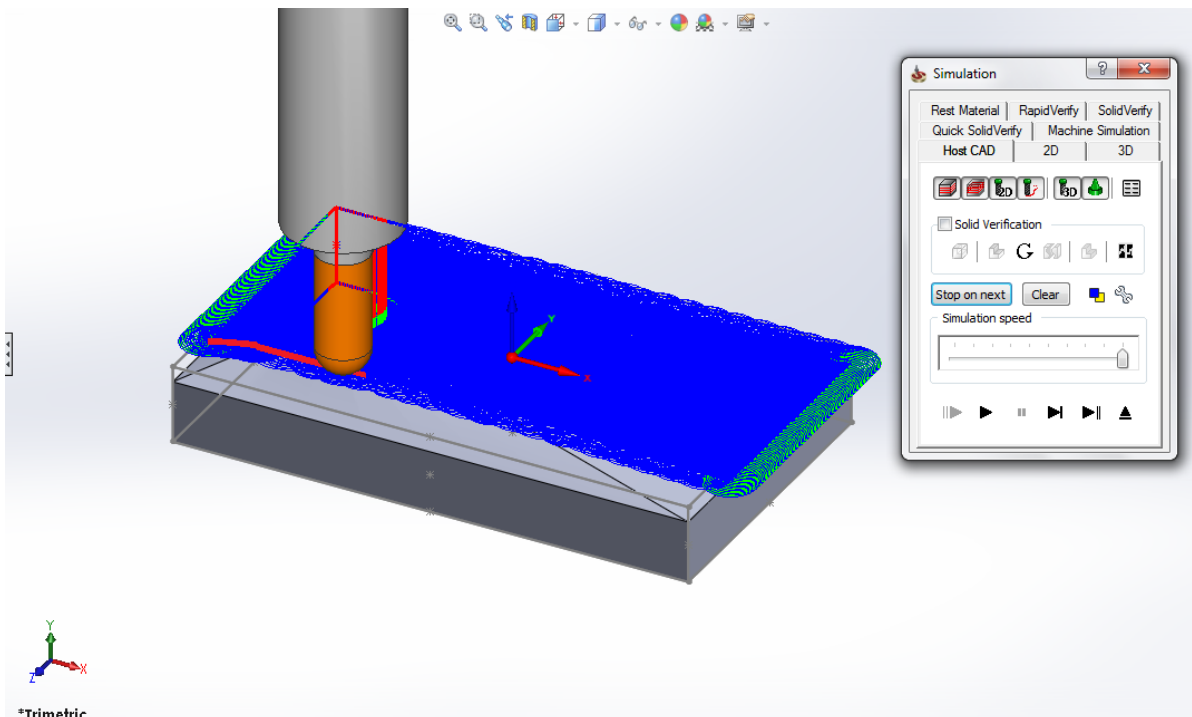
Slika 9.5. Tablica brzina i posmaka za glodalo promjera 10mm i radijusa R5

U izborniku **Tool path parameters** upiše se u ćeliju „Maximum step over“ 0.3 mm. Ta vrijednost označuje udaljenost sljedeće putanje alata od prethodne putanje alata.



Slika 9.6. Tablica maksimalne udaljenosti putanje do putanje alata (eng. *Max step over*)

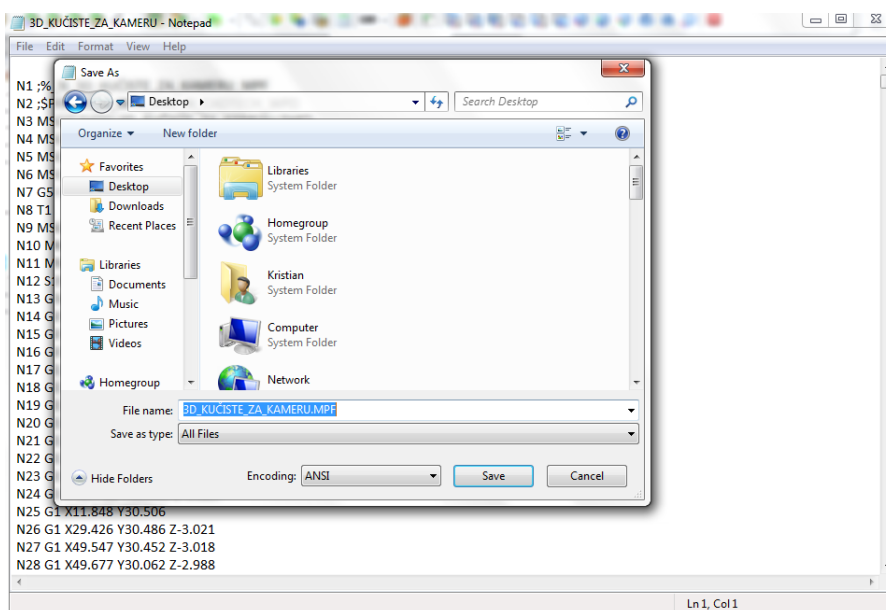
Kad je završeno sa svime klikne se na  da bi se vidio izgled simulacije i da li program radi ono što se želi. Izlazi se iz simulacije i sprema se program klikom na .



