

Integriranje CAD/CAM/CNC lanca u proizvodnju

Dergez, Zoran

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:144:292351>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

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



VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU



ZAVRŠNI RAD br: 17/MEH/2015

Integriranje CAD/CAM/CNC lanca u proizvodnju

Zoran Dergez

Bjelovar, travanj 2016.

VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU



ZAVRŠNI RAD br: 17/MEH/2015

Integriranje CAD/CAM/CNC lanca u proizvodnju

Zoran Dergez

Bjelovar, travanj 2016.



Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Dergez Zoran** Datum: 08.07.2015.

Matični broj:000547

JMBAG:0314005470

Kolegij: **PROIZVODNJA PODRŽANA RAČUNALOM**

Naslov rada (tema): **Integriranje CAD/CAM/CNC lanca u proizvodnju**

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: 17/MEH/2015

Opisati značajke CAD/CAM/CNC lanca.

Objasniti sintaksu G-koda, te objasniti u kojem segmentu lanca se G-kod koristi.

Opisati karakteristike CAD programskog alata SolidWorks na primjeru definiranog zadatka.

Opisati karakteristike CAM programskog alata SolidCAM na primjeru definiranog zadatka.

Opisati karakteristike CNC vertikalnog obradnog centra Pinnacle LV116, sa upravljačkom napravom Heidenhain iTNC 530. Opisati Heidenhain NC programski alat "Pilot Conversational Programming".

Prilagoditi postprocesor CAD/CAM/CNC lancu.

Za definirani zadatak je potrebno izvršiti programiranje CAD/CAM/CNC lanca, i testirati rezultate na prije navedenom obradnom centru. Opisati korištene parametre strojne obrade za definirani zadatak.

Dati kritički osvrt na dobivene rezultate, te objasniti prednosti i nedostatke rada sa CAD/CAM/CNC lancem.

Zadatak uručen: 08.07.2015.

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



Zahvaljujem se tvrtci ROVIGO d.o.o na izlasku u susret kojim su mi omogućili izradu ovog rada omogućivši mi sav potreban alat, materijal i stroj.

Isto tako se zahvaljujem svome mentoru Tomislavu Pavlicu, mag.ing.mech. prije svega na ogromnom strpljenju i volji da istrpi sve moje ideje i planove, a potom i na pomoći sa korisnim savjetima i iskustvom.

Posebno hvala mojoj prekrasnoj obitelji i mojoj voljenoj supruzi koji su sve ovo prošli sa mnom i uvijek me poticali i ohrabivali da nastavim i uspješno privedem kraju svoje školovanje.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Osnovno o glodanju i programiranju CNC glodalice.....	4
2.1. Glodanje	4
2.2. CNC glodalice	4
2.3. Alati za rad na glodalici	5
2.3.1 Glodala : Tvrdometalna glodala.....	7
2.3.2 Glodala : HSS.....	7
2.4. Stezanje alata.....	9
2.5. Izbor režima obrade.....	10
2.5.1. Brzina rezanja.....	10
2.5.2. Brzina posmaka	10
2.6. Programiranje CNC stroja	14
2.6.1. Operacijski list.....	14
2.6.2. Plan alata	16
2.6.3. Plan stezanja	17
2.6.4. Plan rezanja	20
2.7. Programiranje i gibanje alata.....	20
2.7.1. Gibanje u brzom hodu	20
2.7.2. Pravocrtno gibanje u radnom hodu	21
2.7.3. Ostale osnovne funkcije	22
2.7.4. Pomoćne funkcije	23
3. Glodalica Pinnacle LV116	24
3.1. Upravljačka jedinica stroja	25
3.1.1. Adresno-numerička upravljačka jedinica.....	26
3.2.2. Programsko okruženje i način rada	28
4. Izrada spirale programiranjem u G-kodu	32
4.1. Priprema i programiranje	32
5. Izrada loga VTSBJ i tvrtke Rovigo d.o.o 3D glodanjem	42
5.1. Izrada 3D modela	43
5.2. Obrada modela u SolidCam-u i generiranje koda	48
5.3. Obrada modela na stroju	56
5.4 Integriranje CAD/CAM lanca u proizvodnju tvrtke Rovigo d.o.o.....	59
6. Zaključak.....	62
7. Literatura	63
Sažetak	64
Abstract	65
Prilozi	67
Slike obrade.....	69
Dio programa generiranog u programskom alatu SolidWorks/SolidCam – „logo Visoke tehničke škole u Bjelovaru i tvrtke Rovigo d.o.o“	74
G – kod obrade „Spirale“	76

Popis slika

Slika 1. Prvi CNC stroj sa automatskim izmjenjivačem alata (1959.g) [1]	1
Slika 2. Razlika između klasičnog i CNC stroja [2].....	2
Slika 3. Izgled sučelja programskog alata SolidWorks/SolidCam 2012.....	3
Slika 4. Moderna CNC glodalica (obradni centar DMU 65) [6].....	4
Slika 5. Obradni centar Matec – 30 HV sa zakretnom glavom [7]	5
Slika 6. Razni oblici glodala [8].....	6
Slika 7. Primjer HSS glodala za grubu i finu obradu [11]	8
Slika 8. Primjer tvrdometalnih glodala [11].....	8
Slika 9. HSK prihvata i SK prihvata [11]	9
Slika 10. Formule za proračun režima obrade [12].....	12
Slika 11. Tablica proizvođača sa brzinom rezanja Vc za pojedini materijal [12].....	13
Slika 12. Skica željenog obratka	15
Slika 13. Različiti načini stezanja obratka na stolu [13]	18
Slika 14. Strojni škripci [5]	19
Slika 15. Pravilno i nepravilno stezanje obradka u škripac [5].....	19
Slika 16. Plan stezanja sa simbolima [5].....	20
Slika 17. Pravocrtno gibanje u brzom hodu [5]	21
Slika 18. Pravocrtno gibanje u radnom hodu [5]	22
Slika 19. CNC glodalica Pinnacle LV116 (tvrtka Rovigo d.o.o.).....	24
Slika 20. Upravljačko sučelje Heidenhain iTNC 530 [14].....	25
Slika 21. Adresno-numerička tipkovnica	26
Slika 22. Tipke strojno-upravljačkih naredbi.....	27
Slika 23. Programske tipke.....	27
Slika 24. Upravljanje Heidenhain iTNC530 (početni zaslon) [15].....	28
Slika 25. Snimanje programa za programiranje u G-kodu.....	28
Slika 26. Pisanje programa G-kodom na upravljačkoj jedinici Heidenhain iTNC530 [15]....	29
Slika 27. Snimanje programa za programiranje u Heidenhain Conversation modu [15].....	29
Slika 28. Izgled programa pisanog u Heidenhain Conversation modu [15]	30
Slika 29. Snimanje programa za programiranje u smarT.NC modu [15]	30
Slika 30. Izgled sučelja smarT.NC moda [15]	31
Slika 31. Izgled sučelja za provjeru obrade (Test Run) [15].....	31
Slika 32. 2D radionički nacrt i izometrijski prikaz obradka – „Spirale“	32
Slika 33. Testni mod za provjeru napisanog programa za izradu spirale [15].....	38
Slika 34. Izgled stezanja i gotovog obradka.....	39
Slika 35. Logo Visoke tehničke škole u Bjelovaru i tvrtke Rovigo d.o.o.....	42
Slika 36. Izgled početnog zaslona programskog alata SolidWorks 2012 [17]	43
Slika 37. Izbor ravnine za izradu skice - Sketch [17].....	43

Slika 38. Izbornik za odabir opcije Sketch Picture [17].....	44
Slika 39. Odabir slike za „obradu“	44
Slika 40. Odabrana slika otvorena u programskom alatu SolidWorks [17].....	45
Slika 41. Crtanje po slici [17].....	45
Slika 42. Definiranje debljine nacrtanog modela opcijom <i>Extruded Boss</i> [17].....	46
Slika 43. Dodavanje teksta Visoka tehnička škola u Bjelovaru	46
Slika 44. 3D model logotipova i tekstova tvrtke Rovigo d.o.o i Visoke tehničke škole u Bjelovaru	47
Slika 45. Žičani model logotipova i tekstova tvrtke Rovigo d.o.o i Visoke tehničke škole u Bjelovaru	47
Slika 46. „Pokretanje“ programskog alata <i>SolidCam 2012</i>	48
Slika 47. Definiranje imena obradka.....	48
Slika 48. Definiranje početnih parametara stroja i obradka	49
Slika 49. Odabir tehnologija obrade.....	50
Slika 50. Odabir operacije Plansko glodanje.....	50
Slika 51. Simulacija u programskom alatu <i>SolidCam</i>	51
Slika 52. 3D simulacija u programskom alatu SolidCam.	51
Slika 53. Simulacija putanje alata (grubo glodanje).....	52
Slika 54. Simulacija grube obrade loga Visoke tehničke škole u Bjelovaru.....	52
Slika 55. Izgled slova „V“ izvedenog u 3D tehnici glodanja.....	53
Slika 56. Simulacija putanje alata – 3D glodanje.....	53
Slika 57. Simulacija svih operacija na obradku	54
Slika 58. Simulacija svih putanja alata.....	54
Slika 59. Izbor opcije za generiranje koda	55
Slika 60. Izgenerirani kod u tekst editoru	55
Slika 61. Mjerni sustav Touch Probe i programski kod učitani na stroj	56
Slika 62. Različite operacije glodanja na stroju	57
Slika 63. Završeni obradak.....	58
Slika 64. Nacrt pozije odrađene u tvrtki Rovigo d.o.o	59
Slika 65. Primjer 3D glodane kuglice	60
Slika 66. Simulacija 3D glodanja kuglice	61
Slika 67. Simulacija putanje alata – 3D glodanje kuglice.....	61

Popis tablica

Tablica 1. Obrazac - Operacijski list.....	16
Tablica 2. Obrazac - Plan alata.....	17
Tablica 3. Tehnički podaci stroja Pinnacle LV 116.....	24
Tablica 4. Obrazac - Operacijski list popunjen podacima za obradu „Spirale“.....	33
Tablica 5. Obrazac – Plan alata popunjen podacima za obradu „Spirale“.....	33
Tablica 6. Obrazac – Plan stezanja popunjen podacima za obradu „Spirale“.....	34
Tablica 7. Obrazac - Plan rezanja – popunjen podacima za obradu „Spirale“.....	34
Tablica 8. Obrazac - Plan rezanja – popunjen podacima za obradu „Spirale“- glodanje otoka	35
Tablica 9. Obrazac - Plan rezanja – popunjen podacima za obradu „Spirale“- glodanje spirale	35
Tablica 10. Obrazac – Ispis programa.....	36

Popis oznaka

NC – (engl. Numerical Control) – numeričko upravljanje

CAD – (engl. Computer - Aided Design) – konstruiranje podržano računalom

CAM – (engl. Computer-Aided Manufacturing) – proizvodnja podržana računalom

2D – dvodimenzionalno

3D – trodimenzionalno

CNC – (engl. Computer Numerical Control) – računalno numeričko upravljanje

MIT – (engl. Massachusetts Institute of Technology) – privatno istraživačko sveučilište u američkom gradu Cambridge

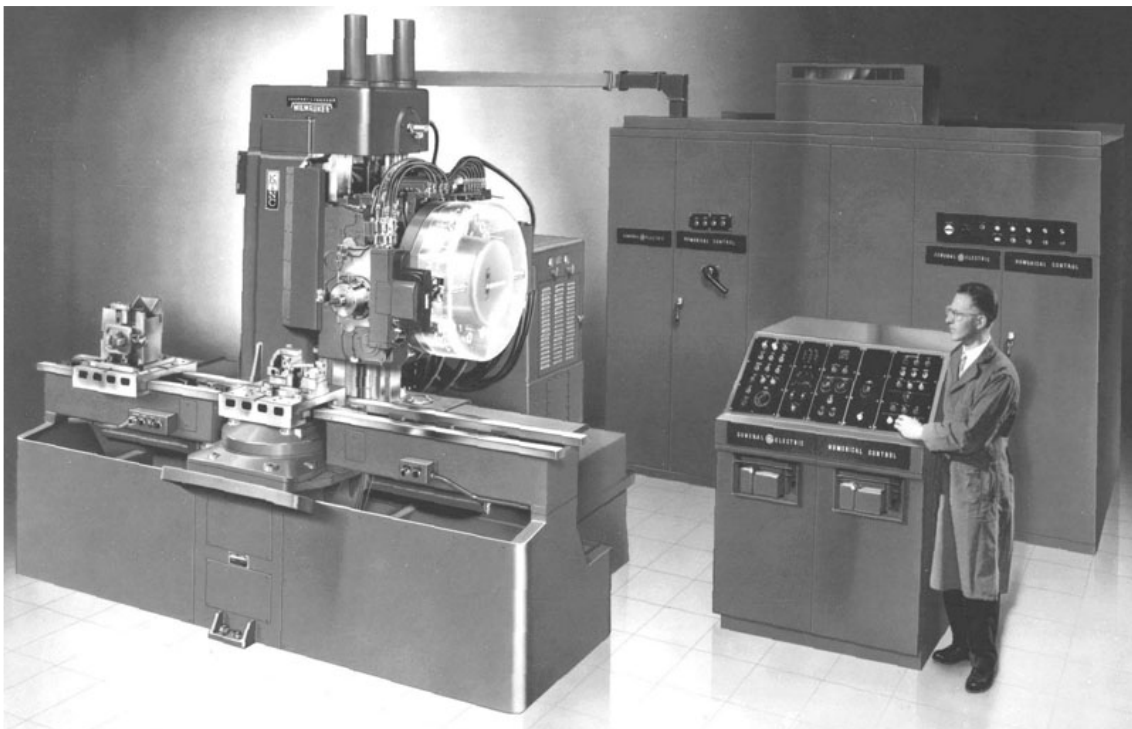
iTNC 530 – verzija strojnog upravljanja Heidenhain

HSS – (engl. High Speed Steel) – čelik za obradu pri velikim brzinama

HM – (engl. Hard Metal) – tvrdi metal

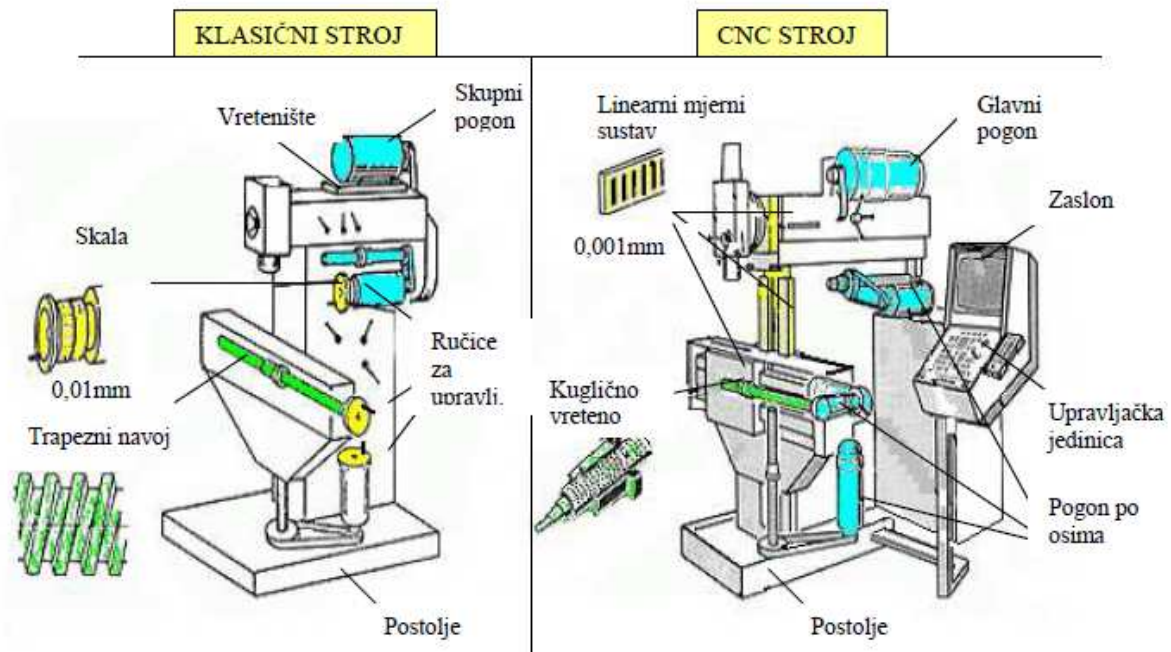
1. Uvod

Osnove numeričkog upravljanja postavio je 1947. godine John Parsons. On je koristio bušene trake kako bi upravljao pozicijom alata pri izradi lopatica helikopterskog propelera. Već 1949. godine američka vojska sklapa ugovor sa sveučilištem MIT te oni kreću s razvojem programirane glodalice. Prva razvijena troosna glodalica Cincinnati Hydrotel predstavljena je 1952. godine, imala je svoje elektromehaničko upravljanje i također je rabila bušene trake. Od te godine počinje se koristiti naziv numeričko upravljanje (NC). Široka primjena u civilnoj industriji u obliku računalnog numeričkog upravljanja (CNC) počinje 1972. godine razvojem mikroprocesora [1].



Slika 1. Prvi CNC stroj sa automatskim izmjenjivačem alata (1959.g) [1]

Kod CNC upravljanja mikroprocesor omogućuje izmjenu programa na stroju, isto tako se mogu vršiti izmjene i tokom obrade predmeta. To svojstvo omogućuje uštedu vremena i veliku fleksibilnost u radu te je zbog toga došlo do nagle raširenosti upotrebe CNC strojeva. Razlika u obradi predmeta pomoću tradicionalnih glodalica i CNC glodalica je u osnovi ista osim u dijelu izrade programa i testiranja kao i ponavljanja više jednakih predmeta kod serijske obrade. Najveća prednost CNC glodalice u odnosu na tradicionalne je u tome što se može koristiti npr. kod obradaka u seriji te će oni biti u potpunosti jednaki početnom iz razloga što će mikroprocesor CNC stroja uvijek voditi alat na jednak način po putanjama prethodno napisanog programa.



Slika 2. Razlika između klasičnog i CNC stroja [2]

Naravno, CNC strojevi imaju i svoje nedostatke:

- veliko početno ulaganje,
- potreba za obrazovanim radnicima sa iskustvom programiranja CNC strojeva,
- veliki troškovi održavanja,
- neisplativost izrade jednostavnih predmeta.

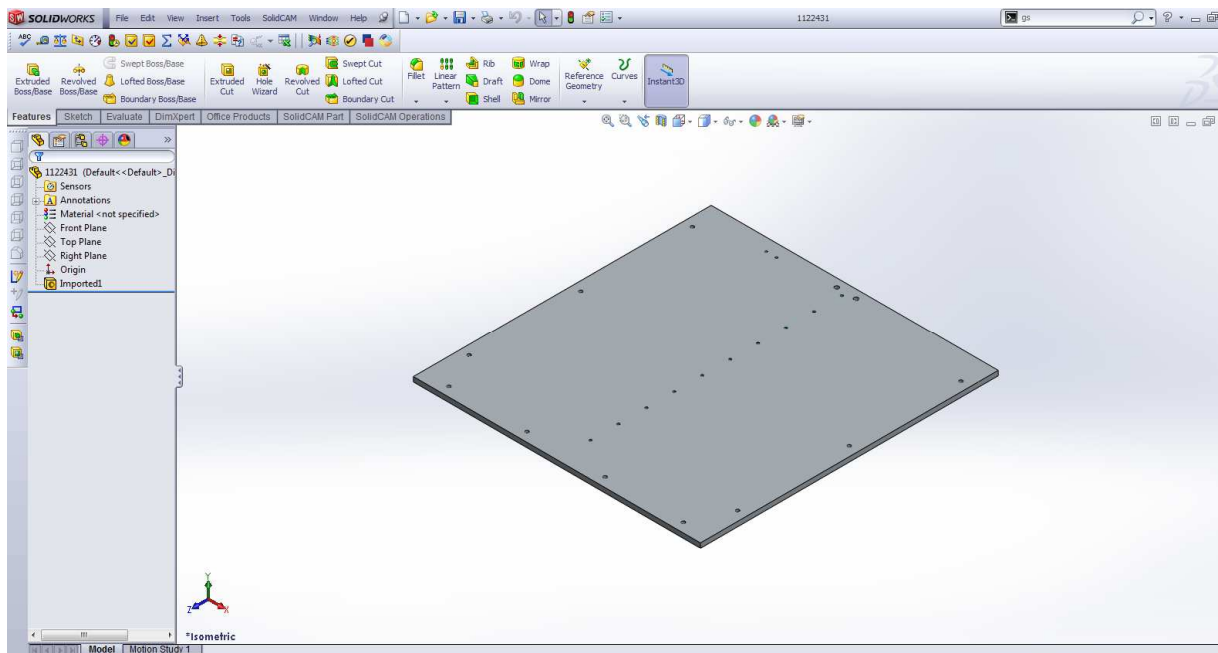
Kako se tehnologija s vremenom razvija dolazi do potrebe korištenja CNC glodalica za izradu vrlo složenih dijelova. To uključuje potrebu za više od tri osi kod obrade. Kod klasičnog programiranja programer određenim strojnim jezikom ovisno o vrsti upravljanja (npr. G-kod, Heidenhain Conversational i sl.) zadaje niz naredbi na stroju te će stroj po tim instrukcijama vršiti obradu zadanog predmeta. Kod više od tri osi koje rade simultano gubi se smisao programiranja G-kodom što zbog složenosti i nemogućnosti pisanja takvih kompliciranih putanja alata što zbog uštede vremena uvodi se u strojnu obradu CAD/CAM tehnologija.

CAD/CAM tehnologija sve više zamjenjuje klasično programiranje strojeva kao što je nekad CNC stroj zamijenio tradicionalni. Kod ove tehnologije programer mora biti osposobljen za korištenje CAD/CAM programskih alata, a isto tako mora poznavati

tehnologije obrade materijala i sam CNC stroj na kojem će se vršiti obrada. S obzirom na znanje koje takva osoba treba imati razumljivo je da takvog kadra nedostaje te su takvi radnici najčešće dobro plaćeni.

Ima više vrsta CAD/CAM programskih alata, a razlikuju se u svojim mogućnostima, te samim time i u cijeni. CAD/CAM programskim alatima obradimo neki komplicirani obradak tako da mu dodijelimo tehnologiju obrade i definiramo sve režime i alate te izvršimo simulaciju obrade. Nakon toga, kada samo zadovoljni obradom, režimima i vremenom obrade generiramo G-kod, odnosno dobije se gotov program spreman za učitati u stroj.

Prvi dio ovog rada baviti će se programiranjem pomoću G-koda. Ideja je napraviti program koji će služiti za izradu utora spirale na obradku određenih dimenzija iz sirovca aluminija na stroju Pinnacle LV116 [3]. Drugi dio završnog rada baviti će se problematikom 3D glodanja točnije potrebno je iz sirovca aluminija izraditi logo tvrtke Rovigo i logo Visoke tehničke škole u Bjelovaru. Za generiranje koda koristiti će se CAD/CAM programski alat SolidWorks/SolidCam 2012 [4].



Slika 3. Izgled sučelja programskog alata SolidWoks/SolidCam 2012

2. Osnovno o glodanju i programiranju CNC glodalice

2.1. Glodanje

Glodanje je obrada dijelova jednostavne ili složene geometrije na glodalicama uz upotrebu odgovarajućih alata. Glavno gibanje (kružno) ostvaruje alat stegnut u radno vreteno, dok pomoćna gibanja ostvaruje obradak i/ili alat (ovisno o konstrukciji stroja), a ona mogu biti translacijska (klasične glodalice) i rotacijska (okretni stolovi). Zbog toga je obrada glodanjem složenija i zahtjevnija od obrade tokarenjem. Kvaliteta obrađene površine koja se postiže u normalnim uvjetima je Ra0,8 [5].

2.2. CNC glodalice

Glodalica je stroj koji se koristi glodalom kao osnovnim alatom, te ima mogućnost neprekinutog rezanja, pri istovremenom kretanju alata duž najmanje dvije osi. Glodalice možemo razvrstati u tri skupine:

- prema broju osi glavnog vretena: s tri, s četiri, više osi,
- prema smjeru osi: vertikalna i horizontalna,
- prema načinu izmjene alata: ručno i automatsko.



Slika 4. Moderna CNC glodalica (obradni centar DMU 65) [6]

Glodalice imaju tri osnovne osi koje su uobičajeno označene sa X, Y i Z, a one postaju fleksibilnije kada imaju četvrtu os, petu i više. U upotrebi su također izrazi 2.5-osni strojevi ili 3.5-osni stroj. Ti se izrazi odnose na strojeve na kojima istovremeno gibanje glodala u smjeru svih osi ima određena ograničenja. Npr. četiri-osni stroj s osnovnim osima X, Y i Z ima zakretnu glavu za pozicioniranje B-osi. Glava se može pozicionirati pod određenim kutevima, ali se ne može istovremeno zakretati kada se vrši gibanje po osnovnim osima. Takav stroj se naziva 3.5 -osni stroj tj. 4-osni stroj sa pozicioniranjem [5].



