

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog dodiplomskog studija

Mladen Čeliković
12024430

Slavonski Brod, 2011.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog dodiplomskog studija

Mladen Čeliković
12024430

Voditelj diplomskog rada:
doc. dr. sc. Tomislav Galeta

Slavonski Brod, 2011.

I. AUTOR

Ime i prezime: Mladen Čeliković

Mjesto i datum rođenja: Nova Gradiška, 5. 12. 1970. g.

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Datum završetka nastave: 2011.g.

Sadašnje zaposlenje: Projektant u uredu tehničke pripreme
„Tehnomodul“d.o.o., Zagreb

II. DIPLOMSKI RAD

Naslov: Primjena računalnih alata za postizanje visoke točnosti kod numerički upravljane strojne obrade

Broj stranica: 65 slika: 43 tablica: 2 priloga:2 bibliografskih podataka: 3

Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen: **STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU**

Postignut akademski naslov: **diplomirani inženjer strojarstva**

Voditelj rada: doc. dr. sc. Tomislav Galeta

Obranjeno na **Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu**

Oznaka i redni broj rada: _____

III. OCJENA I OBRANA

Datum preuzimanja zadatka: 15. 7. 2011.

Datum predaje rada: 23. 9. 2011.

Datum obrane rada: _____

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog
rada prema kojim je rad obranjen:

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
STROJARSKI FAKULTET
U SLAVONSKOM BRODU
Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite

U Slavonskom Brodu, 15. 7. 2011.

DIPLOMSKI ZADATAK

Pristupnik: MLADEN ČELIKOVIĆ

Zadatak: Primjena računalnih alata za postizanje visoke točnosti kod numerički upravljane strojne obrade

Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:

1. Opisati značajke obratka visoke točnosti
2. Razmotriti dostupne računalne alate
3. Prirediti izvedbenu dokumentaciju, tehnologiju i pripadni numerički program
4. Razmotriti moguća poboljšanja i smjernice za postizanje visoke točnosti

U diplomskom se radu treba obvezno pridržavati **Uputa za izradu diplomskog rada.**

Zadatak uručen pristupniku: 15. 7. 2011.

Rok predaje diplomskog rada: 23. 9. 2011.

Datum predaje diplomskog rada:

**PREDSJEDNIK POVJERENSTVA
ZA DIPLOMSKE ISPITE:**

prof. dr. sc. Franjo Matejiček

ZADATAK ZADAO:

doc. dr. sc. Tomislav Galeta

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, koristeći se vlastitim znanjem i navedenom literaturom.

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Tomislavu Galeti na svesrdnoj pomoći, strpljenju, razumijevanju i trošenju svog slobodnog vremena tijekom godišnjeg odmora!

Zahvaljujem se gospodinu Zoranu Dimitriću iz poduzeća „Elcon-Geretebau, CNC-obrađa metala“, Rijeka, na pomoći oko praktičnog dijela mog diplomskog rada.

Isto tako se zahvaljujem gospodinu Darku Heraku iz predstavništva „Mastercam-a“ za Hrvatsku koji mi je dao puno korisnih savjeta vezano za primjenu računalnih alata za postizanje visoke točnosti.

Moram istaknuti da sam tijekom završetka studija i izrade ovog rada imao punu podršku i razumijevanje mog poslodavca g. Josipa Živića, na čemu mu se iskreno zahvaljujem.

Na kraju, ali ne i najmanje, zahvaljujem se mojoj obitelji koja mi je bila podrška tijekom cijelog studija i posebno mojoj zaručnici Renati bez koje se uopće ne bih usudio, nakon višegodišnjeg pauziranja, upisati godinu, položiti preostale ispite i pripremiti ovaj rad koji je pred vama!

SAŽETAK

U diplomskom radu su razmotrene smjernice primjene računalnih alata za postizanje visoke točnosti kod numerički upravljane strojne obrade. Smjernice su razmotrene na pripremi numeričkog koda za odabrani predmet. Prethodno su razmotreni dostupni računalni alati za pripremu numeričkog koda alatnih strojeva te je odabran program Mastercam za pripremu koda. U odabranom program je izrađena izvedbena dokumentaciju, tehnologija i pripadni numerički program. Nakon izrade i provjere numeričkog program za strojnu obradu, razmotrena su moguća poboljšanja i smjernice za postizanje visoke točnosti.