Slika 9.7. Simulacija alata obrade 3D površine

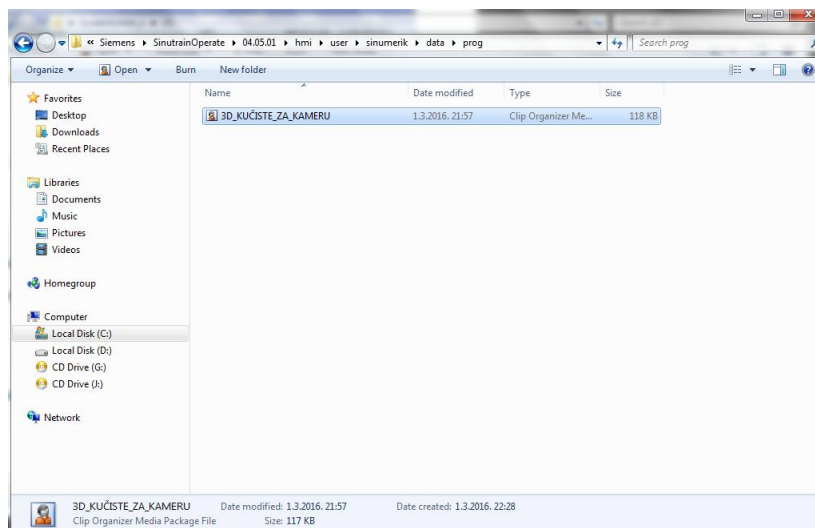
10. PRIJENOS PROGRAMA UNUTAR CAD/CAM/CNC LANCA

Kako se iz CAD/CAM programskoga paketa Solidworks (CAD) / SolidCam (CAM) postprocesiranjem, preko adekvatnog postprocesora, dobio G-kod, potrebno je provjeriti kako simulacija, kasnije i sama obrada, izgleda na upravljačkoj jedinici stroja, a to je u ovome slučaju Sinumerik 840Dsl (CNC). Program se generira klikom na **G01 G00**. Kada se pojavi tekstualna datoteka klikne se na **File** i posprema se datoteku na željeno, programskome alatu "vidljivo", mjesto.





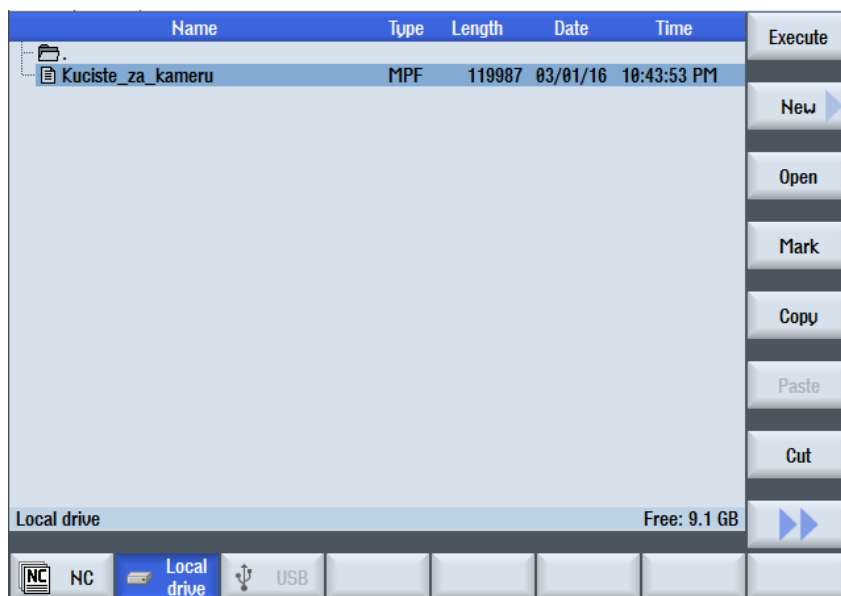
Slika 10.1. Primjer spremanja 3D programa

Spremljenu datoteku je potrebno staviti na mjesto *C:\Siemens\ SinutrainOperate \04.05.01\ hmi\ user \ sinumerik\ data\ prog* da bi bilo vidljivo na upravljanju i da bi ga mogli koristiti.






Slika 10.2. Primjer postavljanja programa u programski alat SinuTrain for SINUMERIK Operate

U programu SINUMERIK Operate klikne se na  da bismo mogli vidjeti generiranu datoteku, koja se otvara klikom na .



Slika 10.3. Pregled postavljenog programa u programskom paketu SinuTrain for SINUMERIKOperate

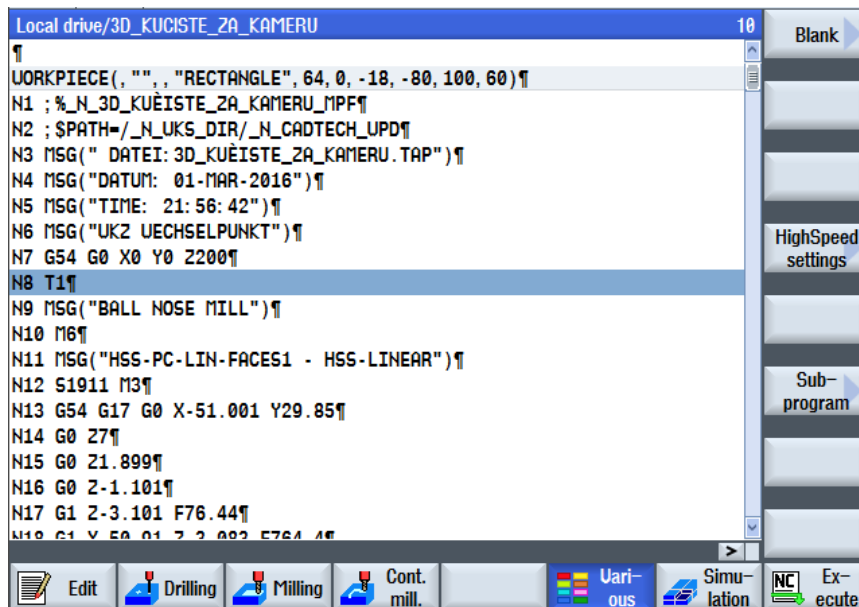
Nakon što se otvori program kliknemo na  \Rightarrow  u ćelije se upisuje dimenzije priprema (sirovca). Kad je sve prihvatljivo definirano, klikne se na .