Slika 5. Obradni centar Matec – 30 HV sa zakretnom glavom [7]

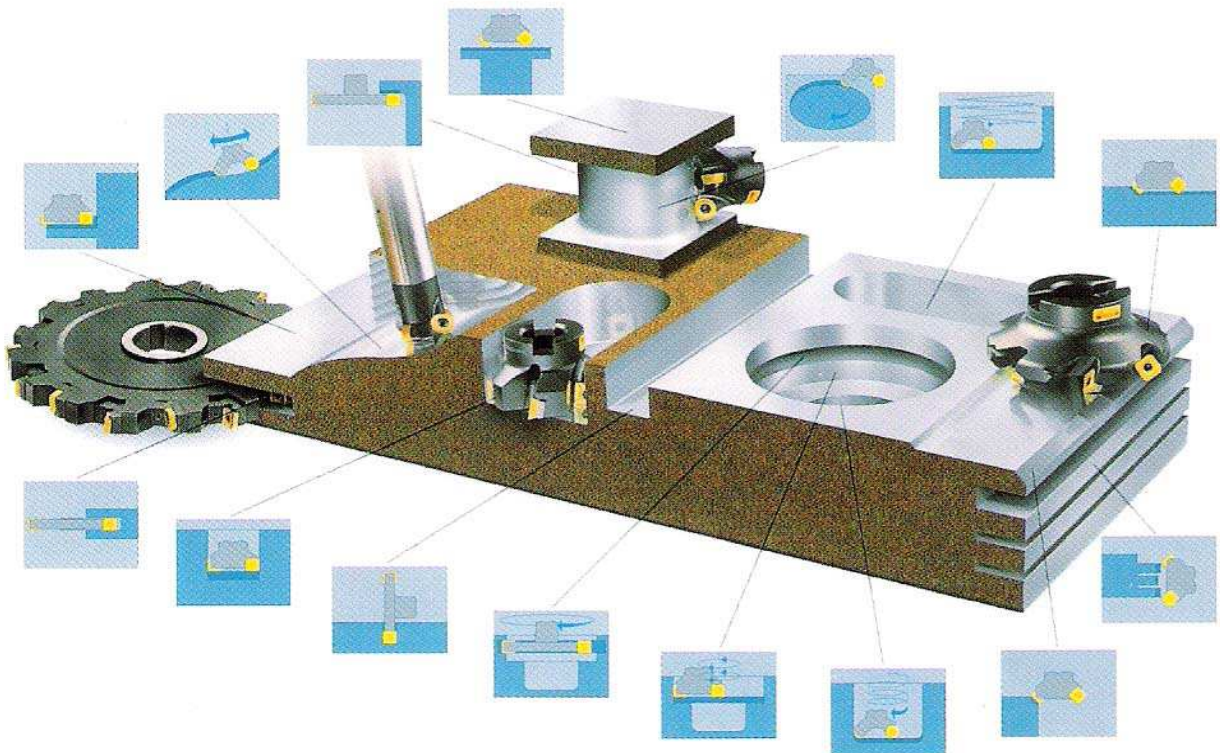
2.3. Alati za rad na glodalici

Alat za glodanje je glodalo definirane geometrije reznog dijela, s više glavnih reznih oštrica koje se nalaze na zubima glodala i mogu biti smještene ili na obodnoj (rjeđe) ili na obodnoj i čeonj plohi glodala.

Postoji više kriterija podjele glodala, a najčešće se dijele po obliku i namjeni [5]:

- valjkasta,
- čeona,
- vretenasta,
- s ravnom ili loptastom čelnom plohom,
- pločasta s pravokutnim ili profilnim poprečnim presjekom,
- pilasta glodala,
- odvalna glodala,
- glodala posebnih oblika.

Rezni dio glodala izrađuje se od materijala znatno veće tvrdoće od obrađivanog materijala, a najčešće se koriste brzorezni čelici, tvrdi metali, cernet, keramika, te kubni nitrid bora. Od brzoreznog čelika izrađuje se cijelo glodalo. Na slici 6. vidimo različite oblike glodala [8].



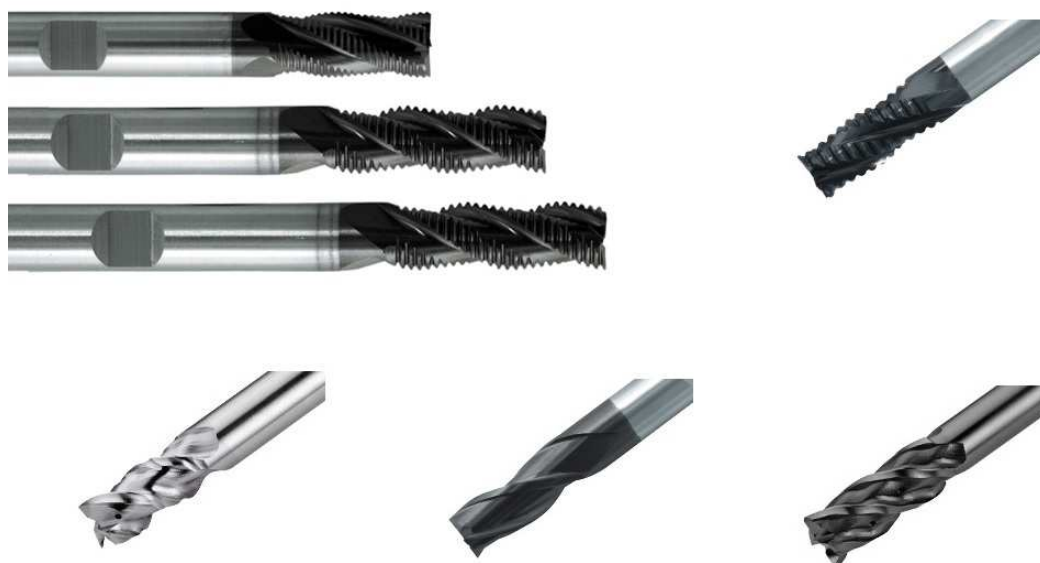
Slika 6. Razni oblici glodala [8]

2.3.1 Glodala : Tvrdometalna glodala

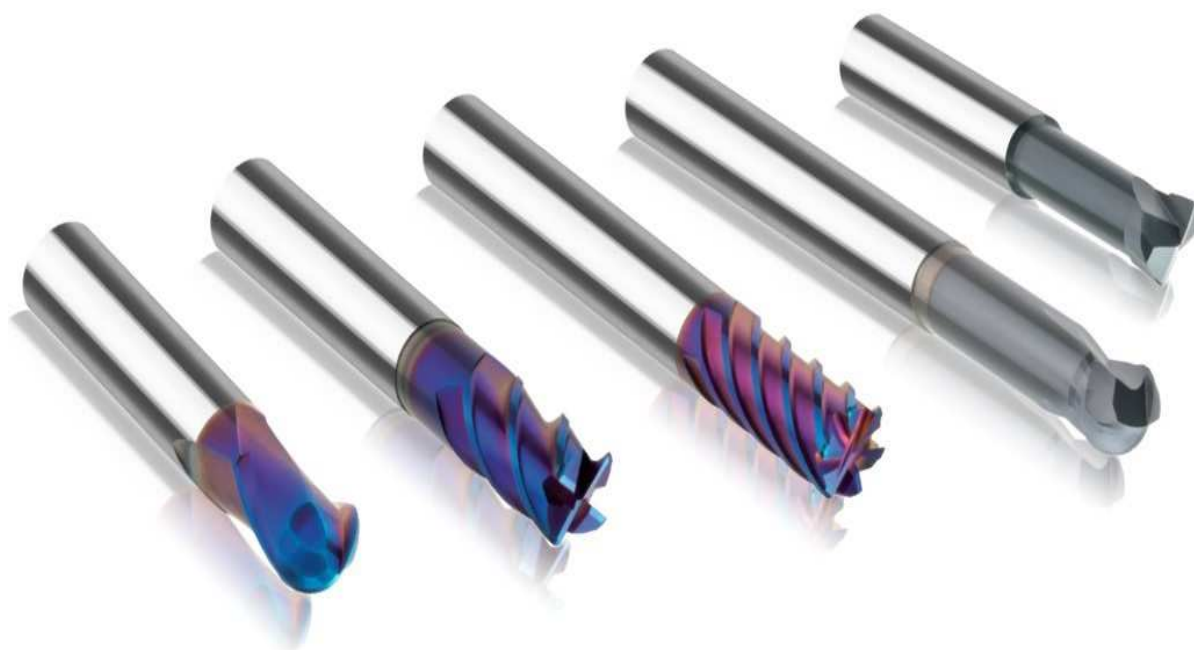
Tedencija je da se u zadnje vrijeme najčešće rabe glodala izrađena iz tvrdih metala. Tvrdi metal (VHM) trgovački naziv VIDIA je umjetna masa koja se dobiva sinteriziranjem iz fino mljevenih prahova. Korišteni prahovi (npr. volfram-karbid) su već sami po sebi tvrdi, postupak sinteriziranja ništa ne mijenja, samo se upreša potreban oblik glodala. Tvrdi metali imaju veliku tvrdoću i otporni su na trošenje, no osjetljivi na vibraciji i udarce. Tako je za korištenje takvih HM-glodala bitan stabilan CNC-stroj, po mogućnosti velike mase kao i obradna glava sa preciznim rotorom bez vibracija i kvalitetnim steznim čahurama. Obradivani materijal je potrebno čvrsto stegnuti za radnu površinu CNC-stroja da ne proizvodi vibracije [9].

2.3.2 Glodala : HSS

Glodala iz HSS-čelika (engl. „High Speed Steel“ - čelika za obradu pri velikim brzinama) se primjenjuju prije svega kod CNC-obrada gdje je tvrdi metal preosjetljiv npr. obrada lima iz nehrđajućeg čelika, CNC-strojevi podložni vibracijama ili kod obrade poluproizvoda koji ne mogu biti dovoljno čvrsto fiksirani. HSS glodala se brže troše no zbog svoje žilavosti manja im je opasnost od loma tijekom obrade. Vijek trajanja HSS-glodala se može značajno produljiti korištenje raznih prevlaka. Npr. korištenjem sloja Titan-Nitrida moguće je produljiti vijek trajanja standardnog HSS-glodala za 6 puta. Titan-Nitrid je značajno tvrdi od HSS kao i od HM materijala. Korištenje prevlaka omogućuje značajno povećanje brzine obrade, skraćujući tako vrijeme obrade jednog komada i povećavajući produktivnost stroja. Kod obrade aluminija prevlaka od Titan-Nitrida sprječava također da se strugotina zapeče na površini glodala. Utjecaj se može usporediti sa utjecajem sloja teflona na površini tave [10].



Slika 7. Primjer HSS glodala za grubu i finu obradu [11]



Slika 8. Primjer tvrdometalnih glodala [11]

2.4. Stezanje alata

Za CNC strojeve izvedbe držača su standardizirane, a primjenjuju se najčešće slijedeće izvedbe:

- CAT;
- BT;
- SK;
- HSK.

CAT je najstarija izvedba držača, nastala u SAD-u. Poboľšanje joj je BT izvedba. Obje izvedbe imaju držač s konusom 7:24. U europski se razvila SK izvedba, a zbog potreba visokobrzinske obrade razvijena je u Njemačkoj HSK izvedba koja ima konus 1:10.

Na našem području najviše se primjenjuje SK i HSK izvedba [5].



Slika 9. HSK prihvat i SK prihvat [11]

2.5. Izbor režima obrade

Pod izborom režima obrade podrazumijevamo izbor slijedećih parametara [5]:

- brzina rezanja v_c (m/min)
- posmak f_z (mm/okr)
- dubine rezanja a_p (mm)

2.5.1. Brzina rezanja

Odabire se na osnovi:

- vrste materijala obradka,
- vrste materijala reznog alata,
- tipa operacije i vrste obrade,
- načina hlađenja.

Brzina vrtnje glavnog vretena se računa na osnovi odabrane brzine rezanja:

$$n = \frac{v_c}{\pi * d} \text{ (s}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

gdje je:

v_c - odabrana brzina rezanja (m/s)

d - promjer alata kod glodanja ili promjer izratka kod tokarenja (mm) [5].

2.5.2. Brzina posmaka

Jedan od glavnih čimbenika strojne obrade je vrijeme izrade. Što duže traje izrada, to je predmet skuplji. Vrijeme izrade obrnuto je proporcionalno brzini posmaka. Što je manji posmak, to će vrijeme izrade biti veće. Naravno postoje i ostali čimbenici, ali brzina posmaka je najvažniji čimbenik kod konačnog vremena izrade obradka [5].

Optimalna brzina posmaka je ona koja maksimizira količinu odrezanog materijala, a da pri tome ne nastane lom alata. Premala brzina posmaka je neekonomična, a može dovesti do loma alata.

Iznos posmaka po oštrici alata se odabire ovisno o [5]:

- vrsti materijala,
- vrsti alata i njegovoj geometriji,
- vrsti obrade,
- brzini vrtnje vretena,
- načinu hlađenja.

Pri tome je potrebno uvažiti slijedeće čimbenike i ograničenja:

- karakteristike stroja,
- tehničko-ekonomske čimbenike,
- kvaliteta površinske obrade,
- cijena obrade.

Posmak se odabire iz tablice proizvođača alata te se na osnovi odabira računa brzina posmaka alata. Jedan od mogućih modela za proračun brzine posmaka je [12]:

$$v_f = n * f_z * z \text{ [mm/min]} \quad (2)$$

gdje je:

- v_f - brzina posmaka (mm/min),
- n - brzina vrtnje (min^{-1}),
- f_z - posmak po oštrici u mm za jedan okretaj vretena ,
- z - broj oštrica alata [5].

Na slici 10. vidimo formule za proračun brzine okretaja, posmaka, posmaka po oštrici koji se nalaze u katalogu proizvođača [12].



Cutting formulas Zerspanungsformeln

Cutting speed / Schnittgeschwindigkeit

$$V_c = \frac{D_c \times \pi \times n}{1000} \text{ in m/min}$$

- V_c** Cutting speed [m/min] / Schnittgeschwindigkeit [m/min]
- D_c** Cutting diameter [mm] / Durchmesser Schneide [mm]
- n** Revolutions per minute / Umdrehungen pro Minute
- π** Pi / Pi

Revolutions per minute / Umdrehungen

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D_c \times \pi} \text{ in r.p.m.}$$

- V_c** Cutting speed [m/min] / Schnittgeschwindigkeit [m/min]
- D_c** Cutting diameter [mm] / Durchmesser Schneide [mm]
- n** Revolutions per minute / Umdrehungen pro Minute
- π** Pi / Pi

Table feed rate / Tischvorschub

$$V_f = f_z \times z \times n \text{ in mm/min}$$

- V_f** Table feed [mm/min] / Tischvorschub [mm/min]
- f_z** Feed per tooth [mm] / Vorschub pro Zahn [mm]
- z** Number of teeth / Schneiden
- n** Revolutions per minute / Umdrehungen pro Minute

Feed per tooth / Vorschub pro Zahn

$$f_z = \frac{V_f}{z \times n} \text{ in mm}$$

- f_z** Feed per tooth [mm] / Vorschub pro Zahn [mm]
- V_f** Table feed [mm/min] / Tischvorschub [mm/min]
- z** Number of teeth / Schneiden
- n** Revolutions per minute / Umdrehungen pro Minute

Slika 10. Formule za proračun režima obrade [12]

Da bi režimi za pojedini alat bili točni proizvođač u kataloge stavlja i druge podatke koji su bitni za proračun režima obrade. Slika 11. pokazuje tablicu za određeni alat i njegovu brzinu rezanja v_c za određeni materijal.

3 flute rougher; 25° helix; SCT norm; long length; uncoated

Schrupfräser 3 Schneiden; 25° Drallwinkel; SCT Norm; lange Ausführung; unbeschichtet

Workpiece material groups and cutting speed / Werkstoffgruppen und Schnittgeschwindigkeiten

Material Material	Tensile strength Zugfestigkeit Rm [N/mm ²]	Hardness Härte [HB/HRC]	Cutting speed Vc [m/min] Schnittgeschwindigkeiten		
			min	opt	max
P Plain carbon steel / Unlegierter Stahl Alloy Steel / Legierter Stahl High alloy steel and tool steel / Hochlegierter Stahl und Werkzeugstahl	< 600	< 230	-	-	-
	< 1200	< 350	-	-	-
	< 1400	< 380	-	-	-
M Aust. and Ferr. Stainless steel / Aust. und Ferr. rostfreie Stähle Mart. Stainless steel / Mart. rostfreie Stähle	< 680	< 220	-	-	-
	< 820	< 240	-	-	-
K Grey cast iron / Grauguß Ductile cast iron / Sphäroguß	-	< 280	-	-	-
	-	< 320	-	-	-
N Non-ferrous alloys / Nichteisenmetalle Aluminium alloys / Aluminiumlegierungen	< 250	< 110	120	160	350
	< 530	< 130	150	220	300
S High temperature alloys Fe, Ni and Co based / Warmfeste Leg. Fe, Ni und Co Titanium alloys; Alpha and Beta / Titan Legierungen Alpha und Beta	< 3300	< 350	-	-	-
	< 2100	< 400	-	-	-
H Hardened steel / Gehärtete Stähle Hardened steel / Gehärtete Stähle Hardened steel / Gehärtete Stähle	-	< 54 HRC	-	-	-
	-	52-60 HRC	-	-	-
	-	> 58 HRC	-	-	-
G Graphite / Graphit	-	-	-	-	-

Slika 11. Tablica proizvođača sa brzinom rezanja Vc za pojedini materijal [12]

Tvrtka Rovigo d.o.o obrađuje samo aluminijske legure te oni kupuju alate za aluminijske legure pa je tako vidljivo na slici 11. da brzina rezanja nije ponuđena za nijedan drugi materijal.

Dakle, tehnolog će izabrati alat npr. glodalo za grubu obradu (kao na slici 11.) i izračunati režime za taj alat, te ih proslijediti operateru. To će napraviti tako da će izabrati optimalnu brzinu rezanja iz tablice (slika 11.), $V_c = 220$ [m/min] i to unesti u formulu za broj okretaja n (slika 10.) i dobiti točan broj okretaja. Koristeći druge formule dobiti će druge režime koji su bitni za obradu.

2.6. Programiranje CNC stroja

Programiranje je postupak pisanja programa prema unaprijed definiranoj tehnologiji, a može se obaviti ručno ili pomoću računala.

Ručno programiranje podrazumijeva ispisivanje programa od strane tehnologa ručno tj. piše se svaki redak programa prema definiranoj tehnologiji.

Programiranje pomoću računala podrazumijeva automatsko programiranje samog računala na osnovi izabranih parametara programera kao što su dimenzije sirovca, putanja alata, izbor alata, režima rada itd. u posebnim programskim alatima kao što su *SolidCam* koji je korišten u ovom radu.

Programiranje podrazumijeva izradu sljedeće dokumentacije:

- **operacijski list**- sadrži redoslijed operacija radnog predmeta sa potrebnim režimima rada i vremenima izrade,
- **plan alata za radni predmet**-sadrži popis svih korištenih alata za obradu prema redoslijedu korištenja, potrebne mjere, standarde, režime i korekcije,
- **plan stezanja**- obuhvaća osnovne gabarite radnog prostora, položaj radnog predmeta na stroju, točke oslanjanja predmeta i mjesto stezanja te položaj nulte točke,
- **plan rezanja**- je glavni dokument za ispis programa na kojem su vidljive putanje kretanja alata za svaku operaciju. Prati se put kretanja vrha alata od početka do kraja obrade,
- **ispis programa**- ili kraće PROGRAM je zadnji i najvažniji dokument po kojem se unose naredbe za upravljanje strojem [2].

2.6.1. Operacijski list

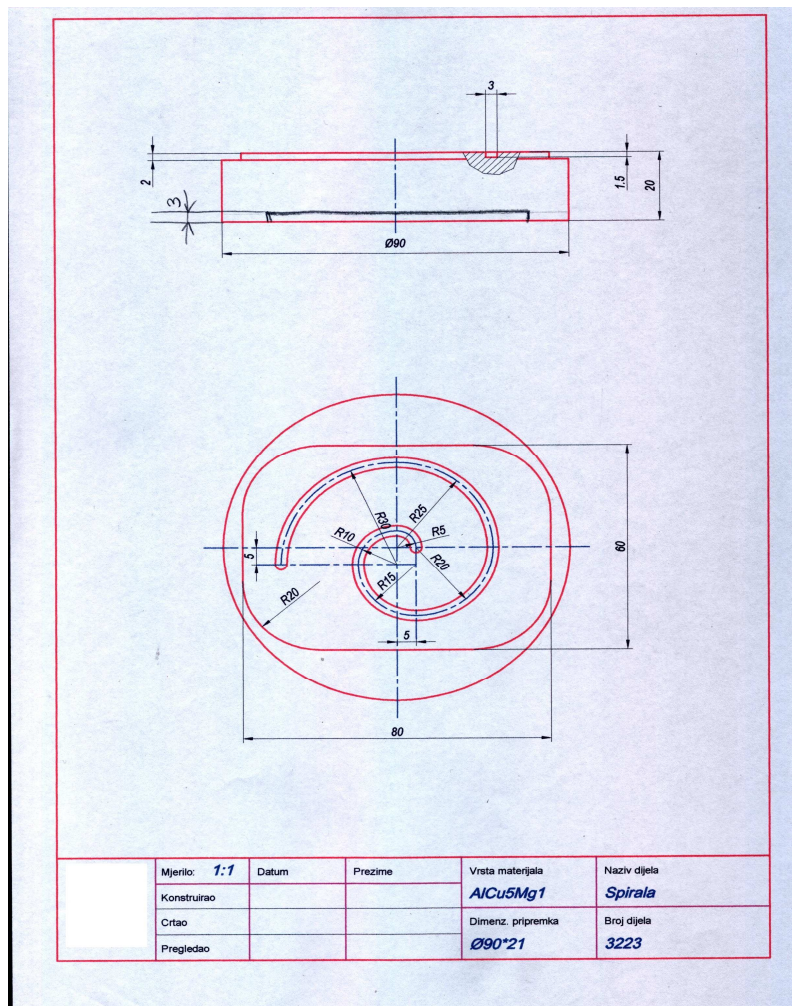
To je dokument koji definira:

- redoslijed svih operacija i zahvata s obzirom na zahtjeve na crtežu (geometrijske tolerancije, linearne tolerancije, hrapavost, toplinska obrada),
- potrebne stezne, rezne i mjerne alate za pojedinu operaciju izrade,
- režim obrade (dubinu, brzinu posmaka, brzinu rezanja),
- pripremno-završno, pomoćno-glavno vrijeme obrade.

Pri izrade operacijskog lista treba utvrditi:


- ponavljaju li se neki elementi; ako se ponavljaju, mogu se napisati u obliku potprograma,
- da li su pojedini elementi već riješeni na postojećim crtežima pa se mogu primijeniti,
- da li je neophodno ili pogodno rabiti zrcaljenje, rotiranje ili skaliranje [5].

Analizirajući crtež na slici 12. može se zaključiti da nisu postavljeni strogi zahtjevi u pogledu kvalitete površinske obrade i tolerancija, pa je obradak moguće izraditi jednostavnim operacijama glodanja. Prva operacija će svakako biti poravnavanje površine. Druga operacija će biti izrada otoka. Dok će zadnja operacija biti izrada utora.



Slika 12. Skica željenog obratka

Tablica 1. Obrazac - Operacijski list

	OPERACIJSKI LIST	Naziv dijela:	Vrsta materijala:			Pripremak:		Izradio:		Datum:	
		Broj dijela:	Masa [kg]:			Dimenzije orijemka:		Pregledao:		List:	
Operacija	Naziv operacije, opis zahvata	Stega, uređaj, rezni i mjerni alat	v	n	n_A	s	s'	a	i	t_{pz}	t_z
Zahvat			[m/min]	[min ⁻²]	[min ⁻²]	[mm/okr]	[mm/okr]	[mm]			

2.6.2. Plan alata

Plan alata je dokument koji omogućuje operateru na stroju da izvede prednamještanje alata te obradu točno određenim alatima kako je predviđeno u programu. Sadržava slijedeće podatke:

- naziv, tip i oznaku alata,
- vrstu i oznaku držača alata,
- dimenzija alata,
- broj mjesta gdje se smješta alat u magazinu alata,
- broj, značenje i način određivanja pojedine korekcije alata,
- za operacije obrade koje se dugo izvršavaju treba osigurati informaciju o trajanju alata te o načinu zamjene alata.


Pri odabiru alata, tehnolog treba voditi računa o:

- cijeni alata,
- vrsti i tvrdoći materijala koji se obrađuje,
- stanju materijala,

- površinskoj hrapavosti izradka,
- dimenzija alata s obzirom na dimenzije tolerancije izmjera koje treba ostvariti obradom,
- vrsti i obliku alata s obzirom na geometrijski oblik obrađivane površine [5].

U tablici 2 ispod vidimo obrazac za plan alata.

Tablica 2. Obrazac - Plan alata

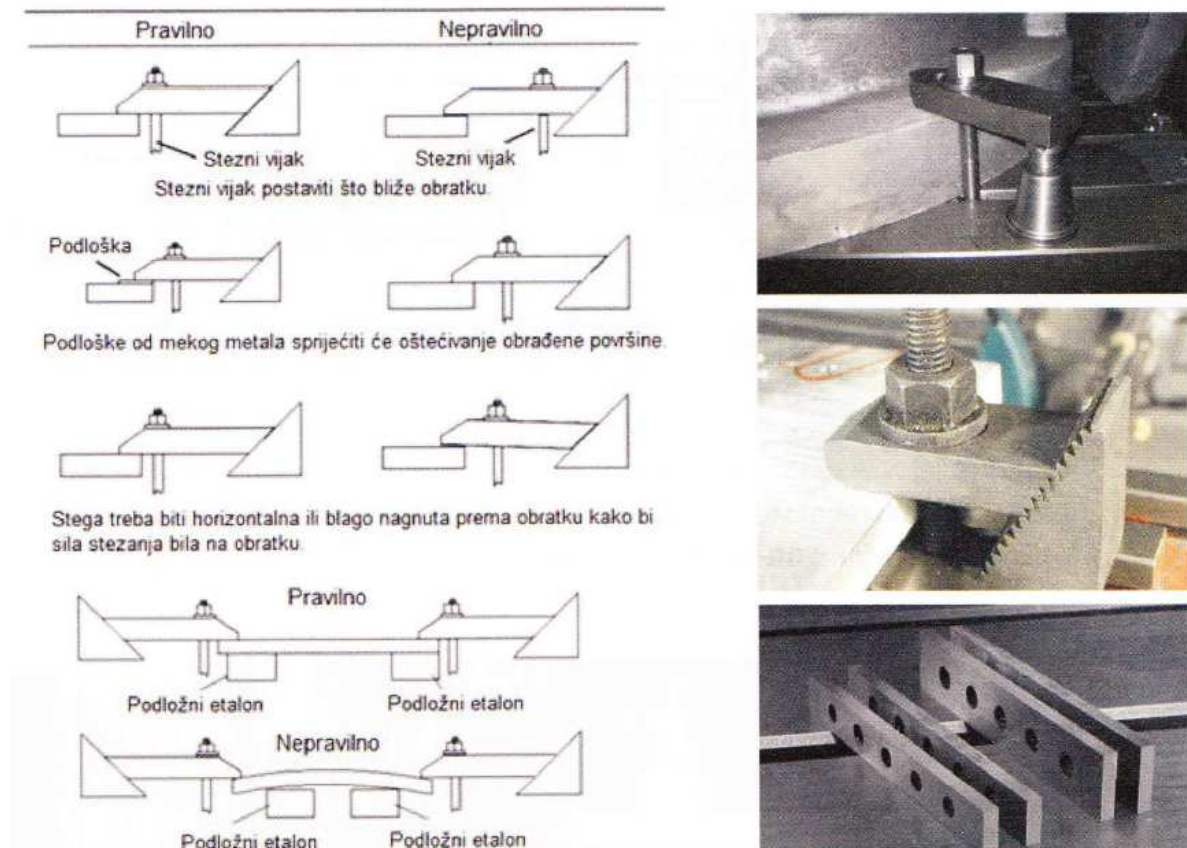
	PLAN ALATA	Naziv pozicije:	Vrsta materijala:		Izradio:		Datum:	
		Broj pozicije:	Način prednamještanja:		Pregledao:		List:	
Redni broj	Naziv alata, skica	Oštrica	Pribor	Držać alata	Mjerenje alata			
Korekcija					Izmjerena dužina	Dužina 0. alata	Izmjerena dužina minus dužina 0. alata	Promjer Polumjer

2.6.3. Plan stezanja

Pri obradi odvajanjem čestica, na obradak djeluju sile rezanja čiji iznos i smjer ovisi o vrsti operacije, režimu obrade i materijalu obradka. U nekim slučajevima te sile mogu imati značajne iznose pa ja obradak potrebno sigurno učvrstiti na radnom stolu. Stezanje može biti [13]:

- mehaničko,
- hidrauličko,
- pneumatsko,
- elektromagnetsko.