Ključne riječi:

- računalom podržano konstruiranje
- računalom podržana proizvodnja
- računalna numerička kontrola
- numeričko upravljanje
- strojna obrada
- visoka preciznost

SADRŽAJ

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

1	UVOD	1
1.1.	CNC PROGRAMIRANJE	3
2	PREGLED DOSTUPNIH RAČUNALNIH ALATA	5
2.1.	MASTERCAM X ZA GLODANJE.....	5
2.2.	SOLIDWORKS, SOLIDCAM.....	10
2.3.	SOFTVERSKI CAD/CAM PAKET CATIA	13
2.4.	PROGRAM ESPRIT	15
3	PRIPREMA NUMERIČKOG PROGRAMA VISOKE TOČNOSTI	17
3.1.	ZNAČAJKE OBRATKA VISOKE TOČNOSTI	17
3.2.	OBRADNI CENTAR HERMLE C30 U	19
3.3.	PODEŠAVANJE POSTAVKI ZA PROGRAMIRANJE STROJA.....	20
3.4.	TEHNOLOŠKE OPERACIJE OBRADE KOMADA	22
3.4.1	<i>Poravnavanje čela komada</i>	<i>24</i>
3.4.2	<i>Gruba obrada konture R=54mm</i>	<i>25</i>
3.4.3	<i>Obrada vanjske konture komada, semi_finish.....</i>	<i>27</i>
3.4.4	<i>Otvaranje konture utora u ravnini Y-Z.....</i>	<i>29</i>
3.4.5	<i>Zabušivanje za provrt $\Phi 7.1\text{mm}$</i>	<i>31</i>
3.4.6	<i>Bušenje provrta $\Phi 7.1\text{mm}$.....</i>	<i>32</i>
3.4.7	<i>Otvaranje utora u gornjoj X-Y ravnini</i>	<i>33</i>
3.4.8	<i>Glodanje utora u gornjoj ravnini X-Y</i>	<i>34</i>
3.4.9	<i>Završna obrada vanjske konture komada.....</i>	<i>36</i>
3.4.10	<i>Završna obrada gornjeg dijela utora u ravnini Y-Z.....</i>	<i>38</i>
3.4.11	<i>Završna obrada donjeg dijela utora u ravnini Y-Z</i>	<i>39</i>
3.4.12	<i>Završna obrada utora u ravnini X-Y, gornjoj ravnini.....</i>	<i>41</i>
3.4.13	<i>Završna obrada konture utora u gornjoj ravnini, X-Y</i>	<i>42</i>
3.4.14	<i>Graviranje oznake na gornjoj površini komada.....</i>	<i>44</i>
3.4.15	<i>Skidanje oštih rubova na gornjoj površini, 1. dio.....</i>	<i>46</i>
3.4.16	<i>Skidanje oštih rubova na gornjoj površini, 2. dio.....</i>	<i>47</i>
3.4.17	<i>Skidanje oštih rubova na utoru prednje strane.....</i>	<i>49</i>
3.4.18	<i>Čeona obrada s druge strane</i>	<i>50</i>