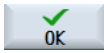
Slika 10.4. Tablica dimenzija priprema za 3D glodanje

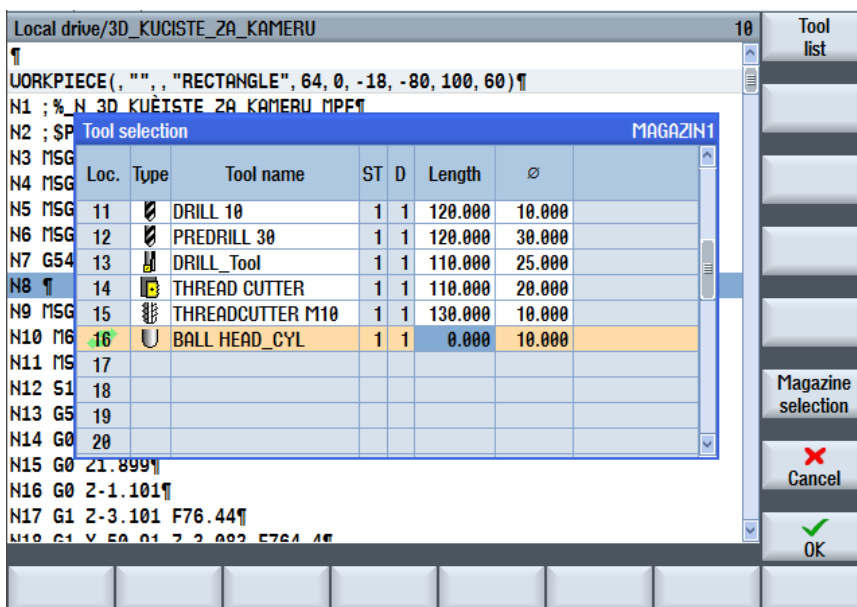
U programu (konkretno za ovaj stroj) mora se naći blok u kojem se nazali alat i obrisati ga, te postaviti alat iz tablica alata na stroju da bi program imao referencu s kakvim alatom radi, i da bi se pokrenula korektna simulacija. Imena alata u programu SolidCAM i u

programu Sinutrain for SINUMERIK Operate nisu identična i ne poklapaju se, pa je potrebna takva radnja da bi sve normalno funkcioniralo.



Slika 10.5. Primjer postavljanja novog alata u programu za 3D glodanje

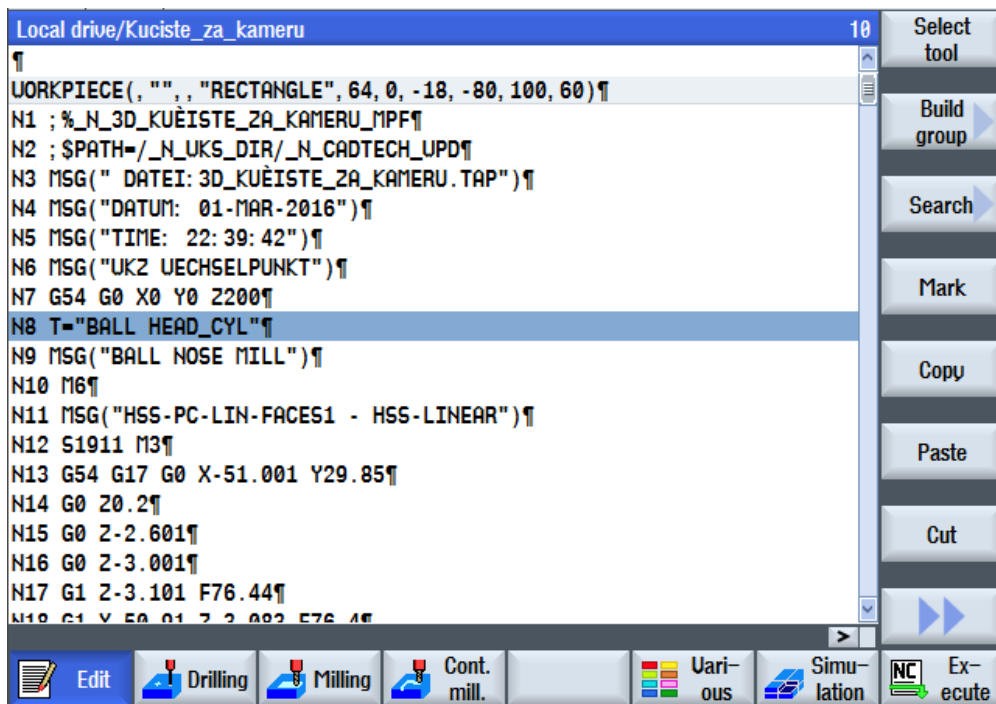
Klikom na  odabire se alat „BALL HEAD_CYL“ promjera 10mm i radijusa R5, a sve se potvrđuje sa .