Neke vrste stezanja vidimo na slici 13. [13]:



Slika 13. Različiti načini stezanja obratka na stolu [13]

Pri izradi plana stezanja treba se pridržavati slijedećih načela [5]:

- stezanje treba izvesti tako da se obradku onemoguće pomaci u bilo kojoj od tri dimenzije,
- omogućavanje slobodnog prilaza alata obrađivanim površinama kako se ne bi sudarali alat i stega,
- omogućavanje slobodnog odvođenja strugotine od obradka,
- stezanje i otpuštanje treba biti što jednostavnije,
- obradak treba orijentirati tako da se obavi što više operacija obrade u jednom stezanju (svako stezanje unosi određenu netočnost obrade),
- sile stezanja trebaju biti dovoljne da drže sigurno obradak, a da pri tome ne oštećuju površinu obradka.

Kod manjih strojeva ili kod manjih obradaka najčešći način pozicioniranja i stezanja obradka je u steznom škripcu. Škripac se postavlja na radni stol pomoću vijaka koji se stavljaju u T-utore. Pri postavljanju škripca na radni stol, njegovo poravnavanje paralelno sa koordinatnom osi stroja vrši se pomoću komparatora ili sličnog uređaja [5].

Na slici 14. prikazani su različiti oblici škripaca stegnutih na radni stol glodalice.

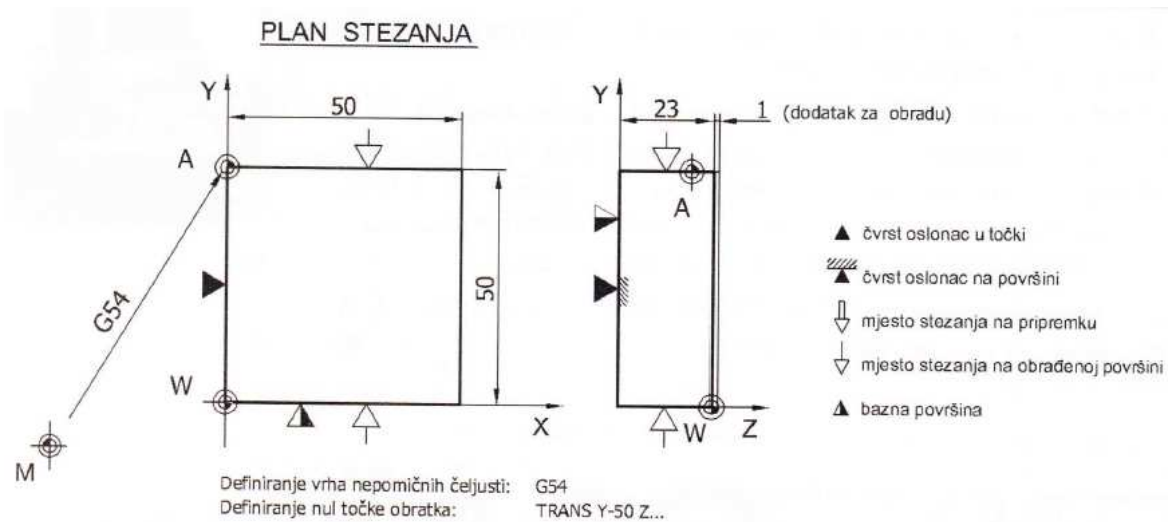


Slika 14. Strojni škripci [5]

Također na slici 15. prikazano je pravilno i nepravilno stezanje obradka u škripce. Naime, jako je važno pravilno stegnuti materijal u škripac jer kod obrade kako je i ranije navedeno na materijal djeluju određene sile te prilikom obrade može doći do izlijetanja obradka iz škripca, a to naravno može dovesti do oštećenja alata i obradka, a u najgorim slučajevima i do povreda operatera na stroju.



Slika 15. Pravilno i nepravilno stezanje obradka u škripac [5]



Slika 16. Plan stezanja sa simbolima [5]

2.6.4. Plan rezanja

Plan rezanja je dokument koji određuje [5]:

- putanju i smjer kretanja alata u odnosu na pripremak,
- mjesto uključivanja i isključivanja korekcije radijusa alata,
- tablicu s koordinatama karakterističnih točaka programirane putanje alata,
- točku izmjene alata, izmjenu obradka,
- način prilaženja konturi,
- način odmicanja od konture.

Prilikom izrade plana rezanja treba razmotriti [5]:

- potrebu povrata alata zbog rekaliibracije,
- uključivanje i isključivanje rashladnog sredstva.

2.7. Programiranje i gibanje alata

2.7.1. Gibanje u brzom hodu

Pri gibanju u brzom hodu, alat se giba kroz zrak i nije u kontaktu s obradkom. Takvo gibanje izvodi se vrlo velikom brzinom, a primjenjuje se pri gibanju alata [5]:

- iz početne točke obrade prema obradku,
- od obradka prema točki izmjene alata,
- pri pozicioniranju za izvršenje pojedinih operacija obrade,

- u točku izmjene obradka.

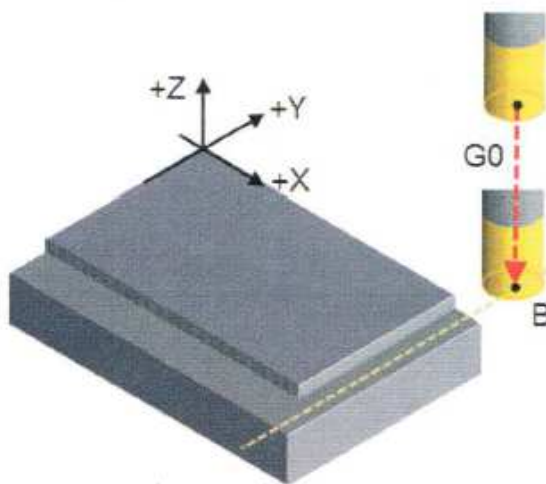
Zbog velikih brzina gibanja alata kod gibanja u praznom hodu treba biti oprezan pri programiranju jer svaki sudar alata i obradka ili stege osim loma alata, oštećenja obradka i stege može dovesti do ozljede operatera.

Funkcija za programiranje brzog hoda je modalna a oblik programiranja je:

- G0 X...Y...Z-u pravokutnom koordinatnom sustavu,
- G0 AP...RP-u polarnom koordinatnom sustavu.

gdje su:

- X, Y i Z koordinate točke u koju alat treba doći,
- AP polarni kut,
- RP polarni radijus [5].



Slika 17. Pravocrtno gibanje u brzom hodu [5]

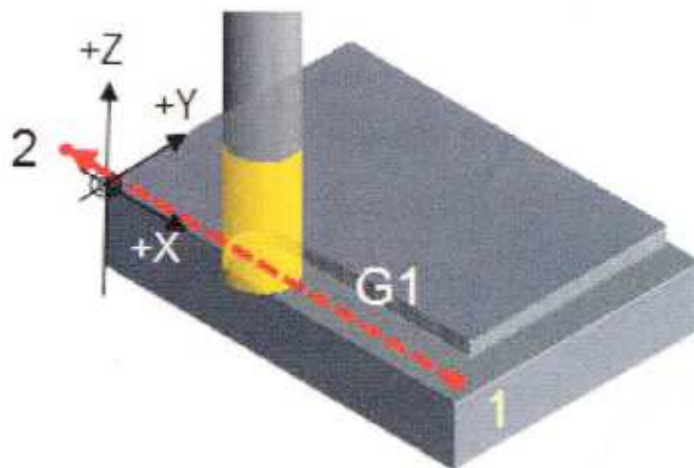
2.7.2. Pravocrtno gibanje u radnom hodu

Koristi se za obradu tj. ulazak alatom u materijal. Alat se giba pravocrtno s brzinom posmaka koja se zadaje prije ili u bloku s funkcijom G1. Funkcija je modalna.

Oblik programiranja:

- G1 X...Y...Z- u pravokutnom koordinatnom sustavu,
- G1 AP...RP- u polarnom sustavu,
- G1 X...Y...Z- sa zadavanjem brzine posmaka.

gdje su X, Y, Z koordinate točke u koju alat treba doći (točka 2) [5].



Slika 18. Pravocrtno gibanje u radnom hodu [5]

2.7.3. Ostale osnovne funkcije

Prethodno su bile opisane najčešće korištene G-funkcije, odnosno G0 i G1, a ovo su još neke od osnovnih G-funkcija:

- G2 - radno kružno kretanje u smjeru kazaljke na satu,
- G3 - radno kružno kretanje obrnuto od kretanja kazaljke na satu,
- G17 - X, Y ravnina,
- G18 - X, Z ravnina,
- G19 - Y, Z ravnina,
- G40 - isključenje kompenzacije radijusa alata,
- G41- lijeva kompenzacija radijusa alata,
- G42 - desna kompenzacija radijusa alata,
- G54 - G57- postavljanje-pomak nul točke,
- G90 - apsolutni mjerni sustav,
- G91 - inkrementalni mjerni sustav,
- G96 - konstantna brzina rezanja,
- G97 - konstantna brzina rezanja isključena.

Naravno postoji još dosta G-funkcija, no ovo su neke od najčešće korištenih.

2.7.4. Pomoćne funkcije

Kao što i glavne funkcije vrše određene radnje pomaka alata, tako i pomoćne M-funkcije imaju svoj zadatak u izvršenju programa. Njihovi zadaci su kao što ime kaže pomoćni i služe za zaustavljanje programa, rotacija alata, zaustavljanje rashladnog sredstva i sl. Ovo su neke od najčešće korištenih pomoćnih funkcija:

- M0 - programski stop/pauza,
- M3 - rotacija vretena u smjeru kazaljke na satu,
- M4 - rotacija vretena suprotno kazaljke na satu,
- M5 - zaustavljanje vretena,
- M6 - izmjena alata,
- M8 - uključenje rashladnog sredstva,
- M9 - isključenje rashladnog sredstva,
- M13- uključenje vrtnje vretena u smjeru kazaljke na satu+uključenje rashladnog sredstva,
- M30 - kraj programa te vraćanje na početak,
- M55 - uključenje rashladnog sredstva pod velikim pritiskom,
- M99 - pozivanje ciklusa.

3. Glodalica Pinnacle LV116

Kao što je ranije i rečeno praktični dio rada će biti odrađen na CNC glodalici Pinnacle LV116 [3]. Stroj je vlasništvo tvrtke Rovigo d.o.o iz Vrbovca.



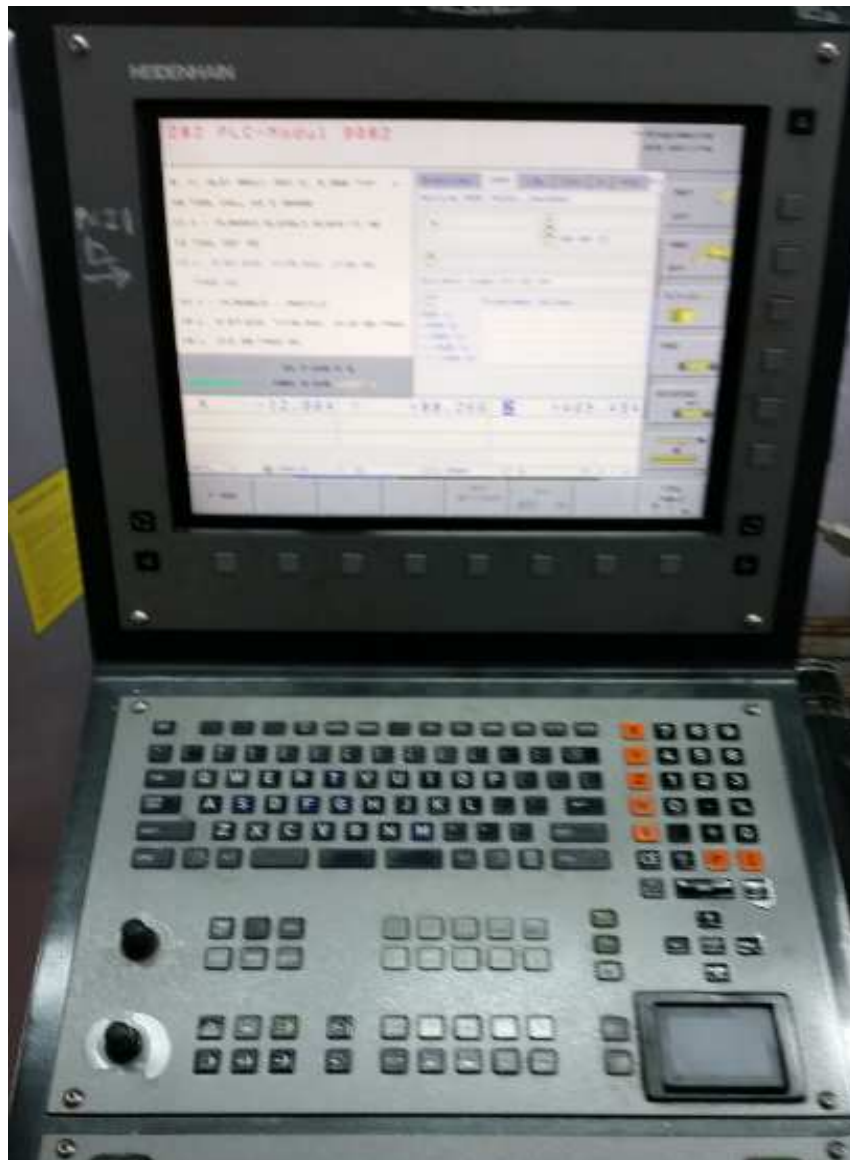
Slika 19. CNC glodalica Pinnacle LV116 (tvrtka Rovigo d.o.o.)

Tablica 3. Tehnički podaci stroja Pinnacle LV 116

Hod X - osi	1140 mm	Maksimalna snaga vretena	20.4 kW
Hod Y - osi	610 mm	Maksimalni broj okretaja	8000 okr/min
Hod Z - osi	510 mm	Držač alata	SK40
Duljina stola	1300 mm	Hlađenje alata	Emulzijom
Širina stola	610 mm	Potrebna količina zraka	6.5 bara
Širina T - utora	16 mm	Vrijeme potrebno za zamjenu alata	3 s
Broj T - utora	5	Upravljanje	Heidenhain iTNC530
Zapremnina rashladne tekućine	300 L	Broj mjesta u magazinu	24

3.1. Upravljačka jedinica stroja

Svaki CNC stroj neovisno o njegovom proizvođaču ima određeno upravljanje koje služi da bi upravljali strojem preko naredbi koje smo unijeli u program. Kao što je prethodno napomenuto ovaj rad će biti programiran na upravljačkoj jedinici Heidenhain iTNC530.












Slika 20. Upravljačko sučelje Heidenhain iTNC 530 [14]









3.1.1. Adresno-numerička upravljačka jedinica

Ta tipkovnica služi za pisanje programa i sastoji se od brojeva, slova i simbola sa različitim funkcija, a sve u svrhu pisanja programa.

Neke od funkcijskih tipki prikazane su na sličicama simbola ispod te se pored svake nalazi i opis istih:

	prilaz konturi / odmicanje od konture
	(free counture) – slobodno programiranje konture
	pravocrtno gibanje
	središte kružnice
	kružnica sa centrom
	kružnica sa radiusom
	kružni luk sa tangencijalnim spojem
	skošenje ruba
	opcija programiranja radiusa

Slika 21. Adresno-numerička tipkovnica

	ručni način rada
	rad pomoću daljinskog upravljača
	smarT.NC tipka – prijelaz u user friendly način programiranja
	izvođenje naredbi trenutno nakon upisivanja
	izvođenje programa blok po blok
	izvođenje cijelog programa
	pisanje programa
	pokretanje simulacije

Slika 22. Tipke strojno-upravljačkih naredbi

	definiranje alata
	pozivanje alata
	definiranje ciklusa
	definiranje potprograma
	stop tipka za prekid programa
	definiranje Touch probe ciklusa
	pozivanje ciklusa
	pozivanje potprograma

Slika 23. Programske tipke

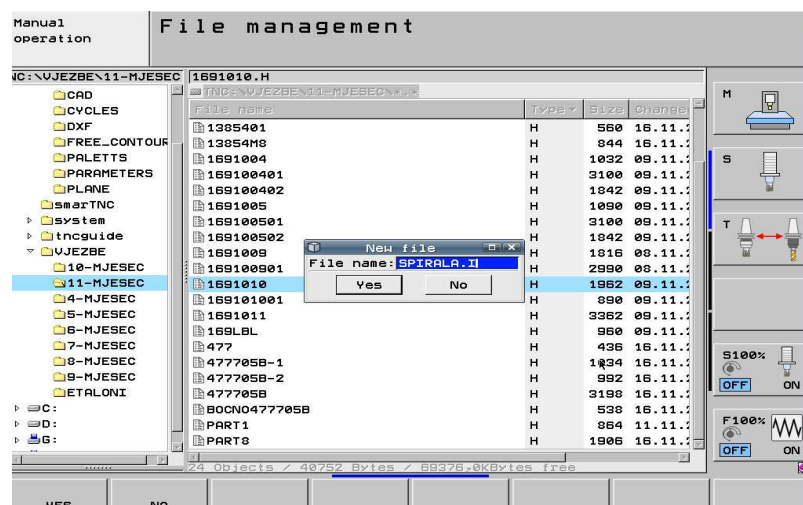
3.2.2. Programsko okruženje i način rada

Kao što je ranije napomenuto Heidenhain iTNC530 je jedno od upravljanja novije generacije koje po svim svojim karakteristikama vrlo pristupačno korisniku bio on početnik ili iskusniji programer vrlo će se brzo snaći u ovom okruženju.



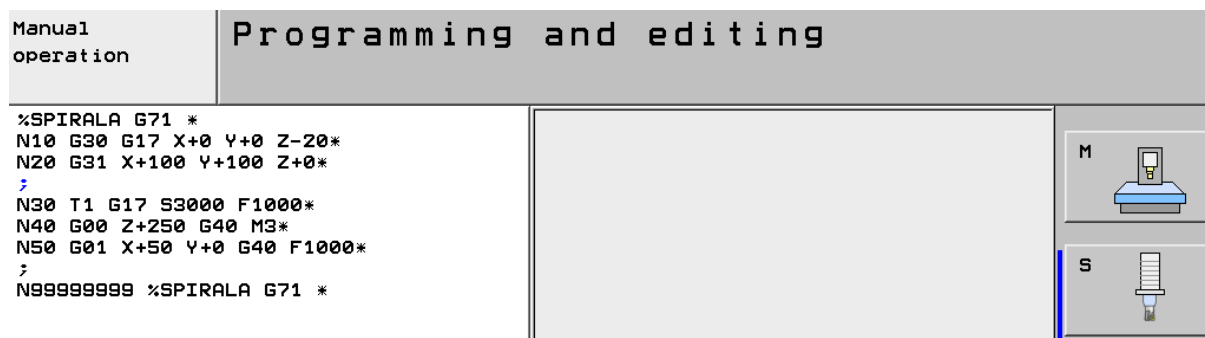
Slika 24. Upravljanje Heidenhain iTNC530 (početni zaslon) [15]

Upravljanje nudi tri vrste programiranja – G-kodom, Heidenhain Conversation jezik te smarT.NC način programiranja. Na korisniku je samo da kod zadavanja imena programu odabere na koji će način pisati program npr. ako bi željeli program iz ovoga rada tj. spiralu pisati G-kodom onda će naš program imati naziv SPIRALA.I (nastavak I znači ISO programing odnosno programiranje G-kodom). Vidimo to na slici 25.



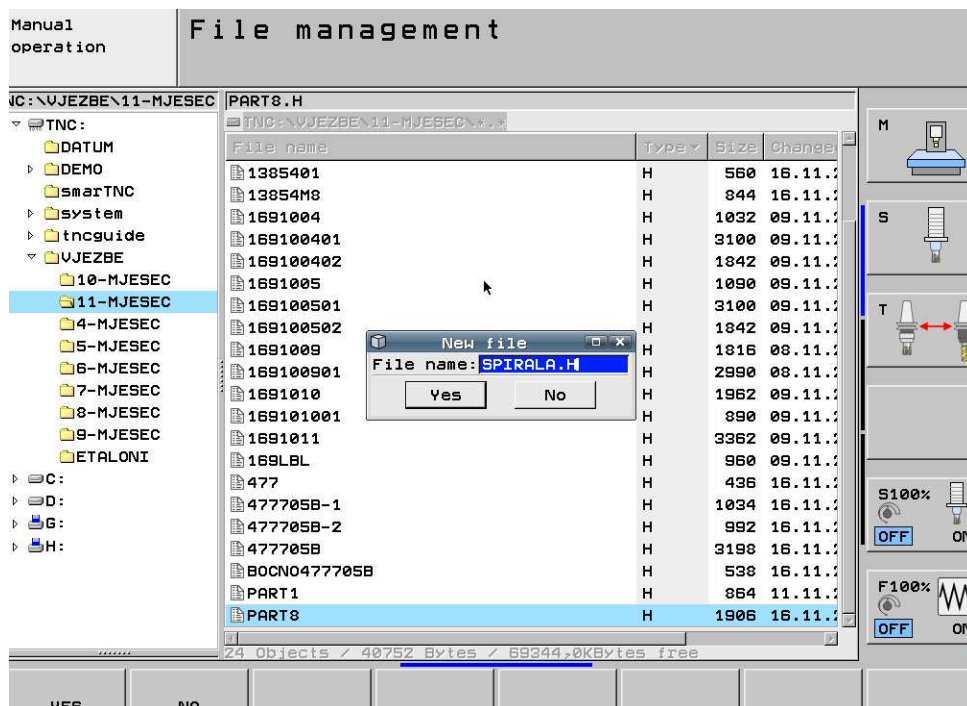
Slika 25. Snimanje programa za programiranje u G-kodu

Na slici 26. vidi se otvaranje prozora u kojem se programira klasičnim načinom u G – kodu.

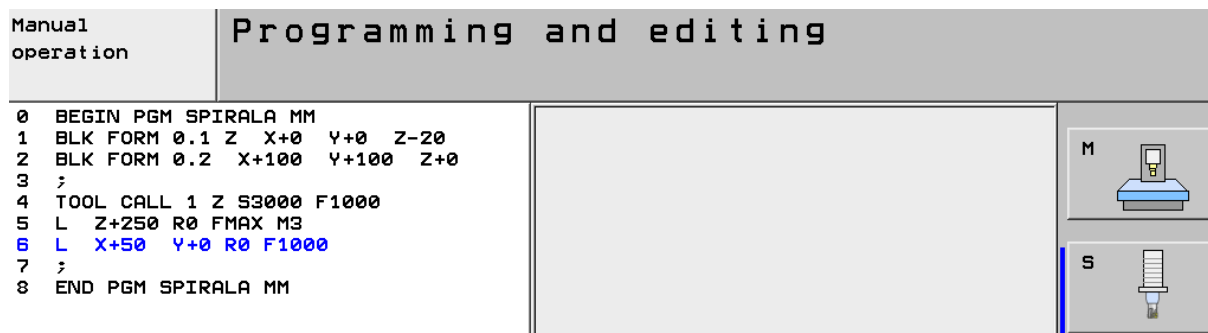


Slika 26. Pisanje programa G-kodom na upravljačkoj jedinici Heidenhain iTNC530 [15]

Isto tako izabere li se drugi nastavak nakon imena tj. SPIRALA.H programirati će se u Heidenhain Conversation načinu programiranja i to je najjednostavniji način programiranja izuzetno pojednostavljen i prilagođen korisniku. To znači da su sve G funkcije izbačene iz programskih naredbi te programer koristi samo poneke M funkcije. Na slici 27. prikazano je spremanje programa kao *.H datoteku te izgled programa nakon unosa prva dva reda.