4	MOGUĆA POBOLJŠANJA I SMJERNICE ZA POSTIZANJE VISOKE TOČNOSTI.....	51
5	ZAKLJUČAK.....	55
6	LITERATURA	56
7	PRILOZI	57

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

R_m Vlačna čvrstoća, N/mm²

E Modul elastičnosti, N/mm²

CAM (engl. *Computer Aided Manufacturing*) računalom podržana proizvodnja

CAD (engl. *Computer Aided Design*) računalom podržano konstruiranje

CNC (engl. *Computer Numerical Control*) numeričko upravljanje vođeno računalom

NC (engl. *Numerical Control*) numeričko upravljanje

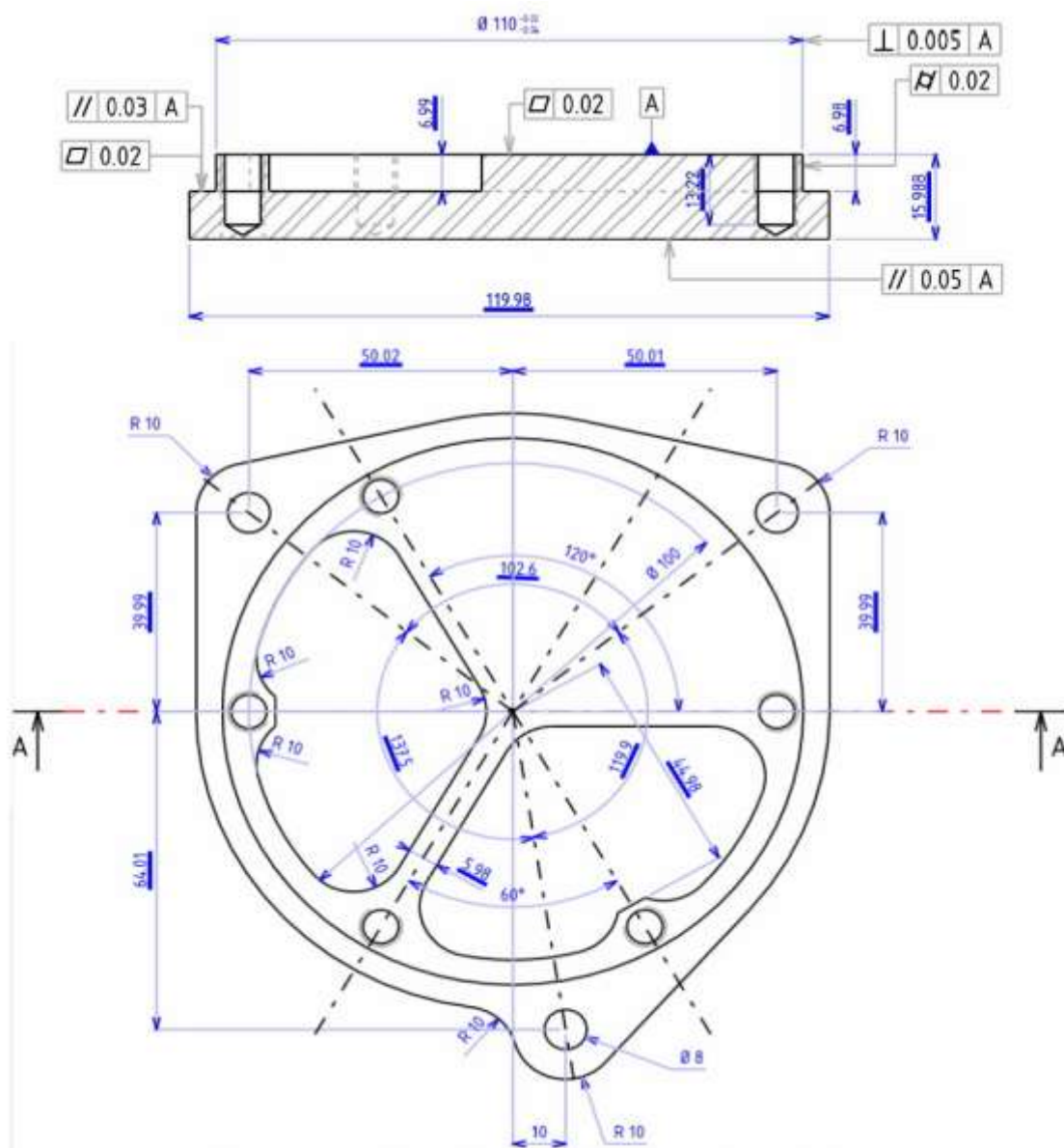
PDM (engl. *Product Data Management*) upravljanje podacima o proizvodnji

STL (engl. *Standard Triangular Language*) opis 3D modela pomoću usmjerenih trokuta

1 UVOD

U ovom diplomskom radu su razmotrene smjernice primjene računalnih alata odnosno specijaliziranih računalnih paketa za postizanje visoke točnosti kod numerički upravljane strojne obrade. Računalni paketi koji se u tu svrhu koriste u pravilu se svrstavaju u skupinu paketa objedinjenih pod izrazom “računalom podržana proizvodnja” odnosno poznatiji pod kraticom CAM¹.

Pod visokom točnosti podrazumijevamo stupanj podudaranja svojstava predmeta sa zadanim geometrijskim (dimenzijama, oblikom), mehaničkim i fizikalnim svojstvima. Što je veća podudarnost, to je veća točnost obrade.