Slika 10.6. Tablica izbora alata za 3D obradu površine

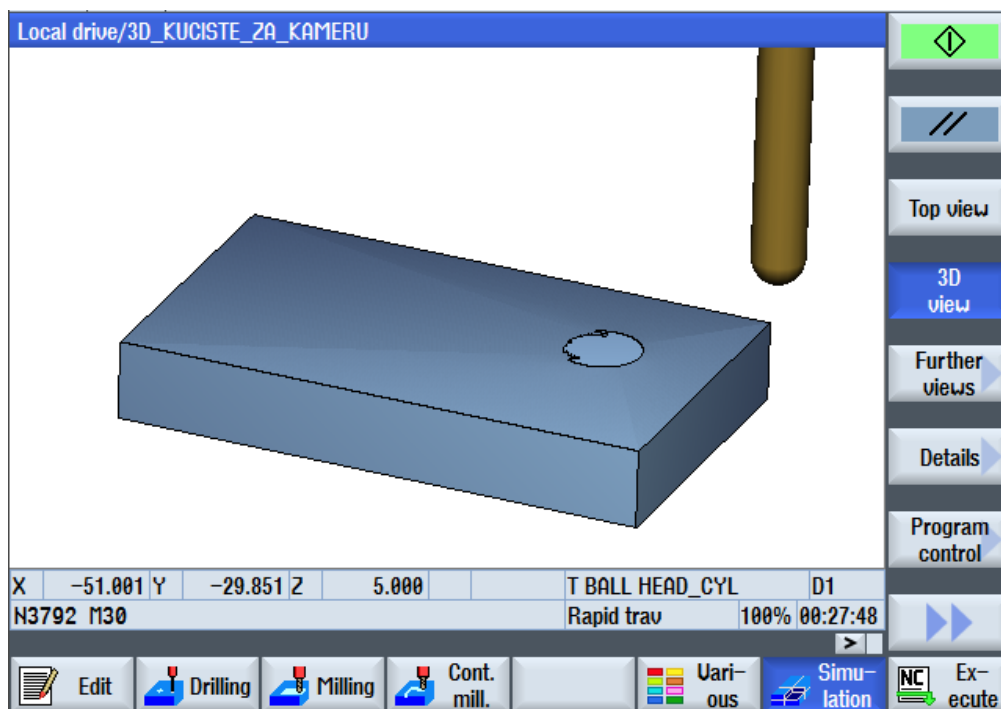
Gotov program bi trebao izgledati kao na slici u nastavku, a za pregled programa se klikne na





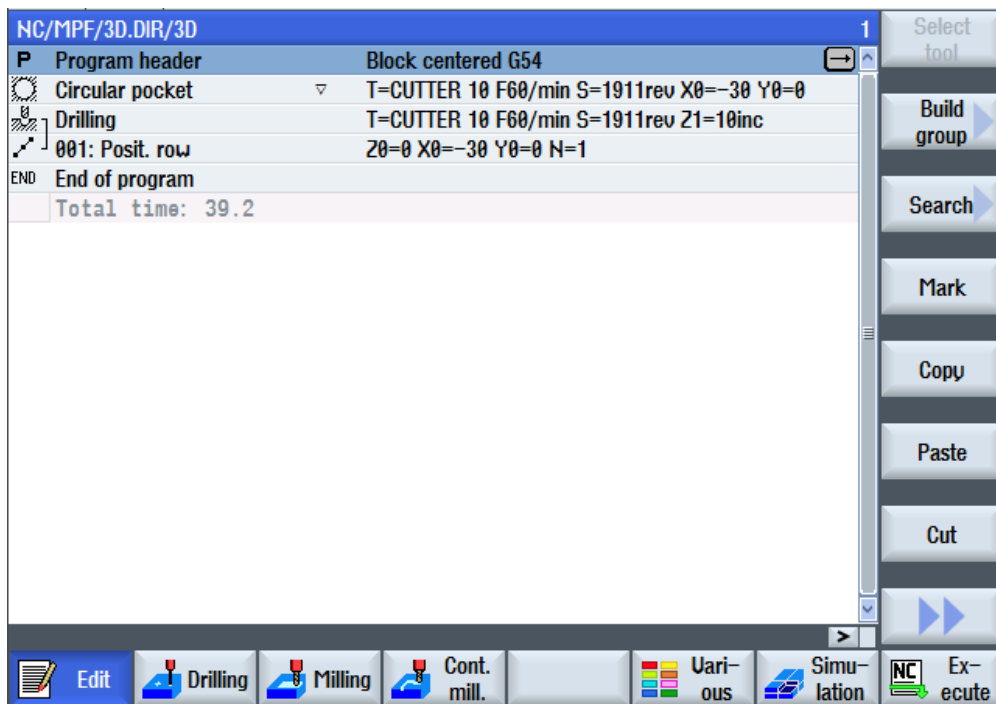
Slika 10.7. Primjer programa sa novim alatom za 3D glodanje

Ukoliko je program zadovoljavajući, klikne se na  čime se prebaci program na stroj.