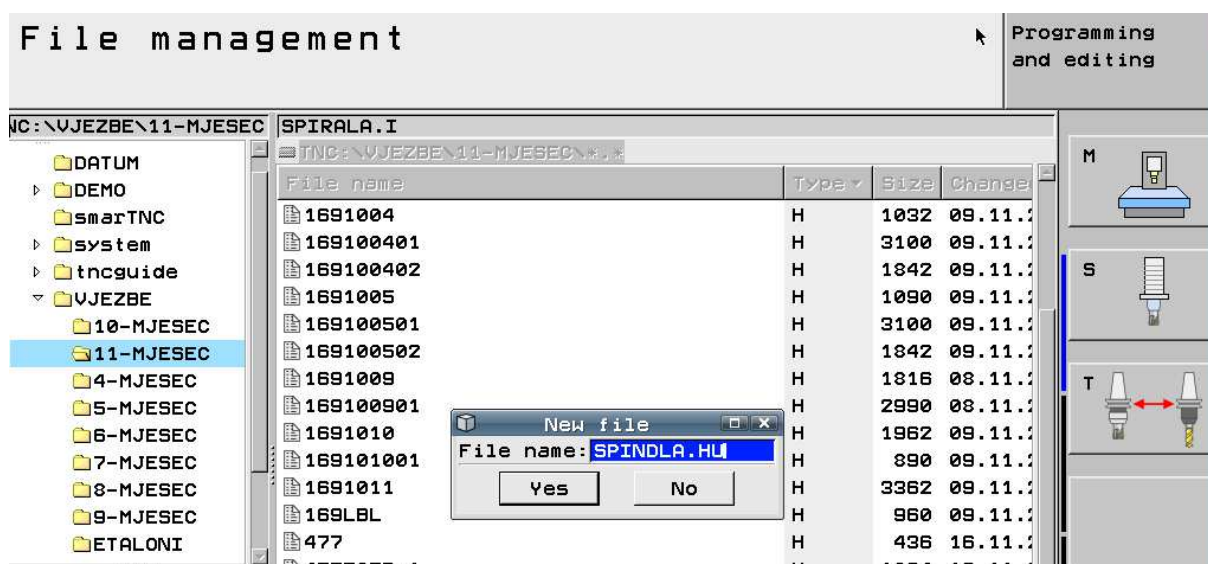
Slika 27. Snimanje programa za programiranje u Heidenhain Conversation modu [15]



Slika 28. Izgled programa pisanog u Heidenhain Conversation modu [15]

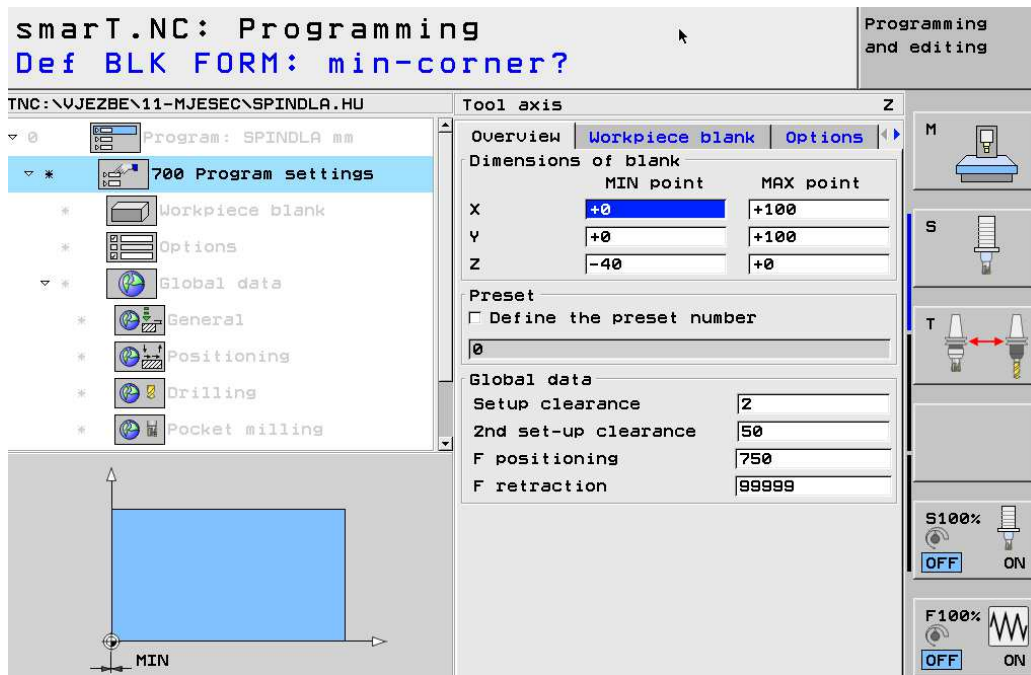
Nakon što se uspoređi izgled programa pisanog G-kodom i pisanog Heidenhain Conversation kodom uočava se koliko je ovaj drugi lakši način te jako pristupačan korisnicima.

Na slici 29. prikazan način programiranja pomoću smarT.NC načina:



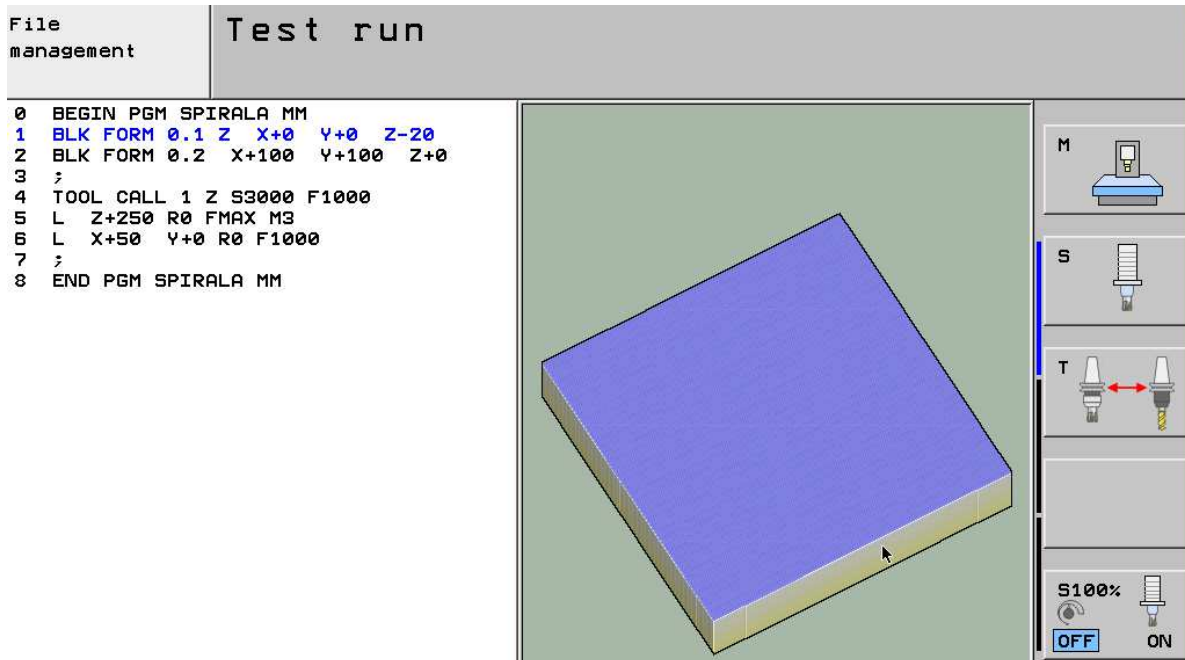
Slika 29. Snimanje programa za programiranje u smarT.NC modu [15]

Nakon snimanja naziva sa nastavkom *.HU otvara se program u kojem se definiraju svi parametri sirovca, režimi obrade, alati itd. kao na slici 30.



Slika 30. Izgled sučelja smarT.NC moda [15]

Također može se vidjeti i simulacija programa nakon što ga se napiše.



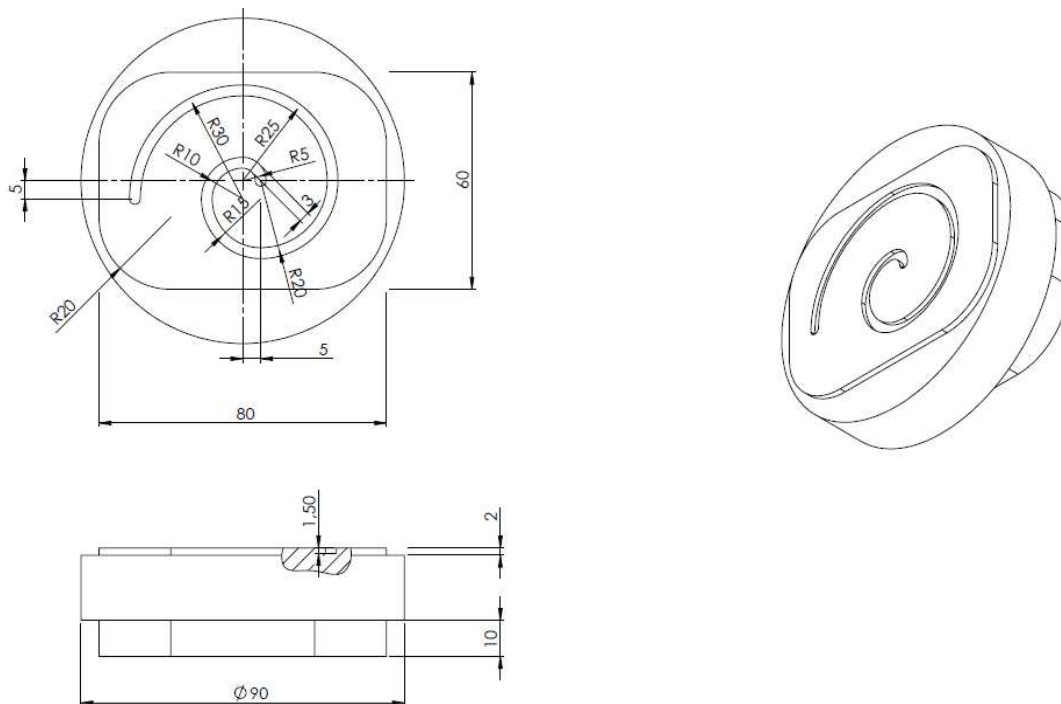
Slika 31. Izgled sučelja za provjeru obrade (Test Run) [15]

Nakon upoznavanja sa strojem i upravljanjem može se prijeći na prvi zadatak.

4. Izrada spirale programiranjem u G-kodu

Ideja je prvog zadatka izraditi spiralu ručno programirajući pomoću G-koda. Potrebno je izraditi cjelokupni proces od sastavnice, tehnologije obrade, izbora alata, do konačnog obradka. Cijeli zadatak će biti odrađen na CNC glodalici Pinnacle LV116 [3] koja je upravljana pomoću upravljana Heidenhain iTNC530 [16].

Gotovi obradak treba zadovoljavati dimenzije kao na crtežu:



Slika 32. 2D radionički nacrt i izometrijski prikaz obradka – „Spirale“

4.1. Priprema i programiranje

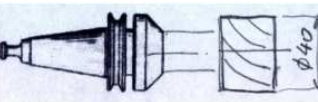
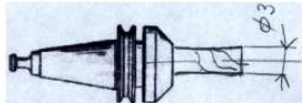
U odlomku 2.6 je rečeno da svako programiranje podrazumijeva i izradu sve dokumentacije da bi se operater mogao snaći te izraditi zadani posao. Na slikama koje slijede ispod vidi se kako izgleda primjer pisanja jednog programa za izradu spirale. Najprije se piše operacijski list i u njega se unose sve operacije i alati koje će se izvoditi točnim redoslijedom.

Tablica 4. Obrazac - Operacijski list popunjen podacima za obradu „Spirale“

Operacija	Naziv operacije, opis zahvata	Stega, uređaj, rezni i mjerni alat	Vrsta materijala:			Pripremak:		Izradio:		Datum:	
			v [m/min]	n [min ⁻²]	n_s [min ⁻²]	s [mm/okr]	s' [mm/okr]	a [mm]	i	t_{pr}	t_z
Zahvat	GLODANJE										
10	Pripremiti stroj										
20	Stegnuti predmet	Strojni škripac									
30	Glodati čeono na 20mm	Čeono glodalo D=40			1400		120	1	1		
40	Glodati stepenicu 80 x 60 x 2	Čeono glodalo D=40			1400		80	2	1		
50	Glodati spiralu prema crtežu	Utorno glodalo D=3			2500		40	1,5	1		
60	Otpustiti predmet										


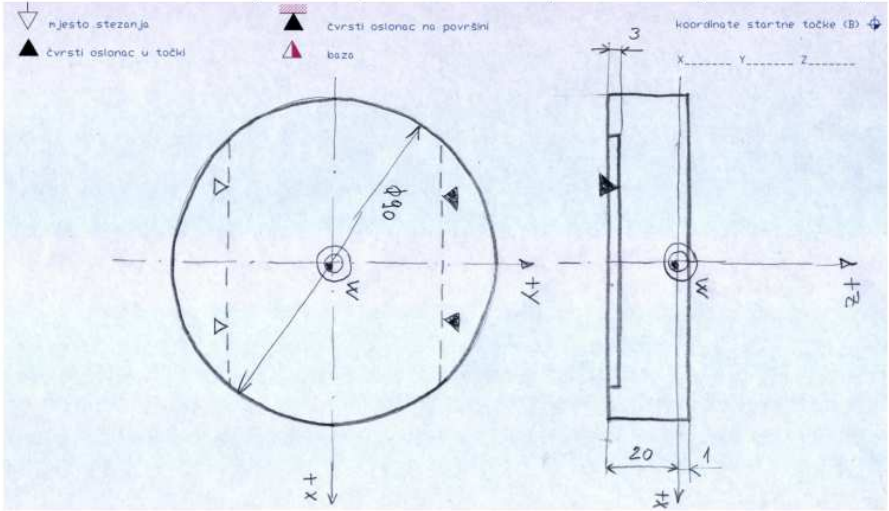
Nakon toga se radi plan alata. U njega se unose nazivi alata koji se koriste te njihove skice, redni brojevi u stroju te korekcije koje se koriste.

Tablica 5. Obrazac – Plan alata popunjen podacima za obradu „Spirale“

Redni broj	Korekcija	Naziv alata, skica	Oštrica	Pribor	Držač alata	Mjerenje alata			
						Izmjerena dužina	Dužina 0. alata	Izmjerena dužina minus dužina 0. alata	Promjer Polumjer
9	D1	Čeono glodalo D = 40 	4	Prsten 20mm	770020	155,76 mm	20mm	135,76 mm	D = 40 R = 20
91	D1	Utorno glodalo D = 3 	3	ESX-225050	770010	100,08 mm	15mm	85,08 mm	D = 3 R = 1,5


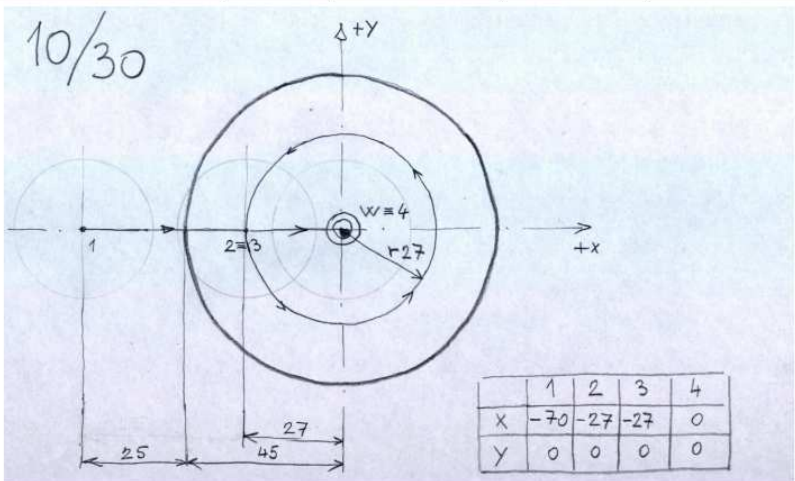
Dalje slijedi pisanje plana stezanja. U njemu se postavlja plan stezanja i označavaju točke u kojima se steže.

Tablica 6. Obrazac – Plan stezanja popunjen podacima za obradu „Spirale“

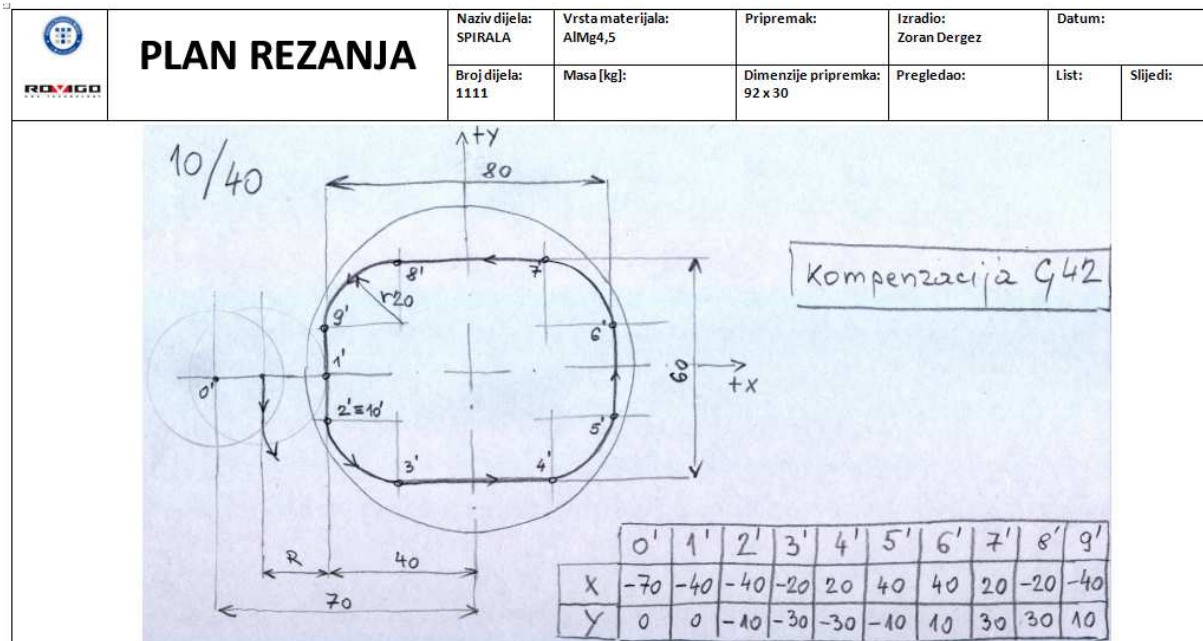
	<h2 style="text-align: center;">PLAN STEZANJA</h2>	Naziv dijela: SPIRALA	Vrsta materijala: AlMg4,5	Pripremak:	Izradio: Zoran Dergez	Datum:	
		Broj dijela: 1111	Masa [kg]:	Dimenzije priprema: 92 x 30	Pregledao:	List:	Slijedi:
							

Nakon toga izvodi se plan rezanja. Pošto su tri operacije kod glodanja piše se samo plan rezanja za sve tri zbog preglednosti.

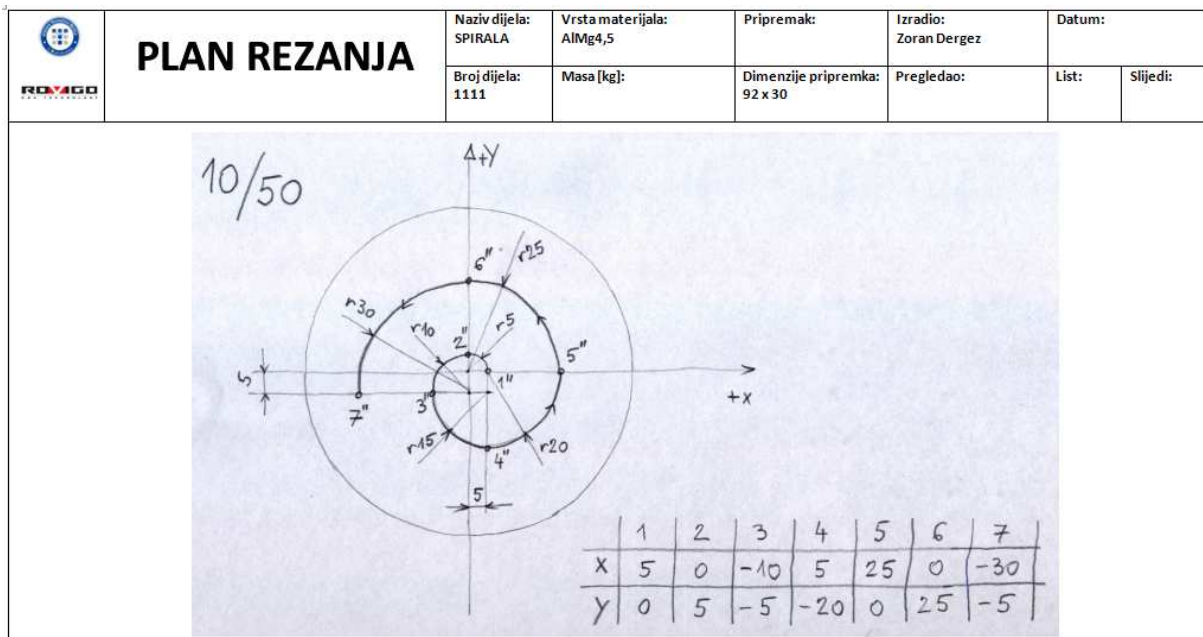
Tablica 7. Obrazac - Plan rezanja – popunjen podacima za obradu „Spirale“

	<h2 style="text-align: center;">PLAN REZANJA</h2>	Naziv dijela: SPIRALA	Vrsta materijala: AlMg4,5	Pripremak:	Izradio: Zoran Dergez	Datum:																
		Broj dijela: 1111	Masa [kg]:	Dimenzije priprema: 92 x 30	Pregledao:	List:	Slijedi:															
 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>-70</td> <td>-27</td> <td>-27</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>									1	2	3	4	X	-70	-27	-27	0	Y	0	0	0	0
	1	2	3	4																		
X	-70	-27	-27	0																		
Y	0	0	0	0																		

Tablica 8. Obrazac - Plan rezanja – popunjen podacima za obradu „Spirale“- glodanje otoka



Tablica 9. Obrazac - Plan rezanja – popunjen podacima za obradu „Spirale“- glodanje spirale




Još samo preostaje napisati program, provjeriti ga simulacijski te ga pustiti na stroj.

Tablica 10. Obrazac – Ispis programa

N		Napomena
10	G30 G17 X-45 Y-45 Z-30	Definiranje sirovca
20	G31 G17 X45 Y45 Z0	Definiranje sirovca
30	G90	
35	T9 G17 S3000 F1000	glodalo za čeono glodanje D40
40	G00 X70 Y0 G42 M3	
45	G01 Z-20 G42	
50	G01 X45 Y0 G42 F100	
55	I0 J0	
60	G01 X45 Y0 G42 F200 M3	
65	G03 X0 Y45	
70	G00 Z50	
75	M0	pauza programa
80	G90	
85	T9 G17 S3000 F1000	glodalo za čeono glodanje D40
90	G00 Z20 M3	
95	G01 X-70 Y0 G40 F1000	
100	G01 Z0	
105	G01 X-27 F120	
110	G03 X-27 Y0 I27 J0	
115	G01 X0 Y0	
120	G01 Z3	
125	G00 X-70	
130	G00 Z-2	

135	G01 X-40 G42 F80	
140	G01 Y-10	
145	G03 X-20 Y-30 R20	
150	G01 X20	
155	G03 X40 Y-10 R20	
160	G01 Y10	
165	G03 X20 Y30 R20	
170	G01 X-20	
175	G03 X-40 Y10 R20	
180	G01 Y-10	
185	G01 Z3 G40	
190	G00 Z40	
195	G00 M0	
200	T91 G17 S6500 F300	utorno glodalo D = 3 mm
205	G00 X5 Y0 G40 M3	
210	G00 Z3	sigurnosna udaljenost
215	G01 Z-1.5 F20	
220	G03 X0 Y5 R5 F40	
225	G03 X-10 Y-5 R10	
230	G03 X5 Y-20 R15	
235	G03 X25 Y0 R20	
240	G03 X0 Y25 R25	
245	G03 X-30 Y-5 R30	
250	G01 Z3 F100	
255	G00 Z40	sigurnosni razmak
260	G00 M30	kraj programa

	Naziv dijela: ZAVRSNI RAD	Ime: SPIRALA	Izradio: Zoran Dergez	Datum:	
	Broj dijela: 1111	Broj programa: 1111	Pregledao:	List:	Slijedi :

Nakon napisanog programa pušta se simulacija da bi se provjerilo da li je sve uredu.



Slika 33. Testni mod za provjeru napisanog programa za izradu spirale [15]

Kako je vidljivo simulacija je odrađena dobro i sada slijedi izrada konačnog obradka. Nakon unesenog programa u stroj operater prati sve operacije i ponašanje stroja kako bi stigao reagirati na vrijeme ukoliko se je ipak dogodila nekakva greška programera, a simulacijom to nije otkriveno. Pošto u ovom slučaju nije bilo grešaka program je uspješno odrađen u vremenu 14 : 45 s . Na slikama 34. prikazan je tijek obrade i gotov obradak.



Slika 34. Izgled stezanja i gotovog obradka

Ovako izgleda taj isti program pisan u Heidenhain Conversation modu. Na početku je rečeno da je taj mod namijenjen da bi programiranje bilo jednostavnije i brže.

```
0 BEGIN PGM SPIRALA MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-45 Y-45 Z-20
2 BLK FORM 0.2 X+45 Y+45 Z+0
3 ;
4 TOOL CALL 97 Z S7000 F1000
5 CALL LBL 1
6 ;
7 TOOL CALL 9 Z S6500 F1500
8 CALL LBL 2
9 ;
10 TOOL CALL 91 Z S6500 F600
11 CALL LBL 3
12 M30
13 ;
14 LBL 1
15 L Z+250 R0 FMAX M3
16 CYCL DEF 257 CIRCULAR STUD
    Q223=+90 ;FINISHED PART DIA.
    Q222=+92 ;WORKPIECE BLANK DIA.
    Q368=+0 ;ALLOWANCE FOR SIDE
    Q207=+1500 ;FEED RATE FOR MILLNG
    Q351=+1 ;CLIMB OR UP-CUT
    Q201=-20 ;DEPTH
    Q202=+10 ;PLUNGING DEPTH
    Q206=+3000 ;FEED RATE FOR PLNGNG
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
    Q370=+1 ;TOOL PATH OVERLAP
    Q376=-1 ;STARTING ANGLE
17 CYCL CALL M13
18 L Z+250 R0 FMAX M9
28 L X-7.472 Y-10.166 Z+50 R0 FMAX
29 L X-7.472 Y-10.166 Z+10 R0 FMAX
30 L Z+2 R0 FMAX
31 L Z-1.5 R0 F33
32 CC X+5 Y-5
33 C X+5 Y-18.5 DR+ R0 F100
34 CC X+5 Y+0
35 C X+23.5 Y+0 DR+ R0
36 CC X+0 Y+0
37 C X+0 Y+23.5 DR+ R0
38 CC X+0 Y-5
39 C X-28.5 Y-5 DR+ R0
40 CC X-30 Y-5
41 C X-31.5 Y-5 DR- R0
42 CC X+0 Y-5
43 C X+0 Y+26.5 DR- R0
44 CC X+0 Y+0
45 C X+26.5 Y+0 DR- R0
46 CC X+5 Y+0
47 C X+5 Y-21.5 DR- R0
48 CC X+5 Y-5
49 C X-11.5 Y-5 DR- R0
50 CC X+0 Y-5
51 C X+0 Y+6.5 DR- R0
52 CC X+0 Y+0
53 C X+6.5 Y+0 DR- R0
54 CC X+5 Y+0
55 C X+3.5 Y+0 DR- R0
56 CC X+0 Y+0
57 C X+0 Y+3.5 DR+ R0
58 CC X+0 Y-5
59 C X-8.5 Y-5 DR+ R0
```

```
60 CC X+5 Y-5
61 C X-7.472 Y-10.166 DR+ R0
62 L Z+10 R0 FMAX
63 L Z+250 R0 FMAX M9
64 LBL 0
65 ;
66 END PGM SPIRALA MM
```

U programu se vidi da je prvih 11 redova samo program u kojem se pozivaju alati jedan za drugim ovisno o operacijama koje izvode te oni pozivaju svoje potprograme (Labele) te se oni izvode. Nakon završetka jednog potprograma poziva se drugi alat i njegov potprogram i tako redom. Sve funkcije i naredbe su maksimalno olakšane i vrlo pristupačne operaterima, a kako je vidljivo nigdje se ne koristi nijedna naredba iz G-koda.