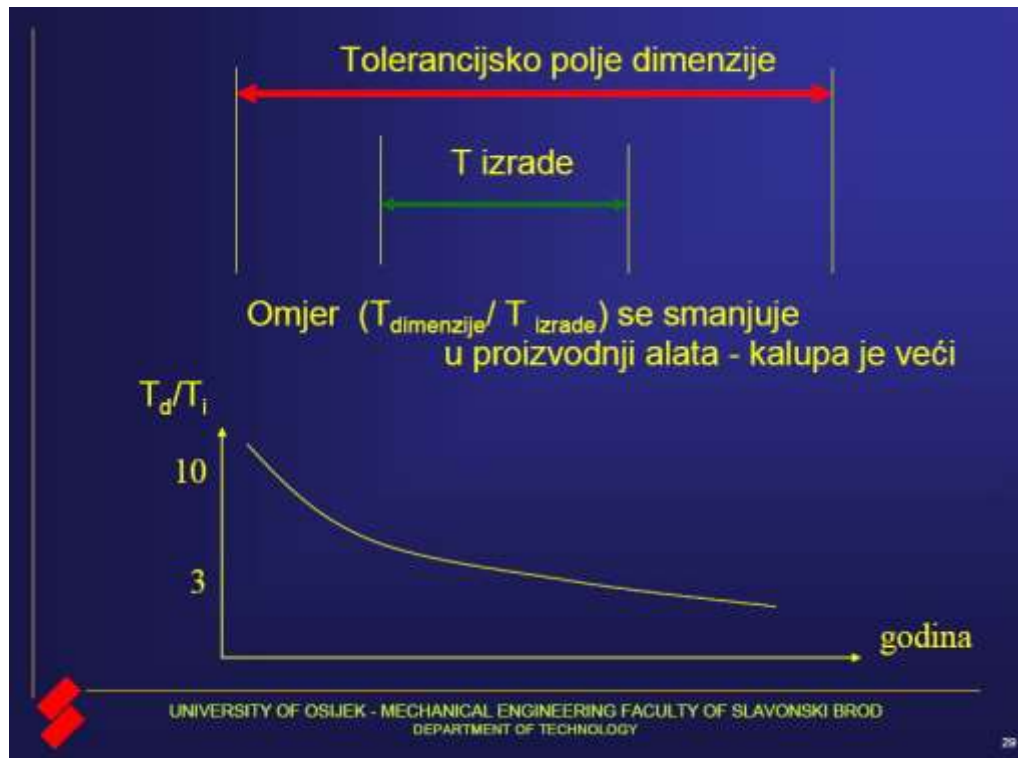


Slika 1.1 Primjer proizvoda s visokim zahtjevom za točnost izrade

¹ Na engleskom CAM: Computer Aided Manufacturing

Pojam točnosti obuhvaća:

- točnost mjera,
- točnost oblika površine,
- točnost međusobnog oblika dviju ili više površina.



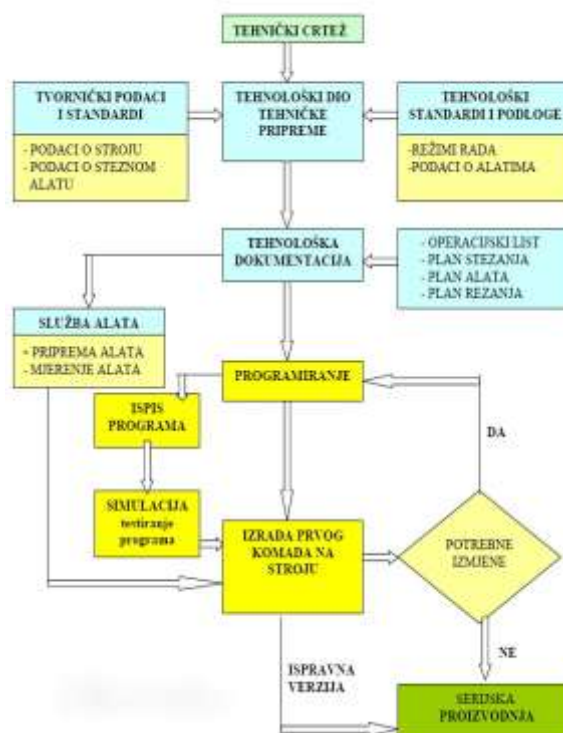
Slika 1.2 Definicija točnosti izrade komada

Numerički upravljana strojna obrada CNC² u sustavu s mikroprocesorom omogućuje izmjenu programa na samom stroju, a također je moguće provesti određene izmjene i tijekom obradbe predmeta. To svojstvo omogućuje veliku fleksibilnost u radu, uštedu u vremenu te je pridonijelo raširenosti uporabe CNC strojeva.