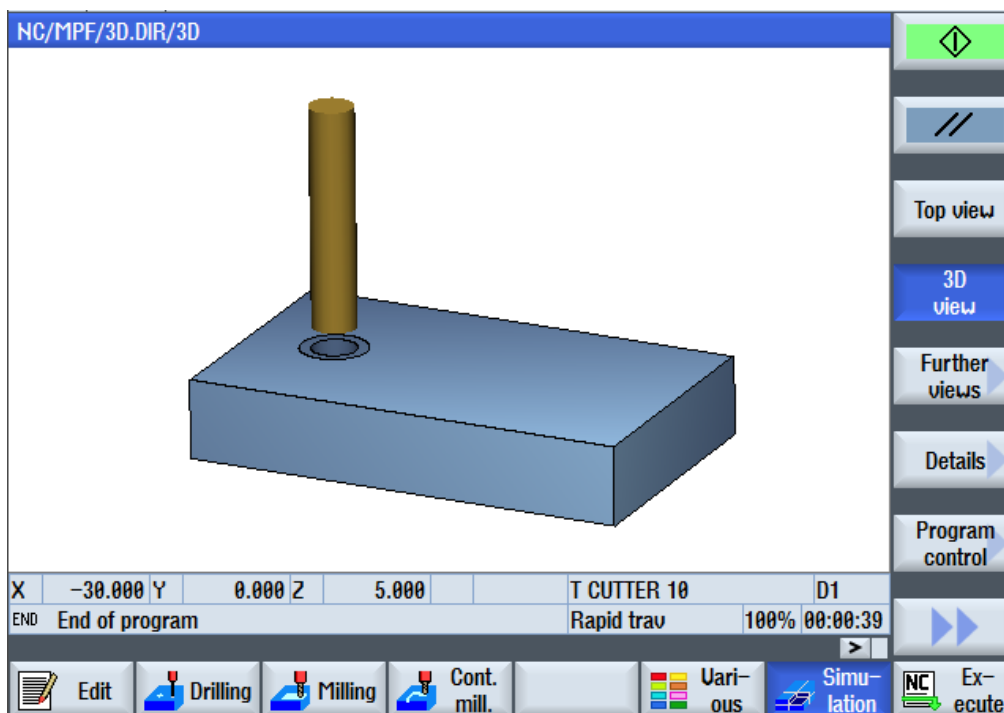
Slika 10.8. Simulacija rada alata na 3D izradku

Za završetak izradka napravi se provrt i ravni dosjed. Na slici 10.9. prikazan je program glodanja dosjeda i bušenje provrta.



Slika 10.9. Primjer programa za bušenje i glodanje dosjeda na 3D izradku

Program se prebacio na stoj klikom na tipku .



Slika 10.10. Simulacija alata za bušenje i glodanje dosjeda na 3D izradku

11. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme, za potrebe testiranja programiranih obrada, simulacija, te konačno, testiranje rada samih strojeva, bez upotrebe računala i modernih sustava upravljanja gotovo je nezamislivo raditi. To dolazi do izražaja pogotovo kod programiranja obrada složenijih dijelova, te na višeosnim sustavima. U kvalitetno uređenome CAD/CAM/CNC lancu moguće je imati detaljan uvid u izradu strojnih dijelova od modeliranja do gotovog proizvoda. U ovakvom proizvodnom lancu moguće je složene strojne dijelove proizvesti brzo, kvalitetno i efikasno i to iz prvog pokušaja. SINUMERIK 840Dsl je napredno strojno upravljanje koje omogućava vrlo brzo, ekonomično programiranje i simulacijski točan prikaz programa. U današnje vrijeme raste potražnja za naprednim upravljanjima kao što je SINUMERIK 840Dsl zbog brzine i jednostavnosti programiranja koje nudi ovo upravljanje.

12. LITERATURA

- [1.] <http://w3.siemens.com/mcms/mc-systems/en/automation-systems/cnc-sinumerik/cnc-software/cnc-programming/cnc-milling/pages/cnc-milling-software-shopmill.aspx> (25.2.2016)
- [2.] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/79994985/milling-with-sinumerik-mold-making-with-3-to-5-axis-simultaneous-milling?dti=0&dl=en&lc=de-WW> (25.2.2016)
- [3.] http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/cnc4you/cnc_downloads/sinumerik-documentation/Documents/SINUMERIK-Operate-UserGuide-2013-09-color-en.pdf (22.2.2016)
- [4.] <http://w3.siemens.com/mcms/mc-solutions/en/motors/motion-control-motors/simotics-s-servomotors/simotics-s-1fk7/pages/simotics-s-1fk7.aspx> (22.2.2016)
- [5.] http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/cnc4you/tips_and_tricks/pages/programsync-efficient-programming-for-multi-channel-machines.aspx (22.2.2016)
- [6.] http://www.siemens.fi/pool/finland/industry/mc-sinumerik/mc_sinumerik_esitteet/mc_sinumerik_operate_esitteet_opaat/userguide_en-small.pdf (22.2.2016)
- [7.] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Glodalo> (15.1.2016)
- [8.] http://www.uddeholm.com/files/Cutting_Data_Corrax_eng.pdf (15.1.2016)
- [9.] https://hr.wikipedia.org/wiki/Tvrđi_metal (15.1.2016)
- [10.] https://www.fsb.unizg.hr/usb_frontend/files/1427789015-0-pred2_bm_2015_svijetlo.pdf
- [11.] <https://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>

Sažetak

Testiranje CAD/CAM/CNC lanca na primjeru glodanja

U završnom radu 2.5D i 3D pozicije modelirane su u programskom paketu SolidWorks 2012 SP5.0 x64 Edition. 2.5D pozicija programski je obrađena na SINUMERIK 840Dsl upravljanju sa funkcijom programiranja programGUIDE, a 3D pozicija programski je obrađena funkcijom ShopMill. Program za obradu 3D površine napravljen je u programskom alatu SolidCAM 2012 SP6.0 funkcijom HSS (eng. *High Speed Surfacing*). Za izradu ovakvog završnog rada potrebno je poznavati strojnu obradu, razne alate te njihove geometrije kao i razne materijale i njihova svojstva.