5. Izrada loga VTSBJ i tvrtke Rovigo d.o.o 3D glodanjem

U ovom dijelu rada zadatak će biti odrađen programiranjem u CAM programskom alatu i glodanjem na stroju u 3D tehnici. Programski alat koji će se koristiti je *SolidCam*, a njegov pripadajući CAD programski alat je *SolidWorks* u kojem se modelira željeni obradak. U *SolidCam-u* obradimo modelirani obradak, generiramo kod, i sve to se potom odradi kao konačni proizvod na stroju.

Kao što naslov i kaže na jednom sirovcu određenih dimenzija najprije će se dizajnirati logo Visoke Tehničke Škole u Bjelovaru, te logo tvrtke Rovigo d.o.o. Potom će se obraditi u CAM programskom alatu, te dobivenim kodom izraditi željeni obradak.

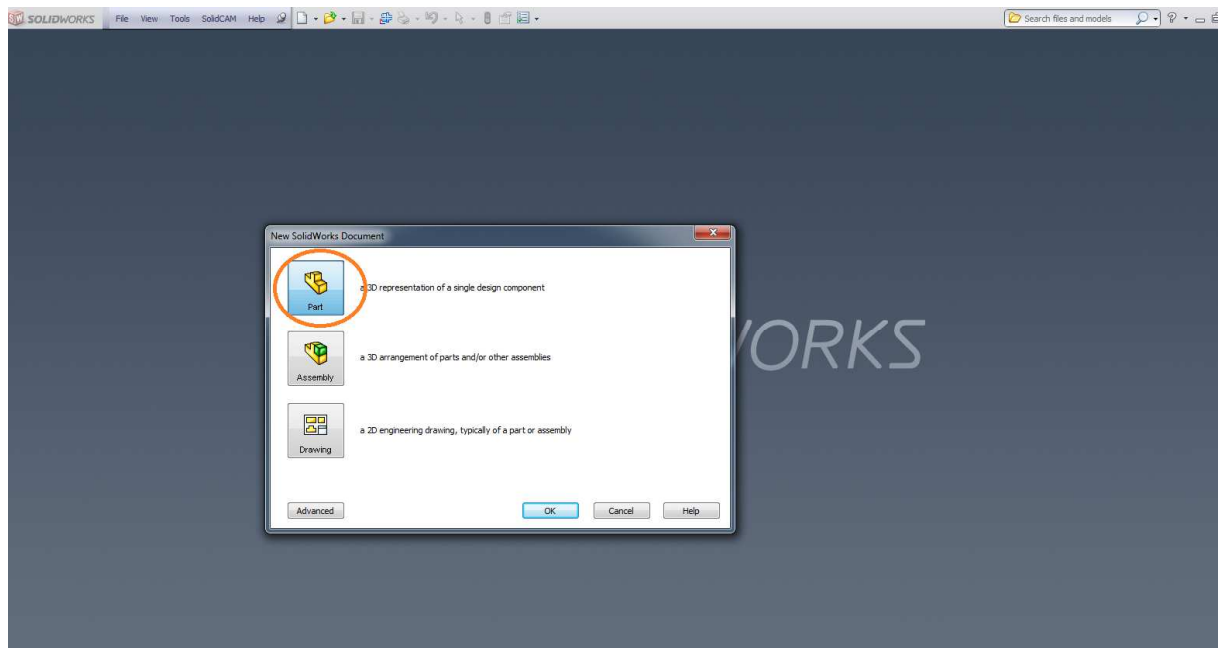


Slika 35. Logo Visoke tehničke škole u Bjelovaru i tvrtke Rovigo d.o.o

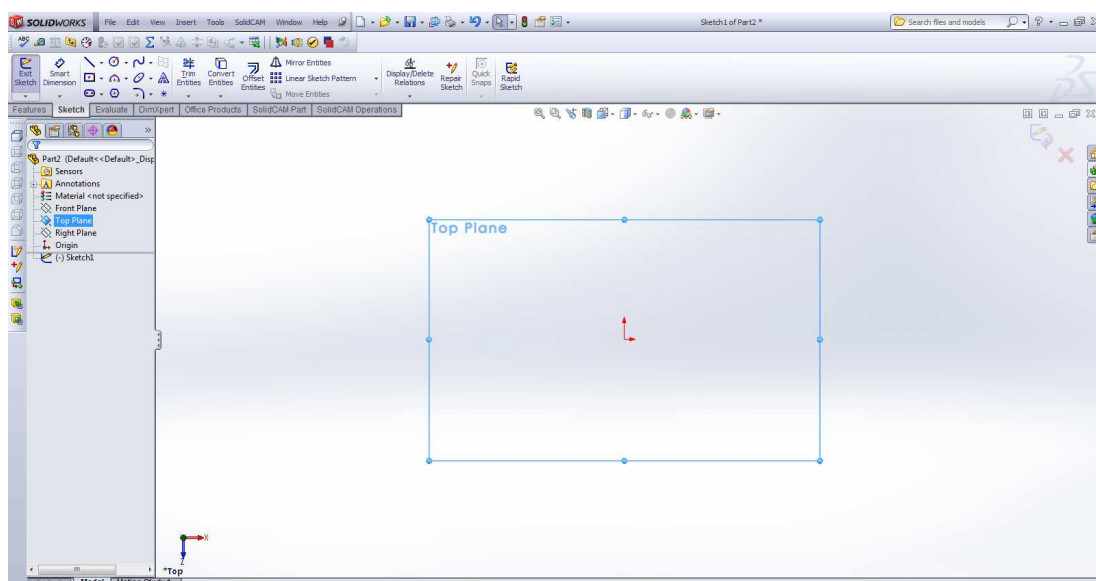
5.1. Izrada 3D modela

Modeliranje željenog obradka izvedeno je u programskom alatu *SolidWorks*. Korištenjem opcije Sketch Picture „precrta“ se logo tvrtke i Visoke tehničke škole u Bjelovaru te se vrše daljnje obrade na njemu.

U programskom alatu *SolidWorks* „otvori se“ „New Part“ i izabere ravnina za izradu skice „Top Plane“ (slike 36. i 37.).

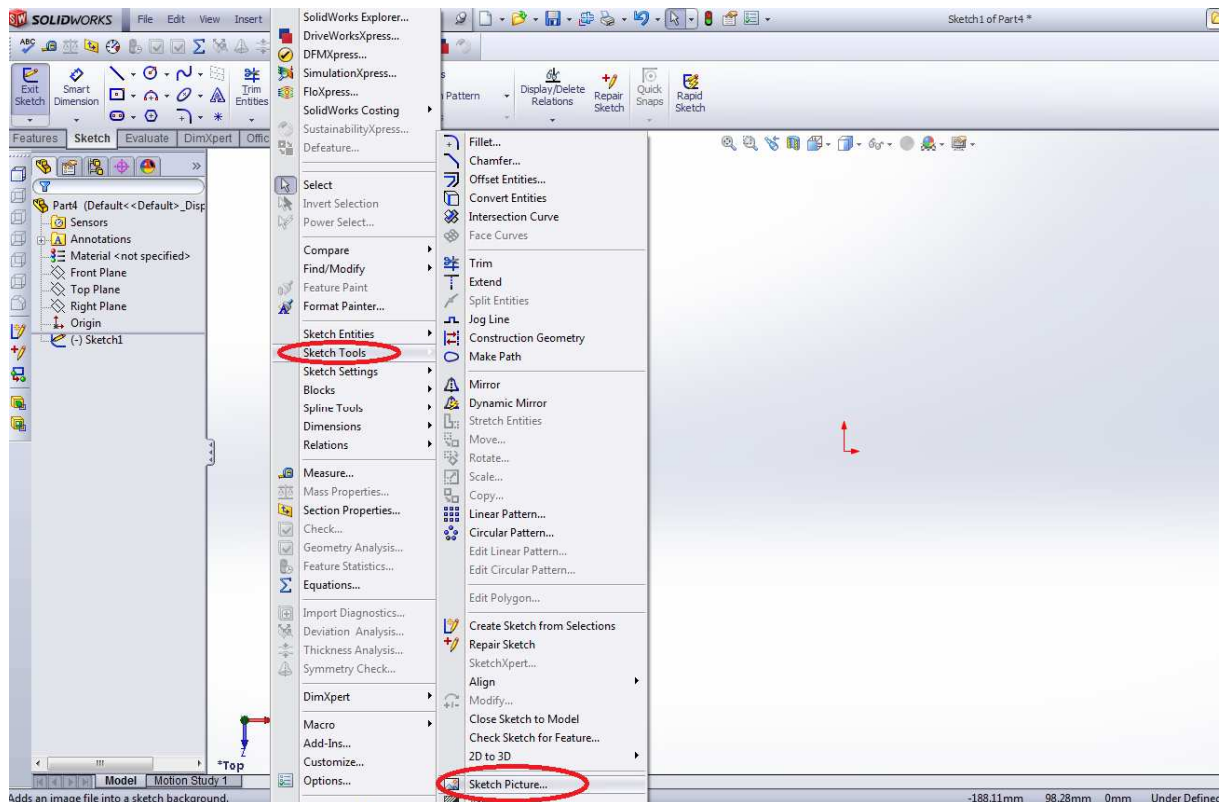


Slika 36. Izgled početnog zaslona programskog alata *SolidWorks 2012* [17]



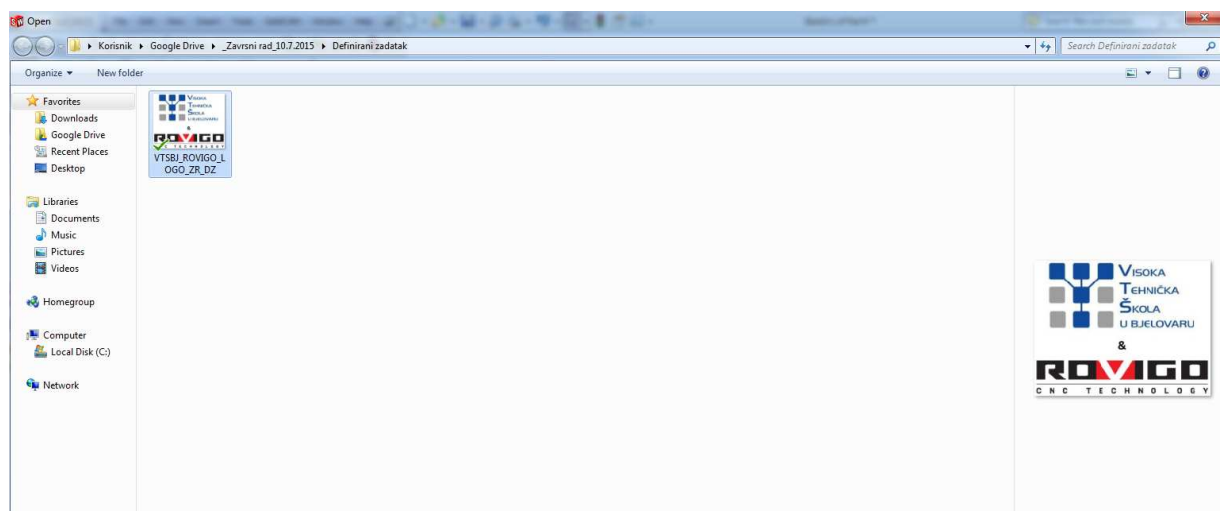
Slika 37. Izbor ravnine za izradu skice - Sketch [17]

Slijedeći korak je „pozivanje“ kartice *Tools* te se iz izbornika „izabere“ *Sketch tools*
=> *Sketch Picture*.



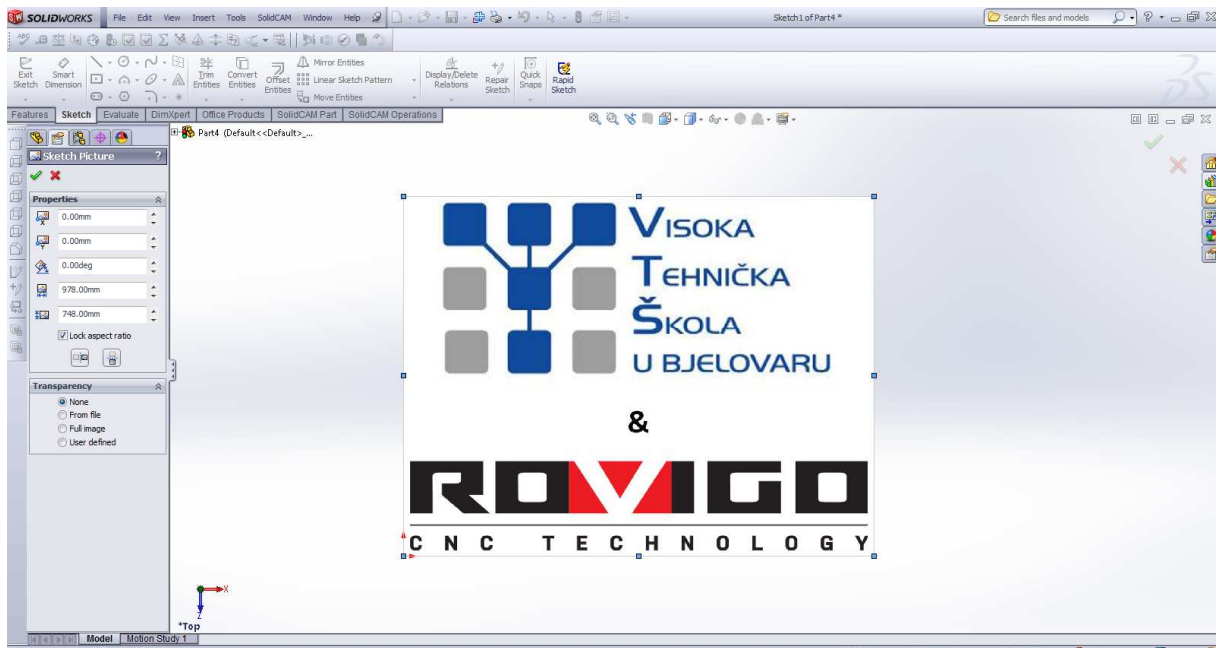
Slika 38. Izbornik za odabir opcije Sketch Picture [17]

„Otvora se“ izbornik sa mapama te se ovdje izabere željena slika. U ovom slučaju će to biti slika loga Visoke tehničke škole u Bjelovaru i tvrtke Rovigo d.o.o kao na slici 39.



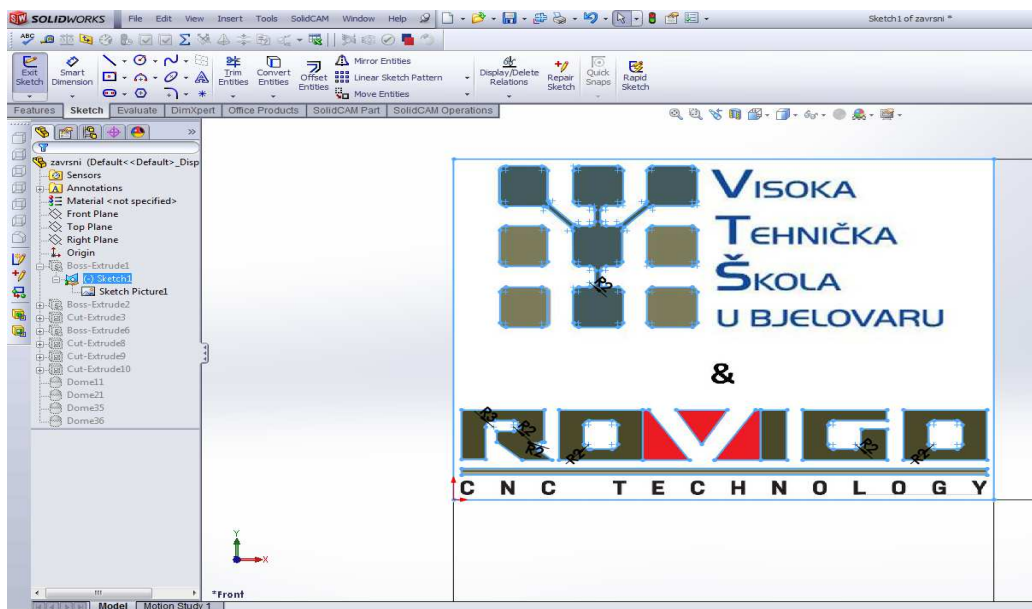
Slika 39. Odabir slike za „obradu“

Izabrana slika se potom „otvara“, te program nudi niz opcija kojima se određuju dimenzije slike, pozicioniranje slike i sl. kao na slici 40.



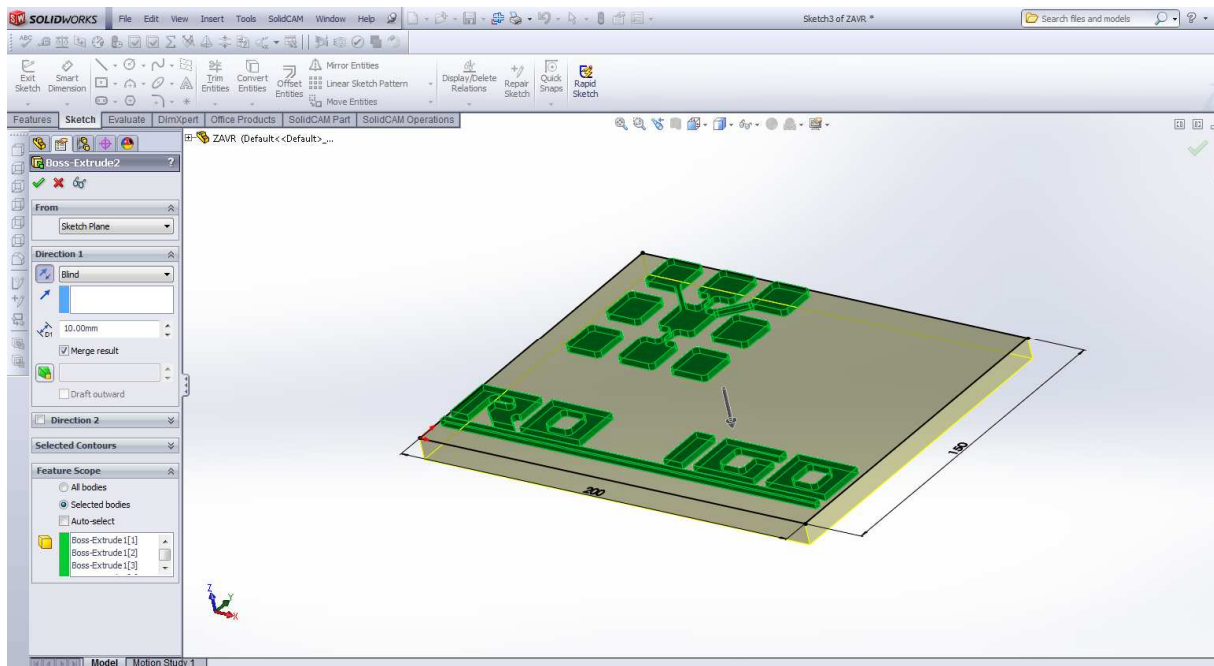
Slika 40. Odabrana slika otvorena u programskom alatu SolidWorks [17]

Kada su određeni svi željeni parametri potvrđeni se sa zelenom kvačicom i može se jednostavno početi crtati „po slici“.



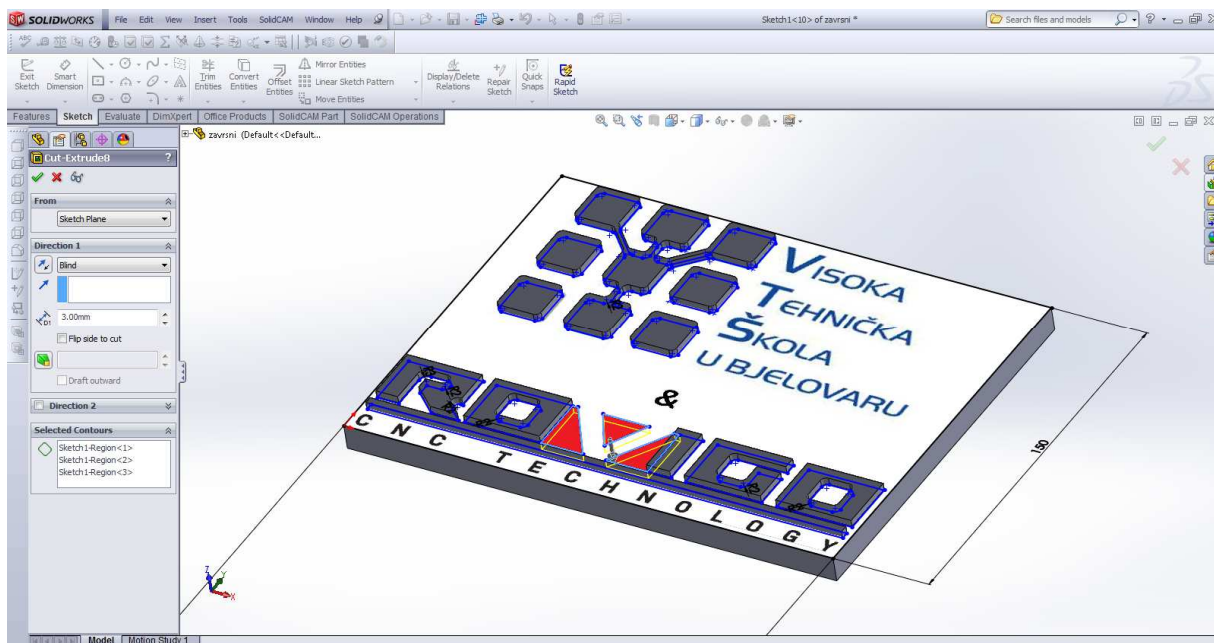
Slika 41. Crtanje po slici [17]

Kada se završi sa crtanjem, opcijom *Extruded Boss* definira se željena debljina modela. Odabirom te opcije otvara se kartica u kojoj se izabire debljina, smjer i sl.



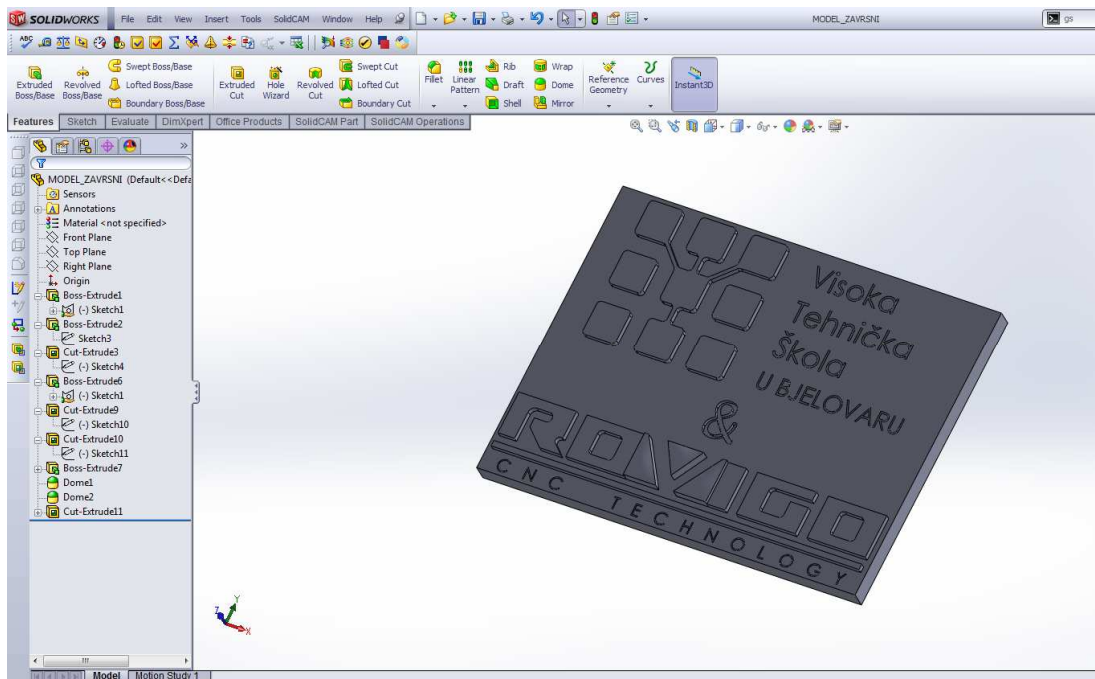
Slika 42. Definiranje debljine nacrtanog modela opcijom *Extruded Boss* [17]

Opcijom *Extruded Boss* dizajnira se slovo „V“ u imenu tvrtke Rovigo i to slovo će biti nešto veće te će imati zaobljenja. To slovo će se glodati tehnikom 3D glodanja. Tekst imena Visoke tehničke škole u Bjelovaru i dijela loga tvrtke Rovigo d.o.o dizajnira se opcijom *Extruded Cut*.