Ključne riječi:

SolidWorks, SolidCAM, SinuTrain, Sinumerik, ProgramGUIDE, ShopMill

Abstract

Testing CAD / CAM / CNC chain using the example of milling

In the final work 2.5D and 3D positions are modeled in the software package SolidWorks 2012SP5.0 x64 Edition. 2.5D position programming is processed on SINUMERIK 840Dsl CNC management with the function programGUIDE, and 3D position programming is processed with the function ShopMill. Software for machining of 3D surface is made in the programming tool SolidCAM 2012 SP6.0 with the function HSS (eng. *High Speed Surfacing*). To complete this final work is necessary to know machining, various tools and their geometry as well as a variety of materials and their properties.

Keywords:

SolidWorks, SolidCAM, SinuTrain, Sinumerik, ProgramGUIDE, ShopMill

Završni rad izrađen je u Bjelovaru, svibanj 2016.

(Potpis studenta)

Prema Odluci Visoke tehničke škole u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Visoke tehničke škole u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

Ynislav Gazdek

(Ime i prezime)

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 31. 5. 2016.

Gazdek

(potpis studenta/ice)

Privitak

Program 2.5D modela (KONTURA)

```
N1 G54
N2 T="CUTTER 6" M6
N3 WORKPIECE(",","RECTANGLE",64,0,-15,-80,85,65)
N4 S1858 M3
N5 CYCLE61(5,0,2,-0.2,-42.5,-32.5,85,65,0.2,5,0,372,31,0,1,1)
N6 G0 Z10 M5
N7 G0 X-45 Y0 Z0 S1858 M3
N8 G1 Z-2
N9 G42
N10 E_LAB_A_KONTURA: ;#SM Z:6
;#7__DlGK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G17 G90 DIAMOF;*GP*
G0 X-40 Y0 ;*GP*
G1 Y-10 ;*GP*
G3 X-20 Y-30 I=AC(-20) J=AC(-10) ;*GP*
G1 X20 ;*GP*
G3 X40 Y-10 I=AC(20) J=AC(-10) ;*GP*
G1 Y10 ;*GP*
G3 X20 Y30 I=AC(20) J=AC(10) ;*GP*
G1 X-20 ;*GP*
G3 X-40 Y10 I=AC(-20) J=AC(10) ;*GP*
G1 Y-10 ;*GP*
;CON,0,0.0000,10,10,MST:0,0,AX:X,Y,I,J,TRANS:1;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:-40,EY:0;*GP*;*RO*;*HD*
;LD,EY:-10;*GP*;*RO*;*HD*
;ACCW,DIA:0/35,EX:-20,EY:-30,RAD:20;*GP*;*RO*;*HD*
;LR,EX:20;*GP*;*RO*;*HD*
;ACCW,DIA:0/235,EX:40,EY:-10,RAD:20;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:10;*GP*;*RO*;*HD*
;ACCW,DIA:0/35,EX:20,EY:30,RAD:20;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-20;*GP*;*RO*;*HD*
;ACCW,DIA:0/235,EX:-40,EY:10,RAD:20;*GP*;*RO*;*HD*
```

```

;LD,EY:-10;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_KONTURA:
N11 G1 X-45
N12 G40
N13 E_LAB_A_OSTALO: ;#SM Z:6
;#7_DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G17 G90 DIAMOF;*GP*
G0 X-43 Y0 ;*GP*
G1 Y-33 RND=9 ;*GP*
X43 RND=9 ;*GP*
Y33 RND=9 ;*GP*
X-43 RND=9 ;*GP*
Y0 ;*GP*
;CON,0,0.0000,5,5,MST:0,0,AX:X,Y,I,J,TRANS:1;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:-43,EY:0;*GP*;*RO*;*HD*
;LD,EY:-33;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:9;*GP*;*RO*;*HD*
;LR,EX:43;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:9;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:33;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:9;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-43;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:9;*GP*;*RO*;*HD*
;LD,EY:0;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_OSTALO:
N14 G1 Z10
N15 M30

```


Program 2.5D modela (SPIRALA)

N1 G54

N2 T="CUTTER 3"M6

N3 WORKPIECE(",",,"RECTANGLE",64,0,-15,-80,85,65)

N4 G0 X-30 Y-5 Z5 S3715 F223 M3

N5 G1 Z-3

N6 E_LAB_A_SPIRALA: ;#SM Z:5

;#7__DlGK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*

G17 G90 DIAMOF;*GP*

G0 X-30 Y-5 ;*GP*

G2 X0 Y25 I=AC(0) J=AC(-5) ;*GP*

X25 Y0 I=AC(0) J=AC(0) ;*GP*

X5 Y-20 I=AC(5) J=AC(0) ;*GP*

X-10 Y-5 I=AC(5) J=AC(-5) ;*GP*

X0 Y5 I=AC(0) J=AC(-5) ;*GP*

X5 Y0 I=AC(0) J=AC(0) ;*GP*

;CON,0,0.0000,7,7,MST:0,0,AX:X,Y,I,J,TRANS:1;*GP*;*RO*;*HD*

;S,EX:-30,EY:-5;*GP*;*RO*;*HD*

;ACW,DIA:0/35,EX:0,EY:25,RAD:30;*GP*;*RO*;*HD*

;ACW,DIA:0/235,EX:25,EY:0,RAD:25;*GP*;*RO*;*HD*

;ACW,DIA:0/35,EX:5,EY:-20,RAD:20;*GP*;*RO*;*HD*

;ACW,DIA:0/235,EX:-10,EY:-5,RAD:15;*GP*;*RO*;*HD*

;ACW,DIA:0/35,EX:0,EY:5,RAD:10;*GP*;*RO*;*HD*

;ACW,DIA:0/235,EX:5,EY:0,RAD:5;*GP*;*RO*;*HD*

;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*

E_LAB_E_SPIRALA:

N7 G1 Z10

N8 M30

Program 3D modela (skraćena verzija)

N1 N29 G1 X49.747 Y29.85 Z-2.986
;%_N_3D_KUČISTE_ZA_KAMERU_MPF N30 G1 X50.201 Z-3.004
N2 N31 G1 Y29.55
;\$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_CADTECH_W N32 G1 X48.839 Z-2.949
PD N33 G1 X48.769 Y29.763 Z-2.952
N3 MSG(" N34 G1 X48.64 Y30.15 Z-2.982
DATEI:3D_KUČISTE_ZA_KAMERU.TAP") N35 G1 X29.962 Y30.183
N4 MSG("DATUM: 01-MAR-2016") N36 G1 X11.321 Y30.206 Z-2.984
N5 MSG("TIME: 22:39:42") N37 G1 X-1.329 Y30.211
N6 MSG("WKZ WECHSELPUNKT") N38 G1 X-13.971 Y30.206
N7 G54 G0 X0 Y0 Z200 N39 G1 X-49.733 Y30.152 Z-2.982
N8 T1 N40 G1 X-50.118 Y29.924 Z-2.974
N9 MSG("BALL NOSE MILL") N41 G1 X-50.309 Y29.809 Z-2.985
N10 M6 N42 G1 X-50.499 Y29.694 Z-3.007
N11 MSG("HSS-PC-LIN-FACES1 - HSS- N43 G1 X-50.729 Y29.552 Z-3.046
LINEAR") N44 G1 X-51.004 Y29.55 Z-3.102
N12 S1911 M3 N45 G1 X-51.006 Y29.25
N13 G54 G17 G0 X-51.001 Y29.85 N46 G1 X-50.547 Y29.254 Z-3.009
N14 G0 Z0.2 N47 G1 X-50.321 Y29.393 Z-2.97
N15 G0 Z-2.601 N48 G1 X-49.94 Y29.624 Z-2.938
N16 G0 Z-3.001 N3653 G1 X-49.823 Y-28.06 Z-2.861
N17 G1 Z-3.101 F76.44 N3654 G1 X-51.016 Y-28.05 Z-3.104
N18 G1 X-50.91 Z-3.083 F764.4 N3655 G1 X-51.014 Y-28.35
N19 G1 X-50.677 Y29.994 Z-3.043 N3656 G1 X-50.004 Y-28.359 Z-2.898
N20 G1 X-50.487 Y30.11 Z-3.022 N3657 G1 X-49.626 Y-28.591 Z-2.842
N21 G1 X-50.296 Y30.225 Z-3.011 N3658 G1 X-49.435 Y-28.706 Z-2.83
N22 G1 X-50.103 Y30.339 N3659 G1 X-49.243 Y-28.82 Z-2.827
N23 G1 X-49.911 Y30.453 Z-3.018 N3660 G1 X-49.021 Y-28.951 Z-2.836
N24 G1 X-13.768 Y30.505 Z-3.023 N3661 G1 X-12.59 Y-29.008 Z-2.825
N25 G1 X11.848 Y30.506 N3662 G1 X9.436 Y-29.004 Z-2.824
N26 G1 X29.426 Y30.486 Z-3.021 N3663 G1 X45.013 Y-28.943 Z-2.835
N27 G1 X49.547 Y30.452 Z-3.018 N3664 G1 X45.139 Y-28.564 Z-2.806
N28 G1 X49.677 Y30.062 Z-2.988 N3665 G1 X45.21 Y-28.352 Z-2.804

N3666 G1 X50.201 Y-28.35 Z-3.004	N3700 G1 X-50.547 Y-29.254 Z-3.009
N3667 G1 Y-28.65	N3701 G1 X-51.006 Y-29.25 Z-3.102
N3668 G1 X46.117 Z-2.84	N3702 G1 X-51.004 Y-29.55
N3669 G1 X46.047 Y-28.864 Z-2.842	N3703 G1 X-50.729 Y-29.552 Z-3.046
N3670 G1 X45.919 Y-29.245 Z-2.872	N3704 G1 X-50.35 Y-29.784 Z-2.989
N3671 G1 X10.023 Y-29.304 Z-2.864	N3705 G1 X-49.967 Y-30.014 Z-2.972
N3672 G1 X-13.321 Y-29.307	N3706 G1 X-49.733 Y-30.152 Z-2.982
N3673 G1 X-49.199 Y-29.251 Z-2.872	N3707 G1 X-12.514 Y-30.207 Z-2.984
N3674 G1 X-49.424 Y-29.119 Z-2.863	N3708 G1 X12.786 Y-30.205
N3675 G1 X-49.616 Y-29.004 Z-2.866	N3709 G1 X48.64 Y-30.15 Z-2.982
N3676 G1 X-49.807 Y-28.889 Z-2.879	N3710 G1 X48.769 Y-29.763 Z-2.952
N3677 G1 X-50.185 Y-28.657 Z-2.935	N3711 G1 X48.839 Y-29.55 Z-2.949
N3678 G1 X-51.011 Y-28.65 Z-3.103	N3712 G1 X50.201 Z-3.004
N3679 G1 X-51.009 Y-28.95	N3713 G1 Y-29.85
N3680 G1 X-50.366 Y-28.955 Z-2.972	N3714 G1 X49.747 Z-2.986
N3681 G1 X-50.178 Y-29.072 Z-2.939	N3715 G1 X49.606 Y-30.274 Z-3
N3682 G1 X-49.988 Y-29.187 Z-2.916	N3716 G1 X49.547 Y-30.452 Z-3.018
N3683 G1 X-49.605 Y-29.417 Z-2.9	N3717 G1 X13.373 Y-30.505 Z-3.023
N3684 G1 X-49.377 Y-29.552 Z-2.909	N3718 G1 X-12.246 Y-30.507
N3685 G1 X-13.052 Y-29.607 Z-2.904	N3719 G1 X-49.911 Y-30.453 Z-3.018
N3686 G1 X10.611 Y-29.605	N3720 G1 X-50.148 Y-30.313 Z-3.009
N3687 G1 X46.826 Y-29.547 Z-2.908	N3721 G1 X-50.531 Y-30.083 Z-3.026
N3688 G1 X46.954 Y-29.163 Z-2.879	N3722 G1 X-50.91 Y-29.851 Z-3.083
N3689 G1 X47.025 Y-28.951 Z-2.876	N3723 G1 X-51.001 Z-3.101
N3690 G1 X50.201 Z-3.004	N3724 G1 Z-3.001 F1528.8
N3691 G1 Y-29.25	N3725 G0 Z-2.601
N3692 G1 X47.932 Z-2.913	N3726 G0 Z0.2
N3693 G1 X47.862 Y-29.463 Z-2.915	N3727 G0 Z200
N3694 G1 X47.733 Y-29.849 Z-2.945	N3728 M30
N3695 G1 X11.198 Y-29.905	
N3696 G1 X-12.783 Y-29.907	%
N3697 G1 X-49.555 Y-29.852	_____
N3698 G1 X-49.786 Y-29.716 Z-2.936	
N3699 G1 X-50.169 Y-29.486 Z-2.953	