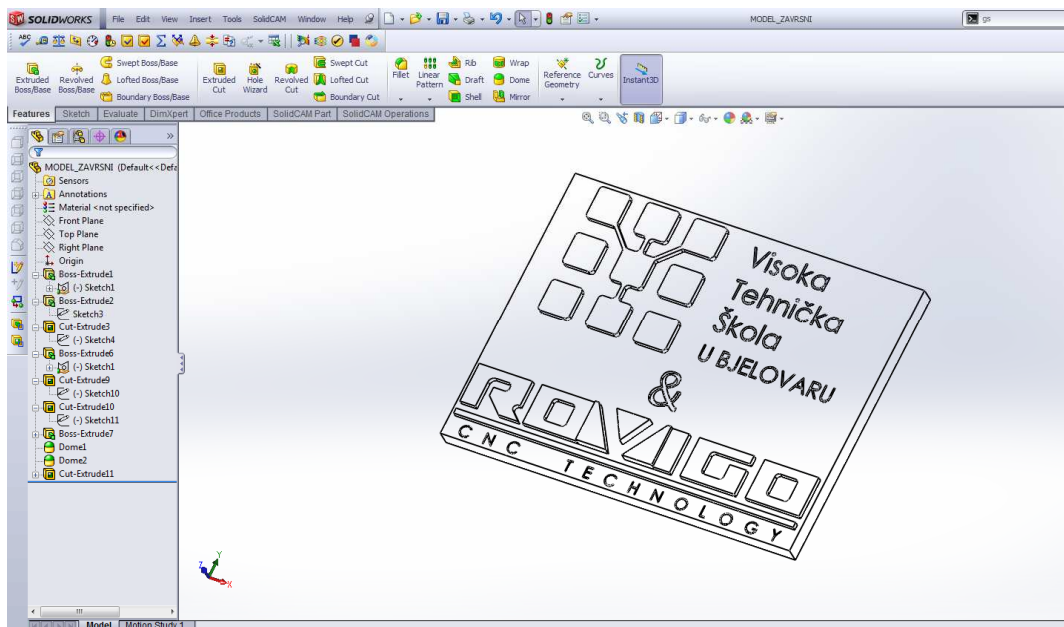


Slika 43. Dodavanje teksta Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Nakon toga je željeni 3D model gotov i spreman za obradu u programskom alatu *SolidCam*.



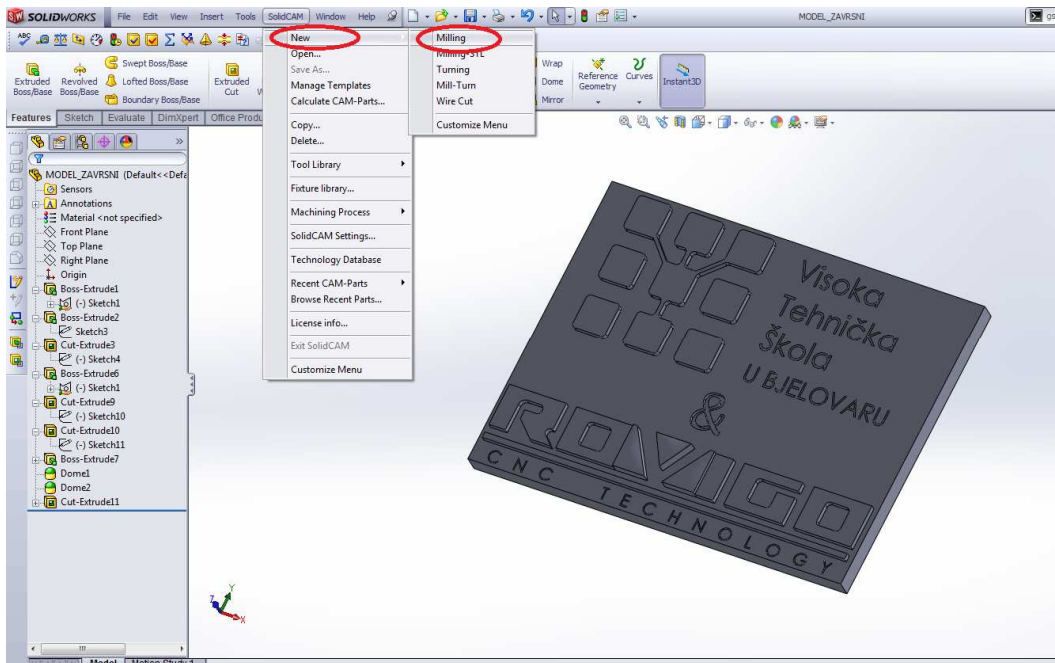
Slika 44. 3D model logotipova i tekstova tvrtke Rovigo d.o.o i Visoke tehničke škole u Bjelovaru



Slika 45. Žičani model logotipova i tekstova tvrtke Rovigo d.o.o i Visoke tehničke škole u Bjelovaru

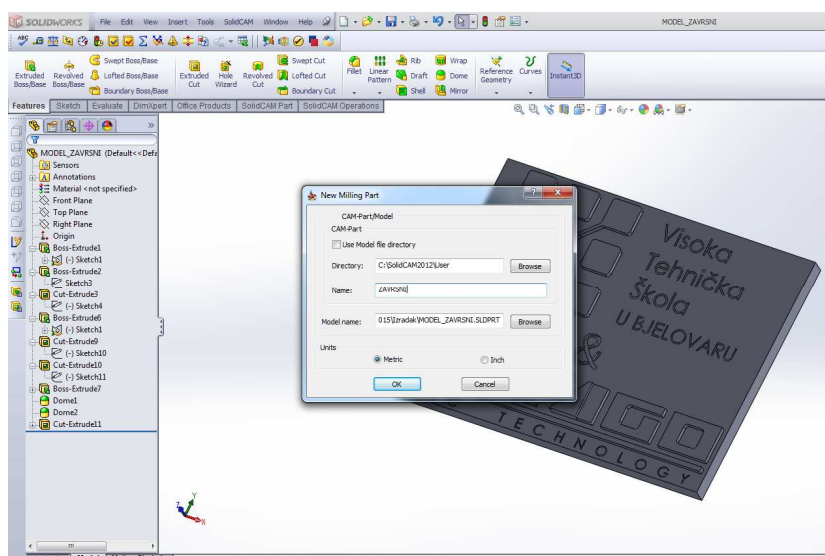
5.2. Obrada modela u SolidCam-u i generiranje koda

3D model se „otvori“ u programskom alatu *SolidCam* tako da se izabere *SolidCam*-„kartica“, te potom opcija *New* => *Milling*.



Slika 46. „Pokretanje“ programskog alata *SolidCam* 2012

Programski alat *SolidCam* se potom pokreće i „otvara karticu“ gdje nudi automatski generirano ime za obradak no po želji ga korisnik može promijeniti. Prihvaća se ime „završni“ kao što je ponuđeno.



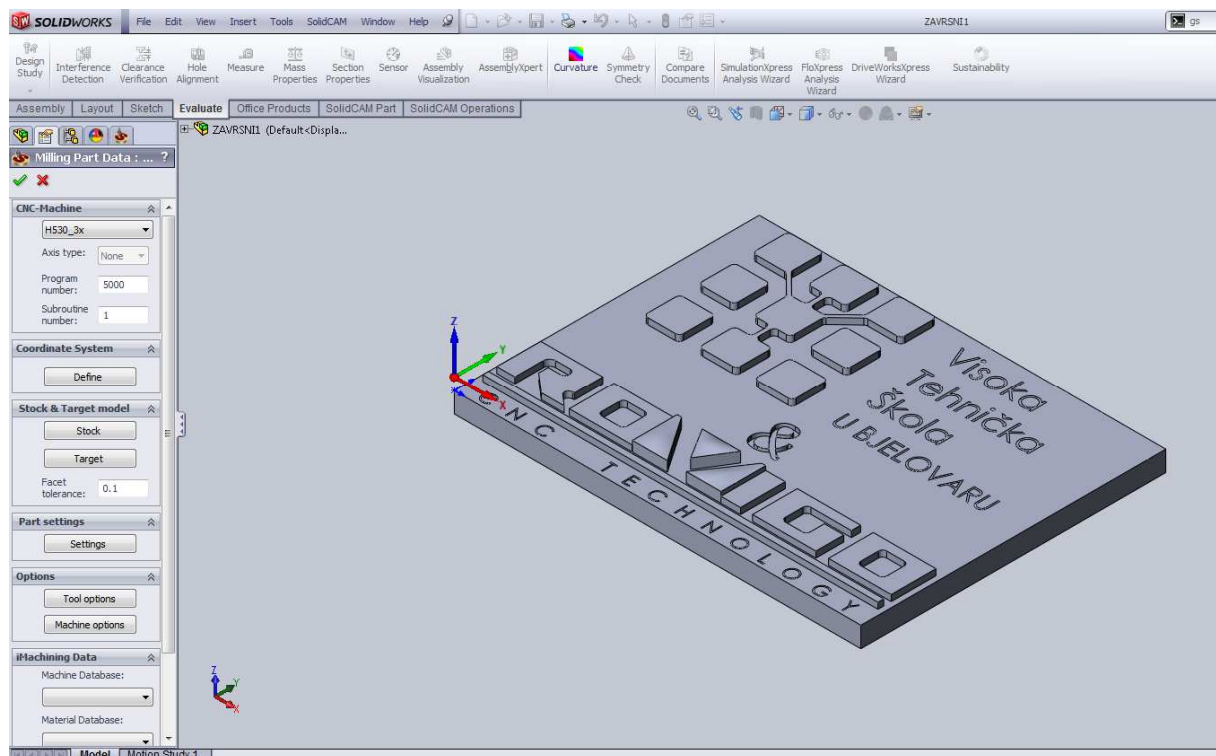
Slika 47. Definiranje imena obradka

Nakon toga slijedi definiranje početnih parametara za daljnju obradu modela. Otvara se kartica gdje je najprije potrebno izabrati postprocesor željenog upravljanja (izabrano H530_3x jer se obrada bude izvodila na stroju sa upravljanjem Heidenhain iTNC 530). Potom treba postaviti kordinatni sustav i to se određuje po korisnikovoj želji ili kod obrade u proizvodnji po zadanom nacrtu. Slijedeće su kartice određivanja sirovca i modela (*Stock* i *Target*) te podešavanje različitih postavki izratka (*Part settings*).

Opcijom *Tool options* određuje se početni položaj prvog alata (njegovu poziciju po X, Y i Z osi) i krajnji položaj zadnjeg alata kod izvođenja programa na stroju.

Opcija *Machine options* određuje dimenzije sirovca.

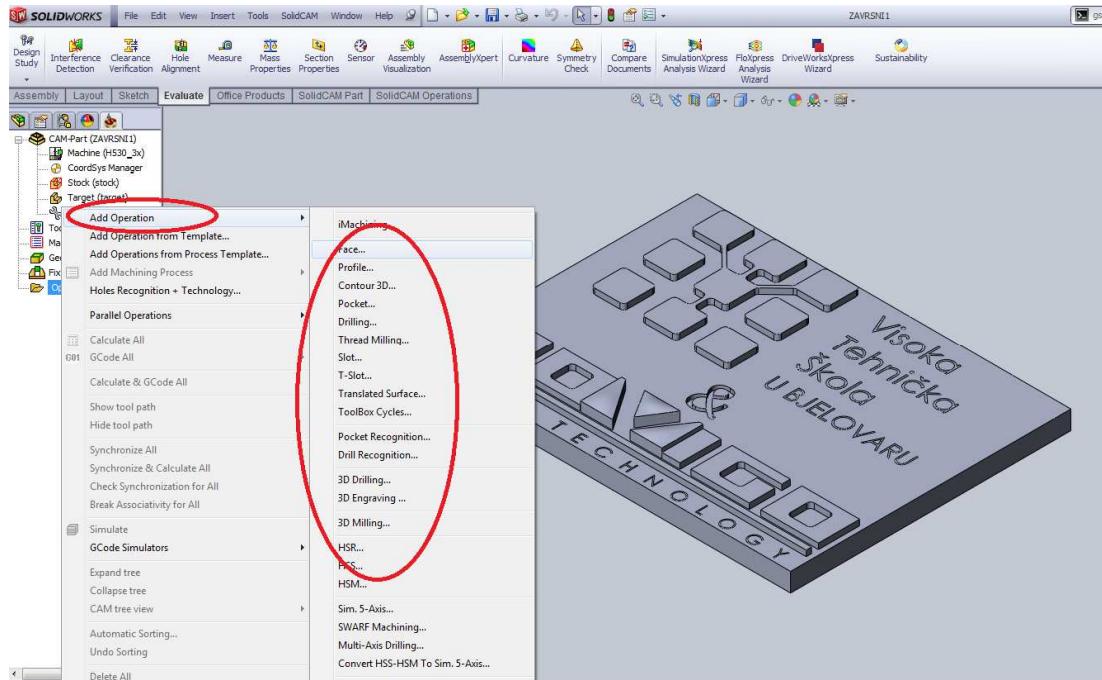
Opcije *iMachining Data* su posebni dodatak u programskom alatu *SolidCam* i taj način obrade služi najčešće za strojeve koji se koriste „*High Feed / High Speed*“ alatima zbog uštede vremena. Korištenjem *iMachininga* proizvođač procjenjuje uštedu u vremenu do 70 % u odnosu na klasičan način obrade te produženi vijek trajanju alata. *iMachining* je idealan za korištenje kod 3D glodanja velikih površina ili iskopavanja dubokih džepova i sl.



Slika 48. Definiranje početnih parametara stroja i obradka

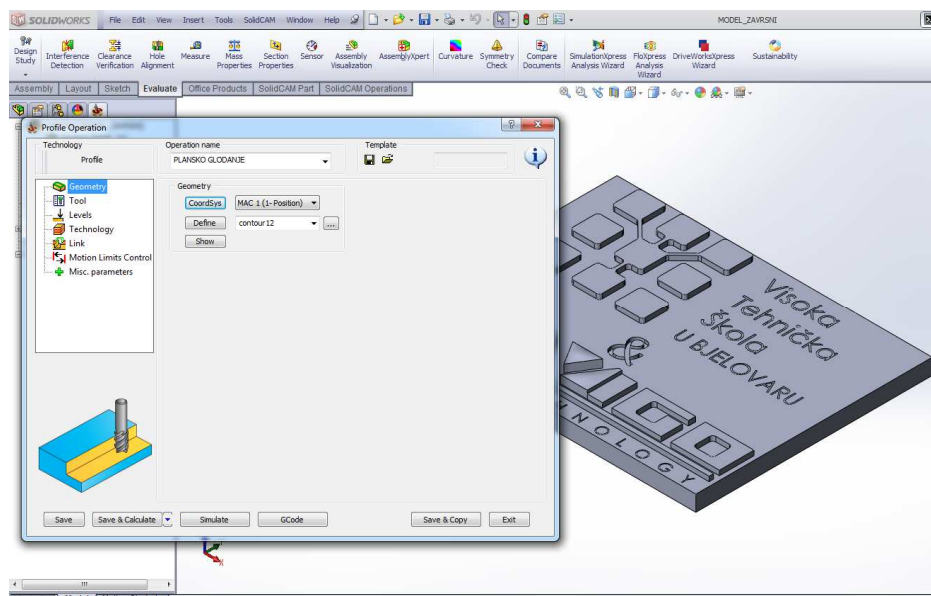
Nakon definiranja svih parametara može se početi sa dodjeljivanjem pojedinih tehnologija za određenu operaciju. To se radi tako da se ide na tekst *Operations* u lijevom „stablu“ i klikne

desni klik. Otvara se kartica i izabire se najprije *Add Operation*, te se otvori još jedna kartica sa svim tehnologijama koje se mogu koristiti. Također se tehnologije mogu birati i u gornjem izborniku na ekranu kao što se vidi na slici 49.



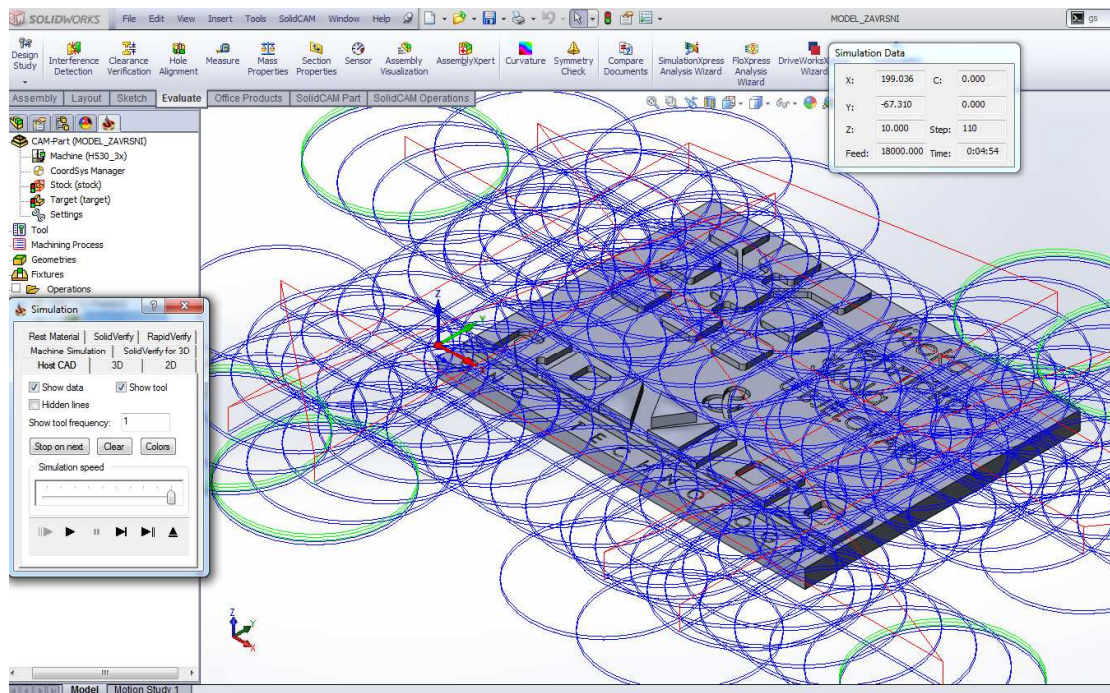
Slika 49. Odabir tehnologija obrade

Prva operacija će biti plansko glodanje. Plan je da se cijeli sirovac najprije pregleda 0.5 mm, a potom se vrše sve daljnje operacije.

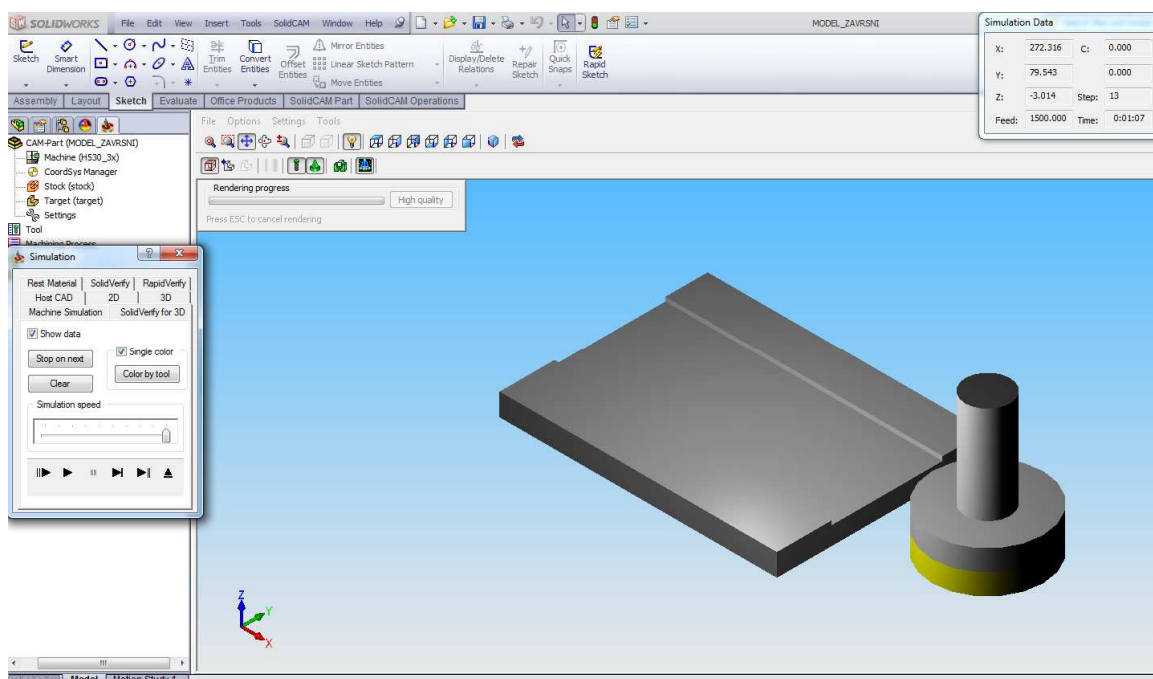


Slika 50. Odabir operacije Plansko glodanje

Nakon što se odrede svi parametri u skladu sa željama može se pogledati simulacija obrade. Na slici 51. vidi se jedna od simulacija koja je ponuđena na odabir u programskom alatu *SolidCam*. Također na slici 52. se vidi u malom prozorčiću vrste simulacija koje postoje za odabir.

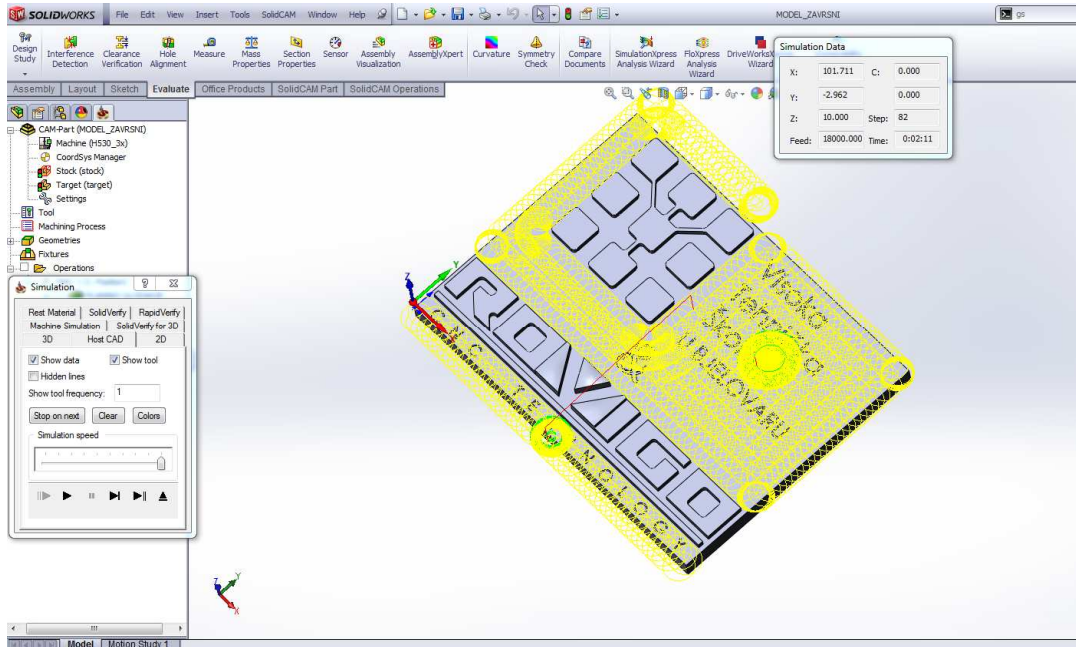


Slika 51. Simulacija u programskom alatu *SolidCam*.

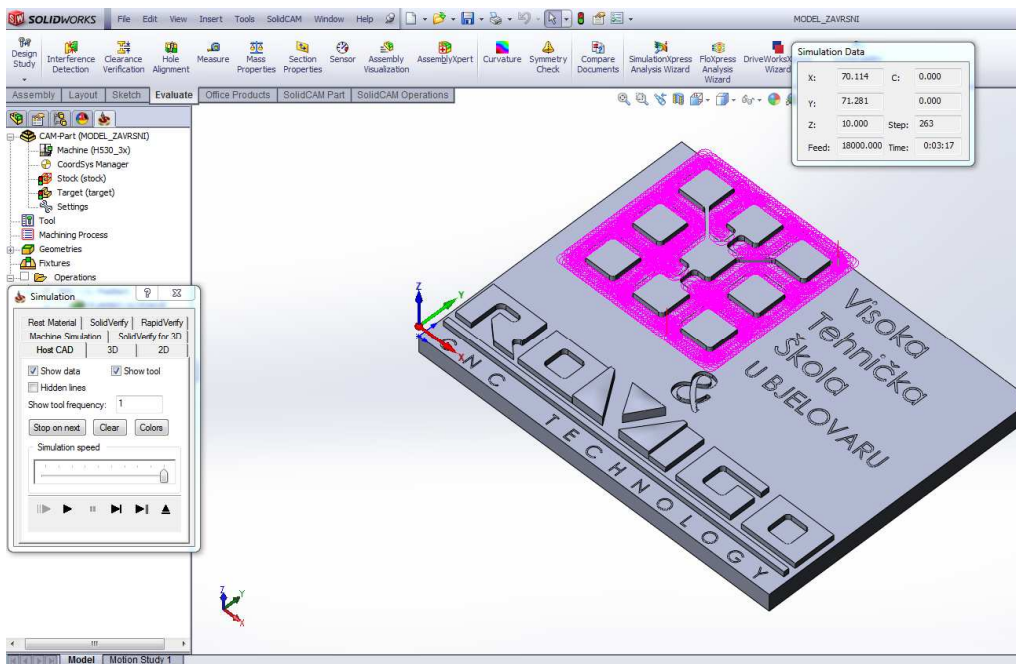


Slika 52. 3D simulacija u programskom alatu *SolidCam*.

Slijedeća operacija je grubo glodanje 0.5 mm do konačne mjere. Sve velike površine biti će pregledane na grubo, te će poslije toga biti glodane sa glodalom za finu obradu na konačnu mjeru.

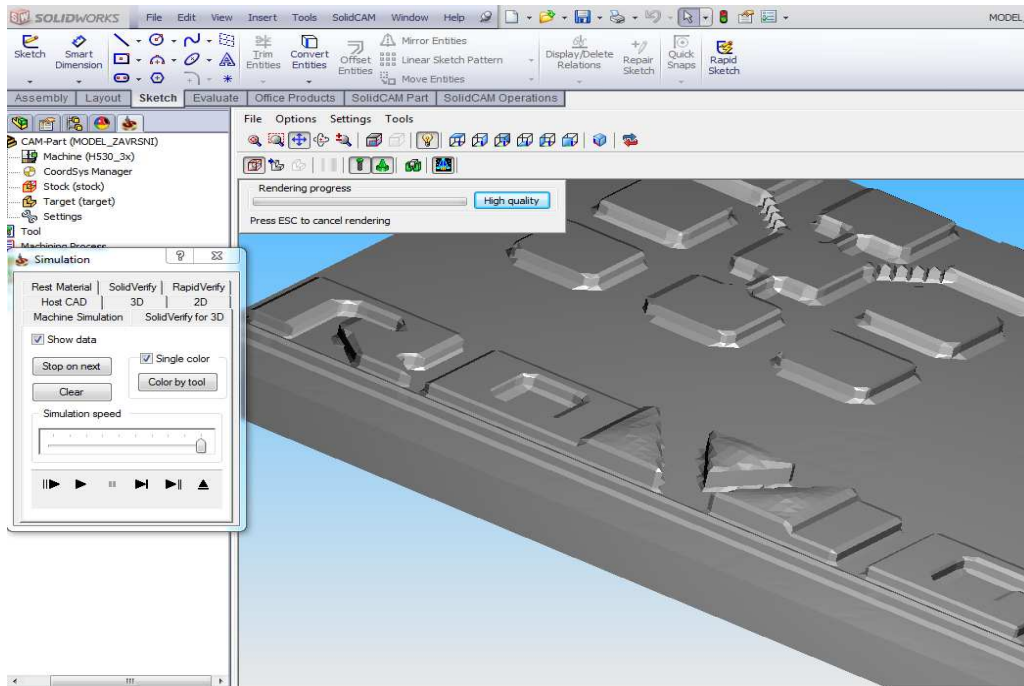


Slika 53. Simulacija putanje alata (grubo glodanje)

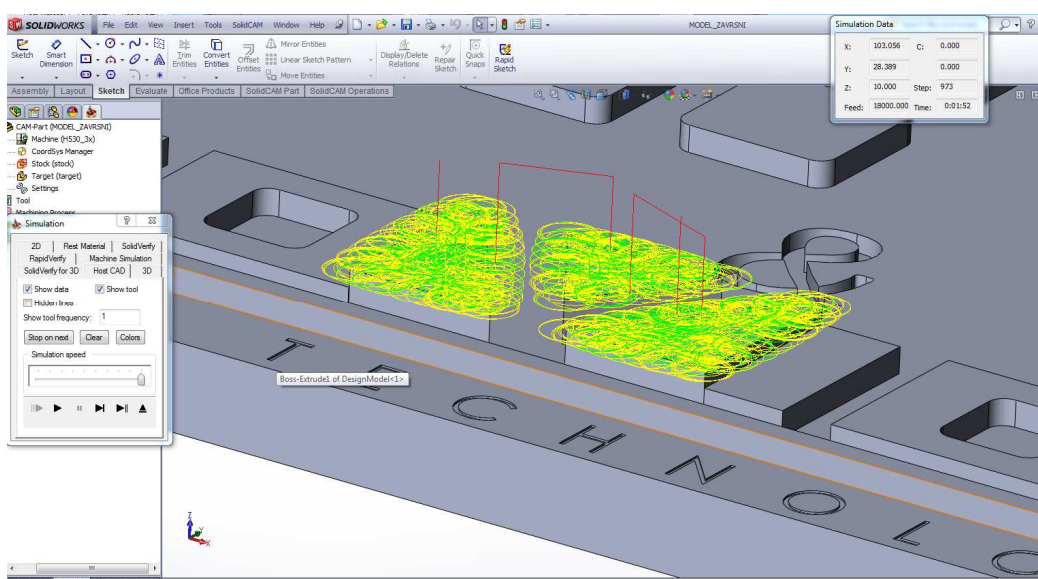


Slika 54. Simulacija grube obrade loga Visoke tehničke škole u Bjelovaru

Slijedeća obrada je glodanje slova „V“ u logu tvrtke Rovigo tehnikom 3D glodanja. Najprije se slovo gloda glodalom za grubo glodanje, a zatim se specijalnim alatom „kuglom“ gloda najprije na 0.1 mm do mjere, pa onda 0.05 mm do krajnje mjere, a potom u drugom smjeru na krajnju mjeru. Naravno i grubo glodanje i fino glodanje sa kuglom se izvodi istovremenim pomicanjem sve tri osi te se na taj način dobiva zaobljena površina tzv. 3D glodana površina.

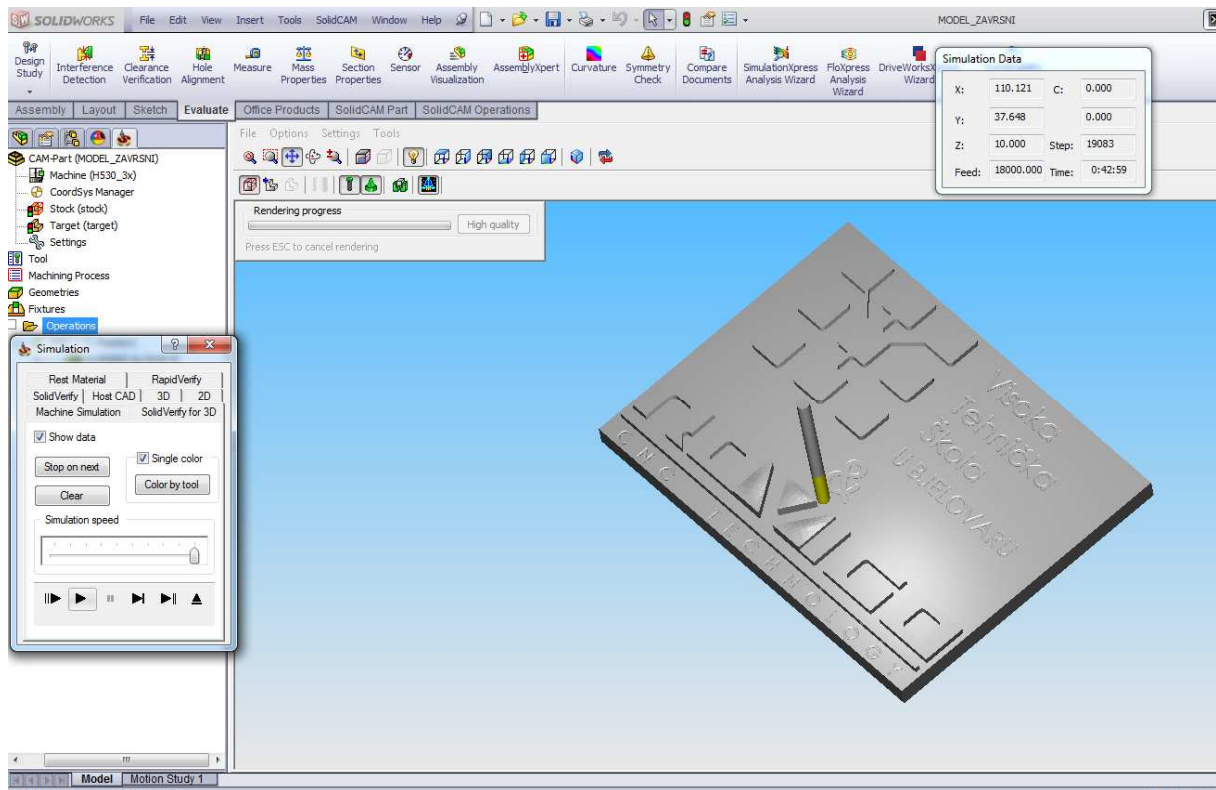


Slika 55. Izgled slova „V“ izvedenog u 3D tehnici glodanja

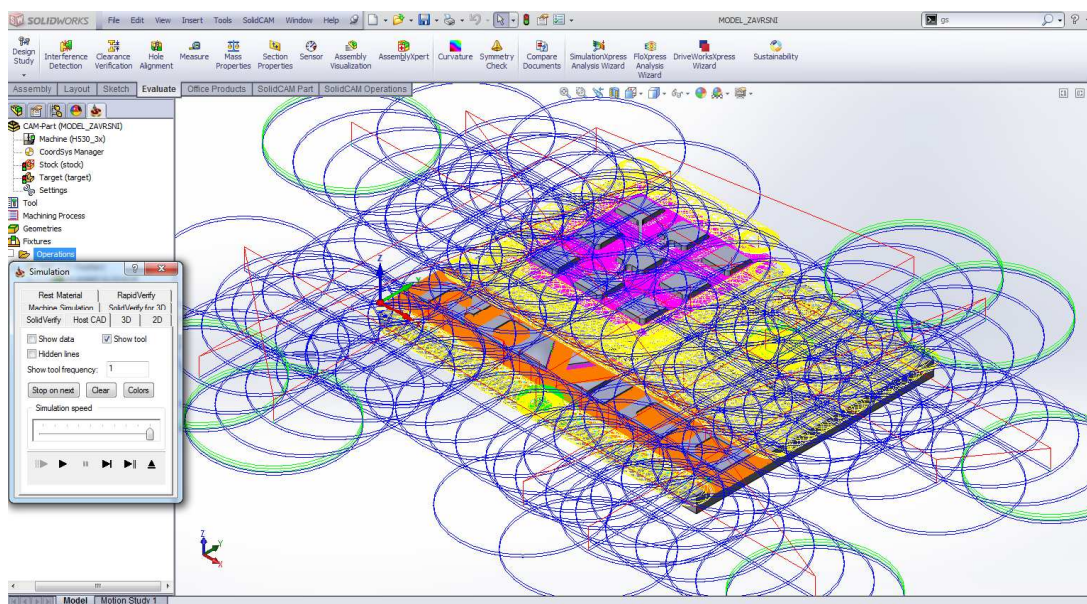


Slika 56. Simulacija putanje alata – 3D glodanje

Konačno nakon definiranja svih operacija i njihovih parametara može se „pokrenuti“ cijela simulacija.

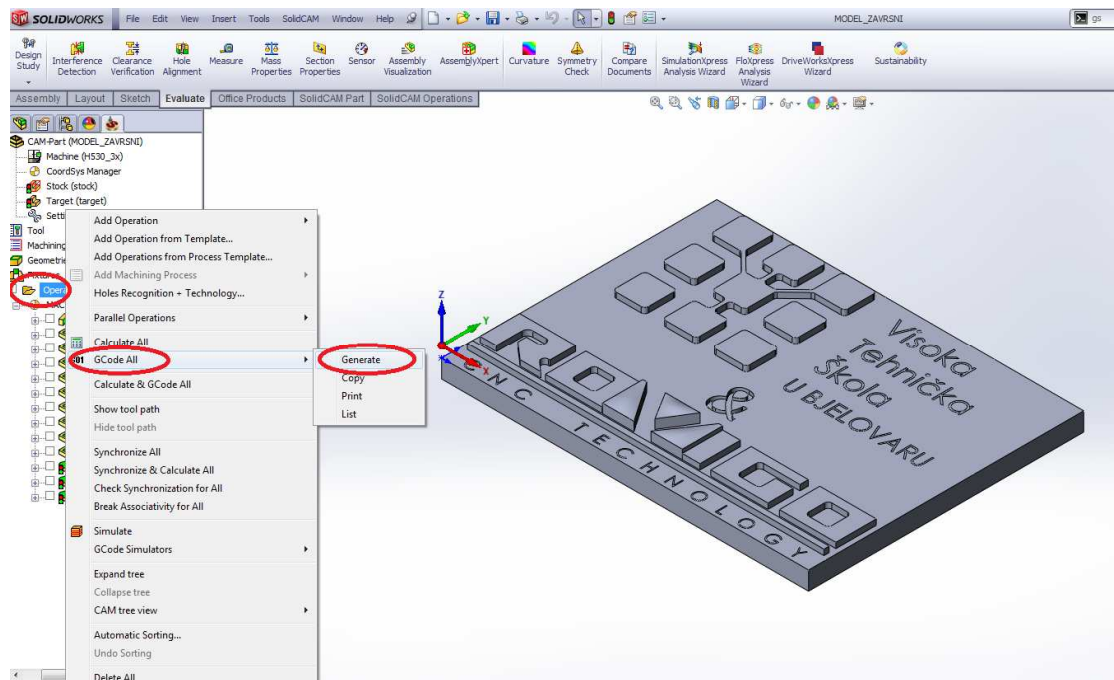


Slika 57. Simulacija svih operacija na obradku

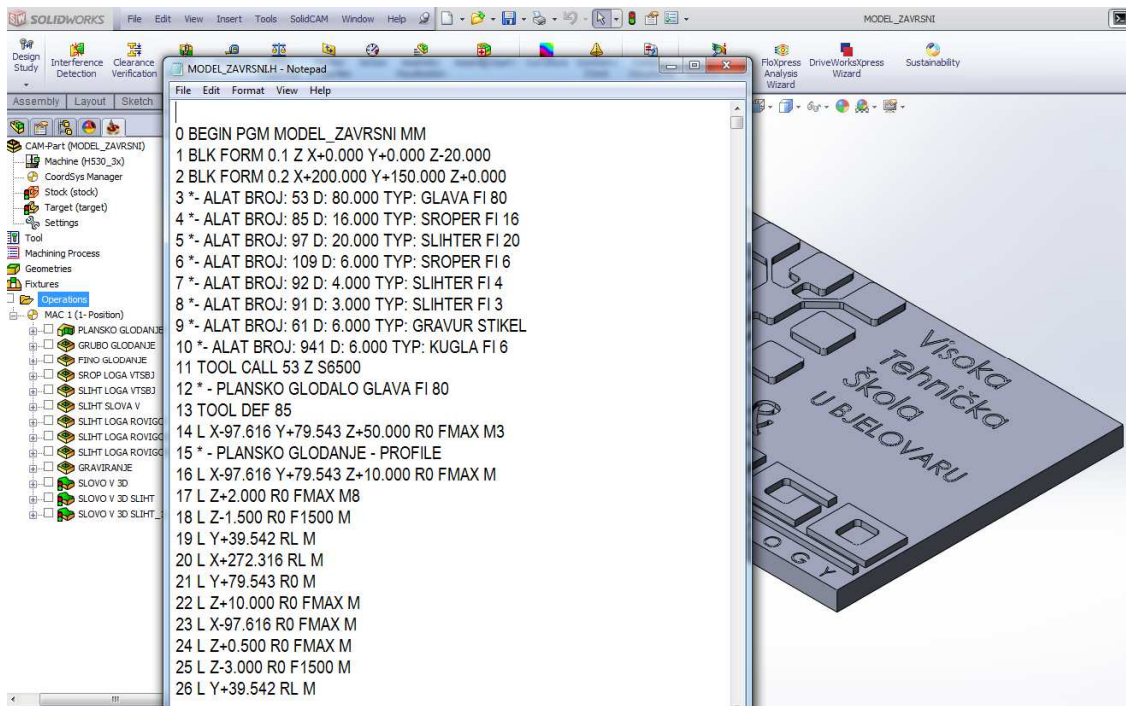


Slika 58. Simulacija svih putanja alata

Provjerom svih parametara i pregledom simulacije, te nakon utvrđivanja da je sve odrađeno kako je korisnik definirao može se generirati kod. To se čini tako da se na vrhu „stabla“ sa lijeve strane na opciji *Operation* pritisne desni klik miša i izabere *GCode All* => *Generate* i kod se automatski izgenerira i ispiše u tekst editoru.



Slika 59. Izbor opcije za generiranje koda



Slika 60. Izgenerirani kod u tekst editoru

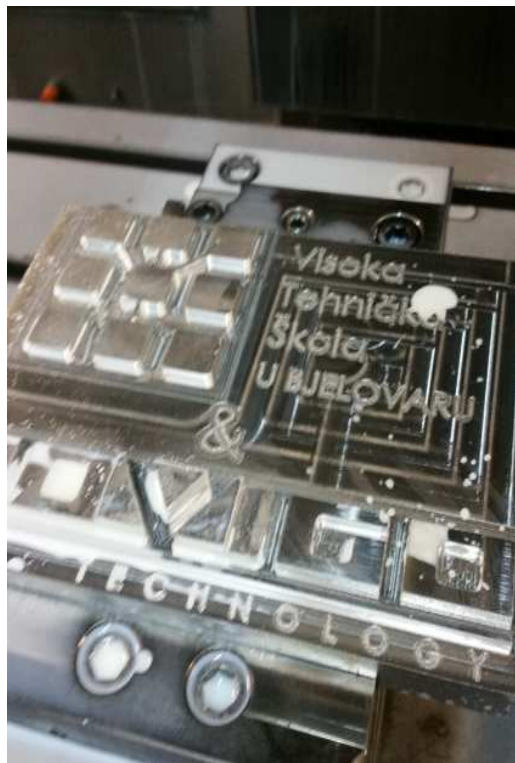
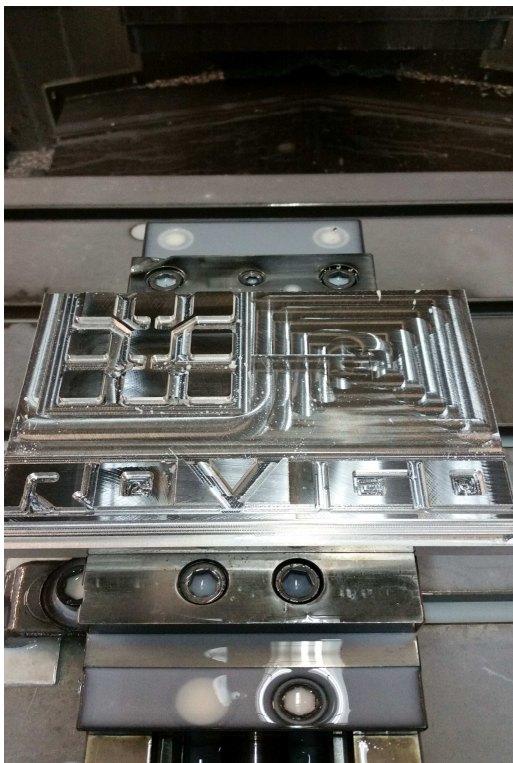
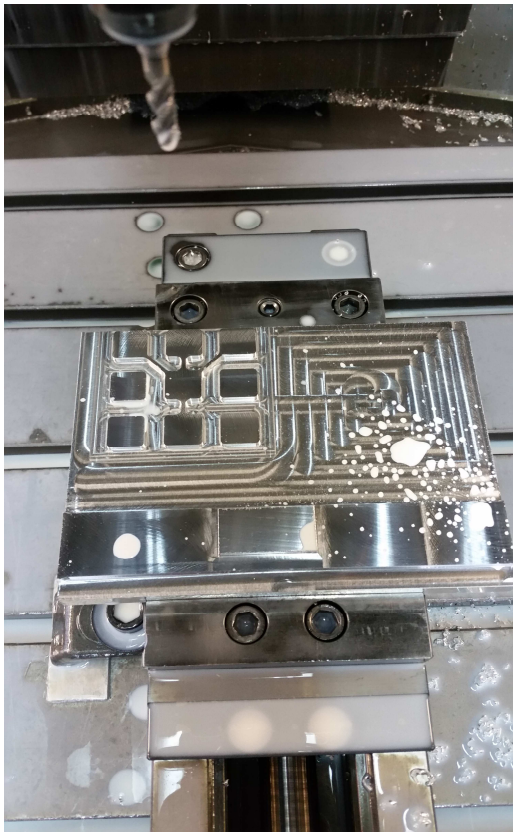
5.3. Obrada modela na stroju

Nakon što je kod izgeneriran sve je spremno za pustiti model u izradu. Model se obrađuje kao što je već ranije navedeno na obradnom centru „Pinnacle LV 116“ [3]. Sirovac je nazivne veličine 20 x 152 x 202 mm. Steže se u strojnom škripcu i u njemu se izvode sve obrade u jednom stezanju. Nultočka obradka određuje se pomoću mjernog sustava Touch Probe [18].



Slika 61. Mjerni sustav Touch Probe i programski kod učitani na stroj

Operacije se izvode na stroju istim redoslijedom kao što je definirano u programskom alatu *SolidCam*. Na slikama 62. i 63. prikazane su neke operacije i konačni izgled glodanog modela.



Slika 62. Različite operacije glodanja na stroju



Slika 63. Završeni obradak

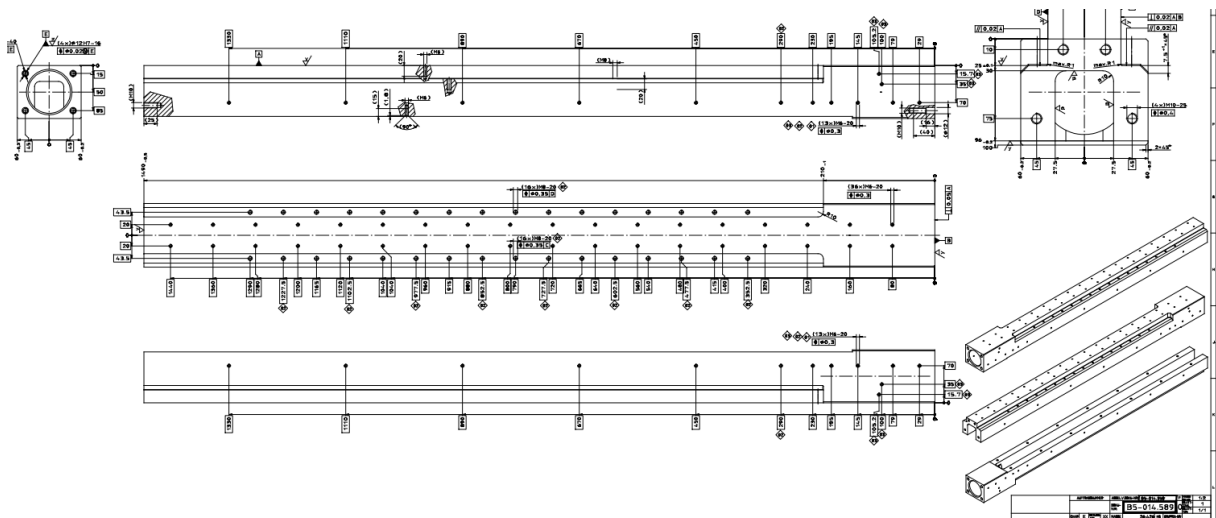
5.4 Integriranje CAD/CAM lanca u proizvodnju tvrtke Rovigo d.o.o

Proizvodnja tvrtke Rovigo d.o.o se bazira na obradi aluminijskih legura za inozemne klijente. Najčešće su to pojedinačne pozicije za vojnu, medicinsku ili autoindustriju. Najveći problem za operatera u toj tvrtki je što su većinom pojedinačne pozicije i rijetko se dogodi da se ponovi pozicija. Tako da programeri i operateri svakodnevno moraju programirati odnosno obrađivati novu poziciju. Jasno da je u takvom načinu rada veliki gubitak vremena samo na programiranje. Prednost tvrtke je bila u tome što imaju upravljanja Heidenhain na svojim strojevima pa se programi brže napišu nego kada bi ih pisali G-kodom.

No kako se posao povećavao tako su bili i zahtjevi klijenata više pa su i same pozicije postajale sve složenije, a samim time i kompliciranije za programirati.

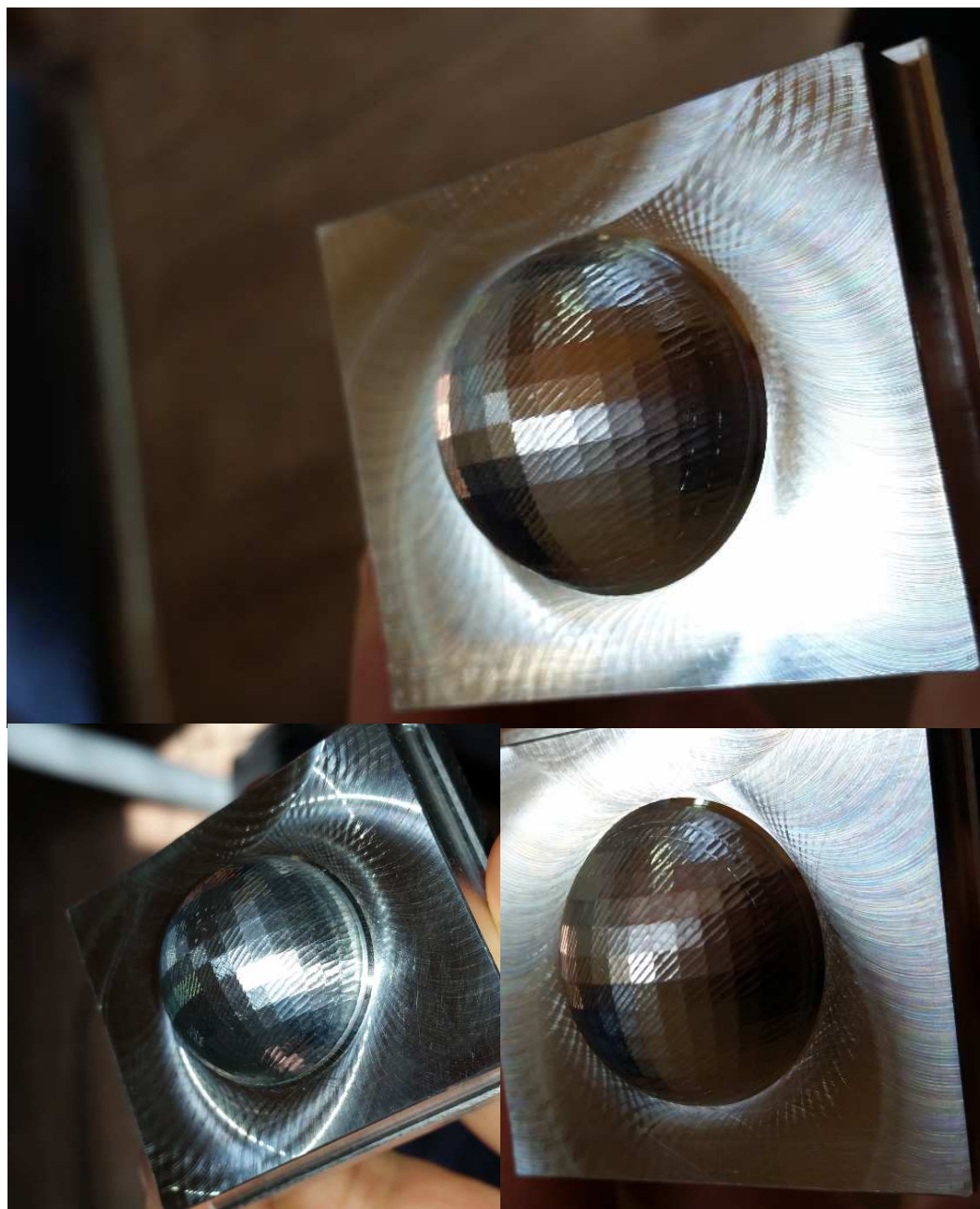
Tvrtka je odlučila prijeći na CAD/CAM sustav programiranja i uskoro su se pokazali rezultati kako u vidu brzine programiranja tako i u kvaliteti obrađenih obradaka.

Na slici vidimo nacrt jedne pozicije koja se je odradila u Rovigu d.o.o i po složenosti same pozicije možemo zaključiti da bi programiranje na stroju takve pozicije imalo predugo vrijeme pisanja programa, a i postojala bi uvijek opasnost od pogreške programera npr. kod programiranja pozicija rupa. Korištenjem CAD/CAM sustava za ovu poziciju je smanjilo vrijeme programiranja i otklonjena je mogućnost pogreške u vrlo velikoj mjeri.