Slike obrađenih pozicija – 2.5D



Prikaz obrađene 2.5D pozicije

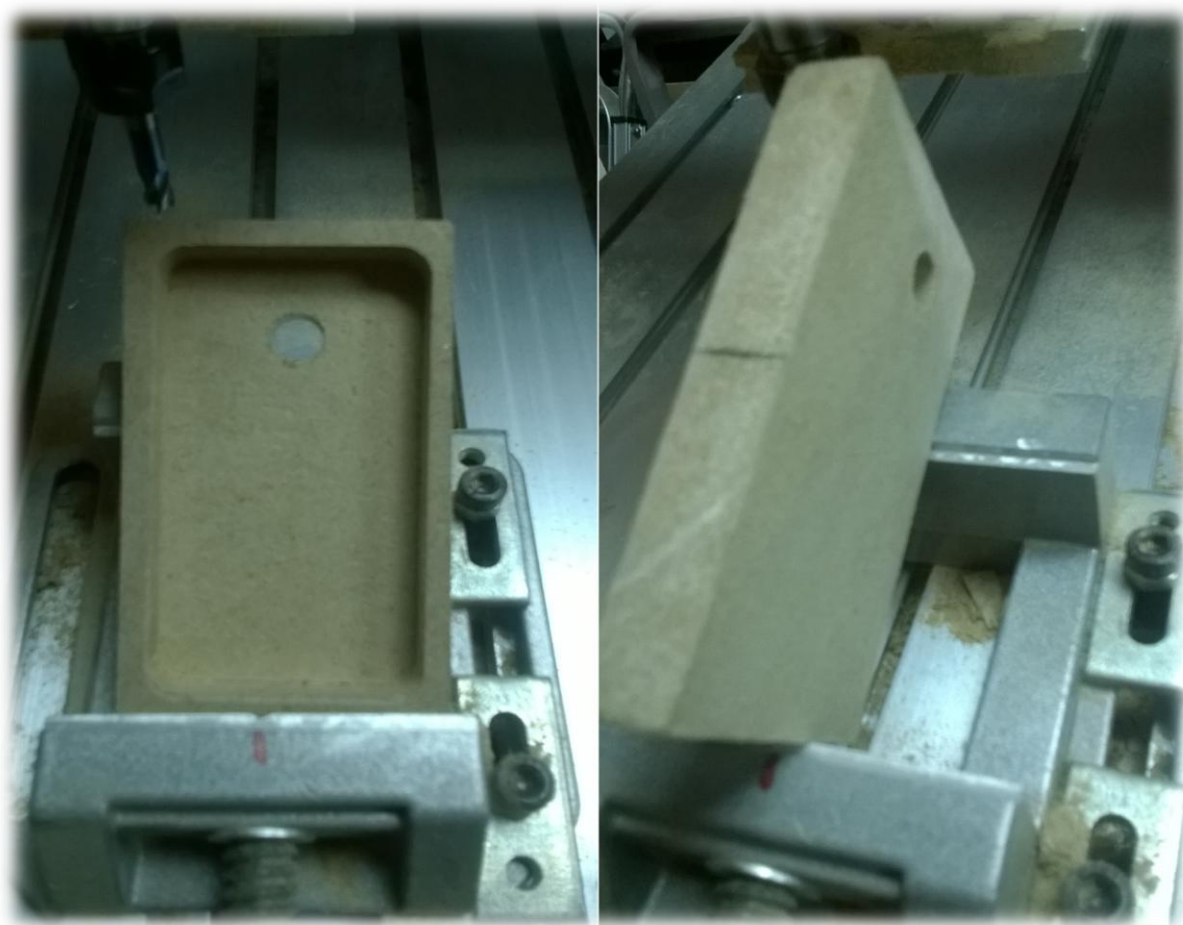


Foto realističan prikaz 2.5D pozicije

Slike obradenih pozicija – 3D



Foto realističan prikaz 3D pozicije



Prikaz obradene 3D pozicije