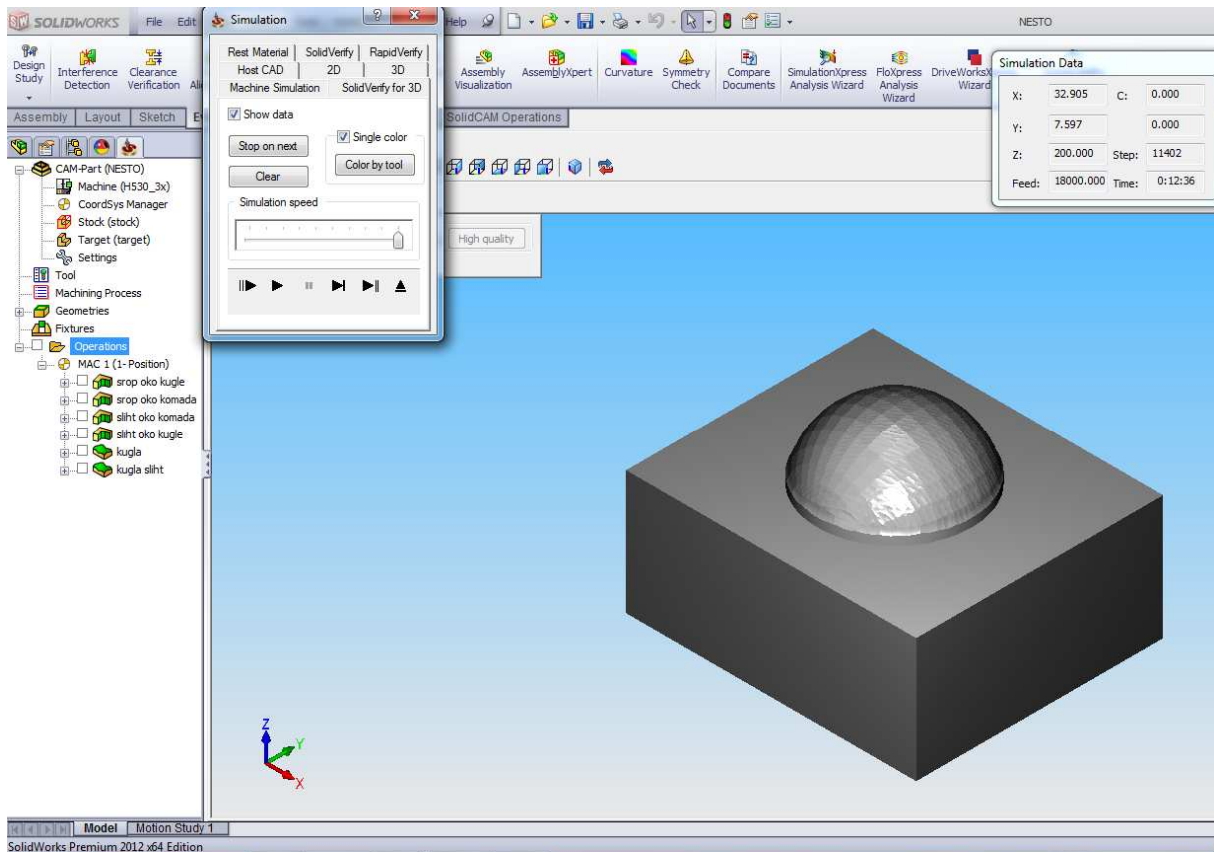


Slika 64. Nacrt pozicije odradene u tvrtki Rovigo d.o.o

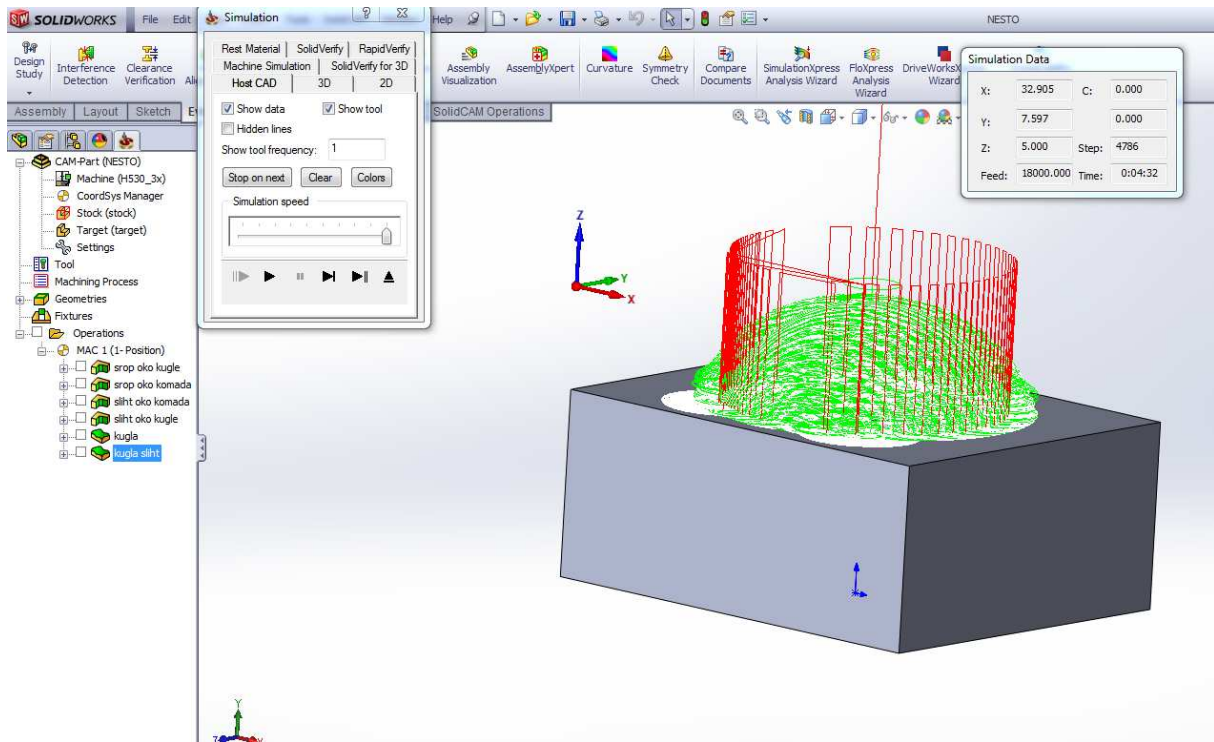
Uvođenjem CAM tehnologije u proizvodnju tvrtka Rovigo d.o.o je dobila također i naprednije mogućnosti obrada kao što je 3D glodanje. Na slici 65. ispod vidimo jedan obradak koji je glodan u tvrtki Rovigo 3D tehnikom glodanja, naravno programiran u CAM programskom alatu.



Slika 65. Primjer 3D glodane kuglice



Slika 66. Simulacija 3D glodanja kuglice



Slika 67. Simulacija putanje alata – 3D glodanje kuglice

6. Zaključak

Svakodnevno smo svjedoci napretku tehnologije gdje naravno ni CNC tehnologija ne zaostaje. U ovome radu se pokazalo kako Heidenhain način programiranja ima prednosti u odnosu na klasični G-kod no isto tako generiranje koda pomoću nekog CAM sustava je još efikasnije i točnije od bilo kojeg načina programiranja.

7. Literatura

1. <http://cadalati.blogspot.hr/2010/12/cnc-numericke-upravljani-alatni.html> (06.04.2016)
2. Blažević, Zdravko: „Programiranje CNC tokarilice i glodalice“, Virovitica, 2004
3. http://www.pinnacle-mc.com/en/products_LV116.html (05.01.2016)
4. <http://www.solidcam.com/> (05.01.2016)
5. Bošnjaković, Mladen; Stoić, Antun: „Programiranje CNC strojeva“, Slavonski Brod, 2011
6. <http://us.dmgmori.com/products/milling-machines/universal-milling-machines-for-5-sided-5-axis-machining/dmu-monoblock/dmu-65-monoblock> (06.04.2016)
7. <http://magazines.made-in-europe.nu/2013/06/matec-30-hv-versnelt-takeoff-mro-business-fokker-landing-gear/> (07.01.2016)
8. <https://www.fsb.unizg.hr/kas/Tehnologija%20I/Glodanje.pdf> (07.01.2016)
9. <https://www.scribd.com/doc/280943485/trolist-uputezaglodanjeprijevod6-pdf> (07.01.2016)
10. Trolist: „Optimizacija CNC obrade, Glodanje, bušenje, graviranje i rezanje“, Zaprešić
11. <http://salotehnik.hr/proizvodi/glodanje/> (10.01.2016)
12. http://www.sct-tools.com/pdfs/downloads/1401195667_SCT14036-03_BL_SCE_UK-DE.pdf (10.01.2016)
13. Bošnjaković, Mladen: „Numerički upravljani alatni strojevi“, Školska knjiga
14. http://www.heidenhain.com/en_US/documentation-information/technical-information/ (13.02.2016)
15. http://www.heidenhain.com/en_US/documentation-information/software/download-area/ (20.02.2016)
16. http://content.heidenhain.de/doku/tnc_guide/pdf_files/iTNC530/340490-xx/en/bhb.pdf (13.02.2016)
17. <http://www.solidworks.com/> (06.04.2016)
18. http://www.heidenhain.com/en_US/products-and-applications/touch-probes/ (06.04.2016)

Sažetak

Integriranje CAD/CAM/CNC lanca u proizvodnju

U ovom radu se je uspoređivao rad na stroju na klasičan način ručno programirajući pomoću G-koda. Nakon toga je to isto odrađeno programirajući Heidenhain Conversation načinom programiranja koji je vrlo pojednostavljen u odnosu na G-kod te samim time i brži. Na kraju je bilo potrebno i odrađiti poziciju CAD/CAM sustavom. Rezultati su pokazali da je CAD/CAM sustav daleko najbrži, najtočniji te naposljetku i najisplativiji. Primjer tome je tvrtka Rovigo d.o.o koja je početkom svog poslovanja sav posao odrađivala ručno programirajući pozicije na stroju. S vremenom je tvrtka uviđala prednosti CAD/CAM sustava da bi ih naposljetku skroz uvela u proizvodnju. Rezultati toga su vidljivi bili odmah te je tvrtka povećala proizvodnju i zaposlila još zaposlenika. Slijedeći cilj tvrtke je početi obrađivati 3D modele za što će CAD/CAM sustav također služiti.

Ključne riječi: CAD/CAM, CNC, HEIDENHAIN

Abstract

Integrating CAD / CAM / CNC chain in production

In this article was compared the work on the machine in the traditional manner by hand programming using G code. After that, it is also done programming Heidenhain Conversation mode programming which is very simplistic compared to G-code and thus faster. At the end it was necessary to position and do CAD / CAM system. The results showed that the CAD / CAM system is by far the fastest, most accurate, and finally and most cost-effective. An example of how the company Rovigo d.o.o which is beginning its operations all jobs as manually programmable positions on the machine. Over time, the company became apparent advantages of CAD / CAM systems to get them in the end all the way introduced in production. The results that have been seen immediately and the company increased production and hire more employees. The next goal of the company is to start processed 3D models for what CAD / CAM system can also serve.

Key words: CAD/CAM, CNC, HEIDENHAIN

Završni rad izrađen je u Bjelovaru, 27. travnja 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

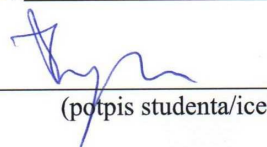
ZORAN DERGEZ

(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, 27.04.2016.

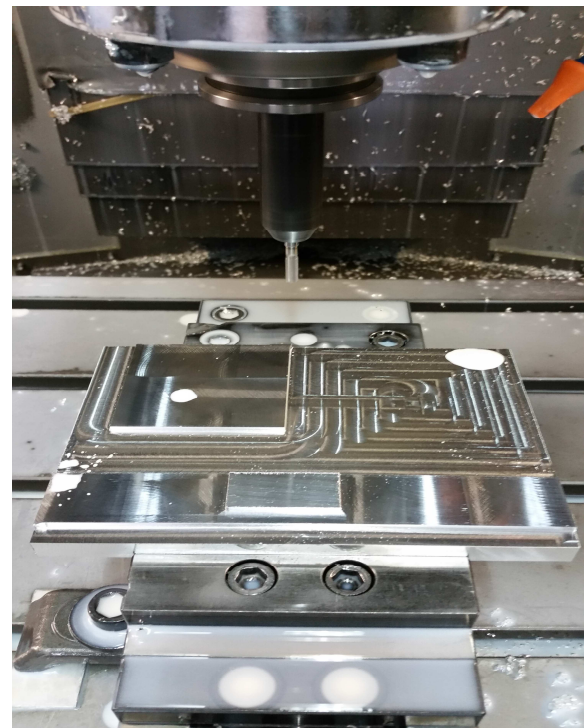
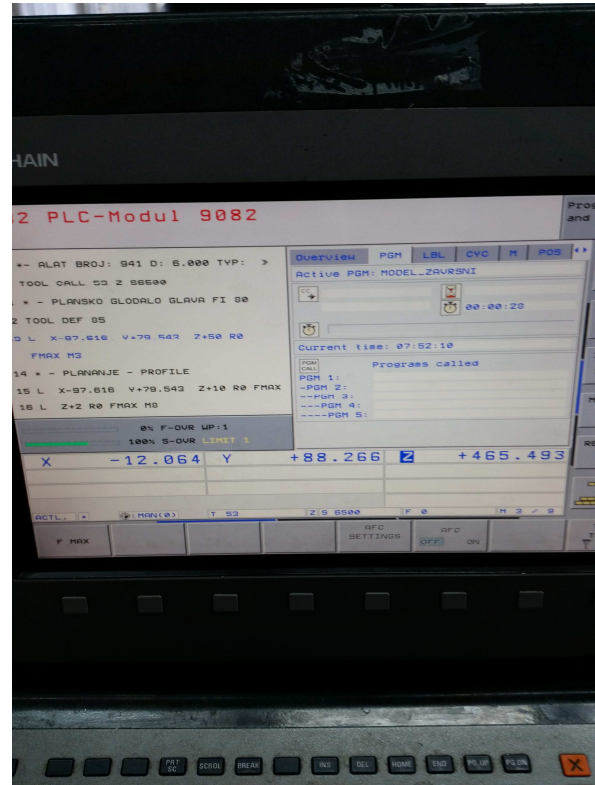

(potpis studenta/ice)

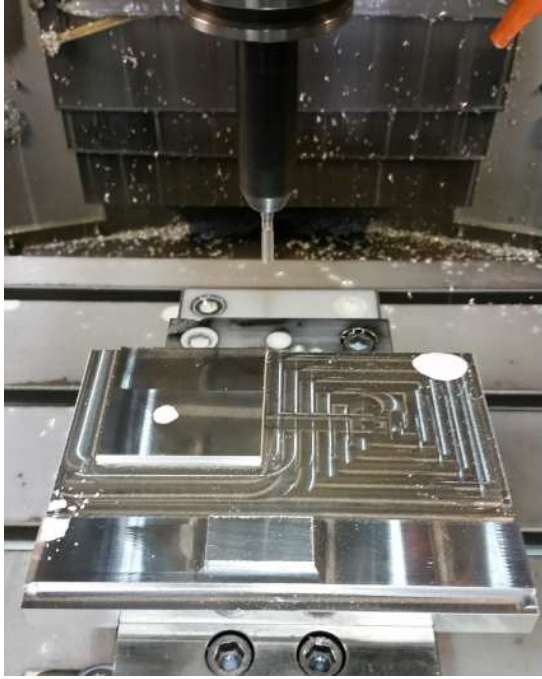
Prilozi

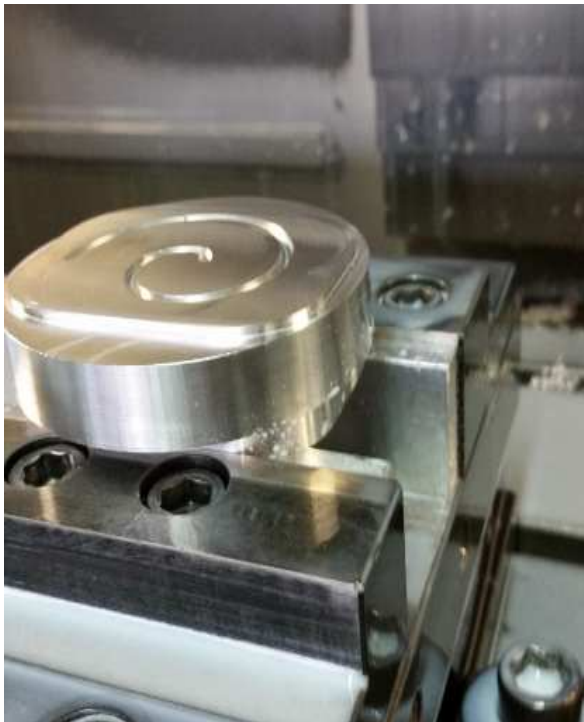
Prilog sadrži:

- Slike obrade,
- Dio postprocesora Heidenhain iTNC530,
- Dio Generiranog koda u programskom alatu *SolidWorks/SolidCam* obrade
“loga Visoke tehničke škole u Bjelovaru i tvrtke Rovigo d.o.o”,
- G – kod – obrade “*Spirale*”.

Slike obrade







Dio postprocesora Heidenhain iTNC530

@init_post

global string tool_diameter_f, comp, m9 inc_letter plane_letter cpos_f

global logical comp_usd, m_feed_flag ttext a_b_axis_used

global logical drill1 change_angle

global numeric save_feed a_save b_save

; Non GPPL variables

num_user_procs = 1

line_labels = TRUE ; Jump to N...

; GPPL variables

numeric_def_f = '5.3/3(P)'

integer_def_f = '5.0(PD)'

gcode_f = '2/2.0(P)'

mcode_f = '2/2.0(P)'

xpos_f = '+5.3/3(P)'

ypos_f = '+5.3/3(P)'

zpos_f = '+5.3/3(P)'

cpos_f = '+5.3/3(P)'

feed_f = '4.2(P)'

tool_diameter_f = '5.3(P)'

blknum_f = '4.0(DP)'

blknum_gen = TRUE

global numeric min_move save_xpos save_ypos save_zpos

global numeric delta_x delta_y delta_z

zeigen = false ; when one movment < min_move :zeigen = true zeigen2 = false

zeigen2 = true ; when two movments < min_move :zeigen = true zeigen2 = true

min_move = 0.05 ; remove arc < min_move

; ----- remove arc < min_move -----

; trace "@move_4x,@line_4x,@rapid_move,@line":5

; trace "@change_ref_point":5

; trace "@start_of_file":5;

```

; trace "all ":1
endp
.
.
.
.
if machine_plane eq xy
    if delta_y < min_move and delta_x < min_move
        if arc_size ne 360
            {nl,'*** Verfahrbewegung im naechsten R in X = 'delta_x'mm'}
            {nl,'*** Verfahrbewegung im naechsten R in Y = 'delta_y'mm'}
            {nl,'*** xpos = 'xpos}
            {nl,'*** ypos = 'ypos}
            {nl,'*** xcenter_rel = 'xcenter_rel}
            {nl,'*** ycenter_rel = 'ycenter_rel}
        endif
    endif
endif
if machine_plane eq zx
    if delta_x < min_move and delta_z < min_move
        if arc_size ne 360
            {nl,'*** Verfahrbewegung im naechsten R in X = 'delta_x'mm'}
            {nl,'*** Verfahrbewegung im naechsten R in Z = 'delta_z'mm'}
            {nl,'*** xpos = 'xpos}
            {nl,'*** zpos = 'zpos}
            {nl,'*** xcenter_rel = 'xcenter_rel}
            {nl,'*** zcenter_rel = 'ycenter_rel}
        endif
    endif
endif
endif
endp

```

**Dio programa generiranog u programskom alatu
SolidWorks/SolidCam – „logo Visoke tehničke škole u Bjelovaru i
tvrtke Rovigo d.o.o“**

0 BEGIN PGM ZAVRSNI MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0.000 Y+0.000 Z-20.000
2 BLK FORM 0.2 X+200.000 Y+150.000 Z+0.000
3 *- ALAT BROJ: 53 D: 80.000 TYP: GLAVA FI 80
4 *- ALAT BROJ: 85 D: 16.000 TYP: SROPER FI 16
5 *- ALAT BROJ: 109 D: 6.000 TYP: SROPER FI 6
6 *- ALAT BROJ: 92 D: 4.000 TYP: SLIHTER FI 4
7 *- ALAT BROJ: 91 D: 3.000 TYP: SLIHTER FI 3
8 *- ALAT BROJ: 61 D: 6.000 TYP: GRAVUR STIKEL
9 *- ALAT BROJ: 941 D: 6.000 TYP: KUGLA FI 6
10 TOOL CALL 53 Z S6500
11 * - PLANSKO GLODALO GLAVA FI 80
12 TOOL DEF 85
13 L X-97.616 Y+79.543 Z+50.000 R0 FMAX M3
14 * - PLANANJE - PROFILE
15 L X-97.616 Y+79.543 Z+10.000 R0 FMAX M
16 L Z+2.000 R0 FMAX M8
17 L Z-1.500 R0 F1500 M
18 L Y+39.542 RL M
19 L X+272.316 RL M
20 L Y+79.543 R0 M
21 L Z+10.000 R0 FMAX M
22 L X-97.616 R0 FMAX M
23 L Z+0.500 R0 FMAX M
24 L Z-3.000 R0 F1500 M
25 L Y+39.542 RL M
26 L X+272.316 RL M
27 L Y+79.543 R0 M
28 L Z+10.000 R0 FMAX M
29 L X-97.616 R0 FMAX M
30 L Z-1.000 R0 FMAX M
31 L Z-3.014 R0 F1500 M
32 L Y+39.542 RL M
33 L X+272.316 RL M
34 L Y+79.543 R0 M
35 L Z+10.000 R0 FMAX M
36 L X+302.316 Y+121.954 R0 FMAX M
37 L Z+2.000 R0 FMAX M8
38 L Z-1.500 R0 F1500 M
39 L Y+161.954 RL M
40 L X-67.616 RL M

.
. .
. .
. .

.
. .
26129 L X+102.160 Z-0.934 R0 M
26130 L X+103.357 Z-0.892 R0 M
26131 L X+104.794 Z-0.905 R0 M
26111 L X+102.846 Z-0.822 R0 M
26112 L X+101.405 Z-0.833 R0 M
26113 L X+99.964 Z-0.936 R0 M
26114 L X+99.724 Z-0.945 R0 M
26115 L X+99.244 R0 M
26116 L X+98.763 Z-0.982 R0 M
26117 L X+98.523 Z-1.004 R0 M
26118 L X+98.283 Z-1.014 R0 M
26119 L X+97.562 R0 M
26120 L Z+10.000 R0 FMAX M
26121 L X+96.893 Y+17.933 R0 FMAX M
26122 L Z+0.986 R0 FMAX M
26123 L Z-1.014 R0 F500 M
26124 L X+98.329 R0 M
26125 L X+98.808 Z-0.992 R0 M
26126 L X+100.245 R0 M
26127 L X+100.724 Z-0.963 R0 M
26128 L X+100.963 Z-0.946 R0 M
26129 L X+102.160 Z-0.934 R0 M
26130 L X+103.357 Z-0.892 R0 M
26131 L X+104.794 Z-0.905 R0 M
26132 L X+105.512 Z-0.878 R0 M
26133 L X+106.949 R0 M
26134 L X+107.667 Z-0.897 R0 M
26135 L X+109.104 Z-0.903 R0 M
26136 L X+109.822 Z-0.943 R0 M
26137 L X+111.977 Z-0.949 R0 M
26138 L X+112.695 Z-0.976 R0 M
26139 L X+113.414 Z-1.010 R0 M
26140 L X+113.653 Z-1.013 R0 M
26141 L Z+10.000 R0 FMAX M
26142 L X+107.155 Y+16.948 R0 FMAX M
26143 L Z+0.933 R0 FMAX M
26144 L Z-1.067 R0 F500 M
26145 L X+105.169 R0 M
26146 L Z+10.000 R0 FMAX M
26147 L X+109.878 Y+37.648 R0 FMAX M
26148 L Z+0.965 R0 FMAX M
26149 L Z-1.035 R0 F500 M
26150 L X+110.121 Z-1.018 R0 M
26151 L Z+10.000 R0 FMAX M
26152 L Z+150.000 R0 FMAX M05
26153 L R F M30
26154 END PGM ZAVRSNI MM

G – kod obrade „Spirale“

```
%SPIRALA G71 *
N10 G30 G17 X-45 Y-45 Z-30*
N20 G31 G17 X+45 Y+45 Z+0*
;
N30 G90*
N35 T9 G17 S3000 F1000*
N40 G00 X+70 Y+0 G42 M3*
N45 G01 Z-20 G42*
N50 G01 X+45 Y+0 G42 F100*
N55 I+0 J+0*
N60 G01 X+45 Y+0 G42 F200 M3*
N65 G03 X+0 Y+45*
N70 G00 Z+50*
N75 M0*
N80 G90*
N85 T9 G17 S3000 F1000*
N90 G00 Z+20 M3*
N95 G01 X-70 Y+0 G40 F1000*
N100 G01 Z+0*
N105 G01 X-27 F120*
N110 G03 X-27 Y+0 I+27 J+0*
N115 G01 X+0 Y+0*
N120 G01 Z+3*
N125 G00 X-70*
N130 G00 Z-2*
N135 G01 X-40 G42 F80*
N140 G01 Y-10*
N145 G03 X-20 Y-30 R+20*
N150 G01 X+20*
N155 G03 X+40 Y-10 R+20*
N160 G01 Y+10*
N165 G03 X+20 Y+30 R+20*
N170 G01 X-20*
N175 G03 X-40 Y+10 R+20*
N180 G01 Y-10*
N185 G01 Z+3 G40*
N190 G00 Z+40*
N195 G00 M0*
N200 T91 G17 S6500 F300*
N205 G00 X+5 Y+0 G40 M3*
N210 G00 Z+3*
N215 G01 Z-1.5 F20*
N220 G03 X+0 Y+5 R+5 F40*
N225 G03 X-10 Y-5 R+10*
N230 G03 X+5 Y-20 R+15*
N235 G03 X+25 Y+0 R+20*
N240 G03 X+0 Y+25 R+25*
N245 G03 X-30 Y-5 R+30*
N250 G01 Z+3 F100*
N255 G00 Z+40*
N260 G00 M30*
;
N99999999 %SPIRALA G71 *
```