Smjernice su razmotrene na pripremi numeričkog koda za odabrani predmet. Prethodno su razmotreni dostupni računalni alati za pripremu numeričkog koda alatnih strojeva te je odabran program Mastercam za pripremu koda. U odabranom program je izrađena izvedbena dokumentaciju, tehnologija i pripadni numerički program. Nakon izrade i provjere numeričkog programa za strojnu obradu, razmotrena su moguća poboljšanja i smjernice za postizanje visoke točnosti.

² Kratica od engleski: Computer Numerical Control

1.1. CNC programiranje



Slika 1.3 Shematski prikaz procesa pripreme proizvodnje

Iz slike 1. 1 vidimo da samom programiranju prethodi odgovarajuća priprema koja se sastoji od izrade tehnološke dokumentacije u tehničkoj pripremi. Pri tome moramo prikupiti podatke o steznim i reznim alatima, stroju i režimima rada. Programiranje i sam ispis programa slijedi nakon što se izradi plan rezanja, koji je najvažnija tehnološka dokumentacija. Prije same izrade prvog komada na stroju vrši se simulacija programa.

Nakon što se izradi prvi komad na stroju i nakon eventualnih korekcija programa pristupa se serijskoj proizvodnji. Veoma važnu ulogu ima služba pripreme alata koja prema tehnologiji postavlja odgovarajuće alate u revolversku glavu i vrši izmjere i podešavanje alata.

Proces izrade dijelova na CNC stroju, kako smo vidjeli na prethodnoj shemi, sastoji se od slijedećih aktivnosti:

- razrada tehnologije i utvrđivanje redoslijeda zahvata, alata i režima rada
- priprema alata
- programiranje
- priprema stroja
- izrada prvog komada u seriji

- serijska proizvodnja

Većina nabrojanih aktivnosti postoji i kod klasičnih alatnih strojeva, međutim ono što je svojstveno CNC strojevima je programiranje.

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

Programiranje pomoću računala podrazumijeva automatsko programiranje samog računala na osnovu izabranih parametara programera kao što su dimenzije sirovca, put alata, izbor alata, režima rada itd. u posebnim softverima kao što su CATIA, MASTERCAM, SOLIDCAM i dr. Također je moguća simulacija programa i ispis samog programa u izabranim upravljačkim jedinicama. Ovime se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izrade programa, te je brža izrada prvog komada na stroju.

Definicija CAM-a:

CAM je oblik automatizacije u kojem se radne (operativne) informacije proizvodnoj opremi, strojevima, predaju izravno iz računala. Ta tehnologija se razvila iz numerički upravljanih strojeva s početka 50-tih, čijim radom se upravljalo pomoću niza kodiranih naredbi sadržanih na bušenim karticama ili bušenoj vrpci. Današnja računala mogu upravljati radom niza robota, glodalica, tokarilica, strojeva za zavarivanje i drugih strojeva i uređaja, transportirajući obradak od stroja do stroja, kako je operacija na prethodnom stroju završena. Takvi sustavi dozvoljavaju jednostavno i brzo reprogramiranje, što omogućuje brzu primjenu konstrukcijskih promjena. Napredniji sustavi, koji su obično integrirani s CAD sustavima, mogu upravljati i takvim zadaćama kao što su narudžbe dijelova, raspoređivanje i izmjena alata.

2 PREGLED DOSTUPNIH RAČUNALNIH ALATA

U ovom poglavlju ću ukratko opisati nekoliko dostupnih računalnih alata koji danas nalaze široku primjenu u industriji koja podrazumijeva strojnu obradu. Njihova zajednička značajka je da su pomoć u konstruiranju, dizajniranju proizvoda, odnosno da služe za generiranje tehnologije strojne obrade i programa za rad CNC strojeva, to su CAM programi.

Iako ih ima dosta ja ću se osvrnuti na četiri: Mastercam (u komu je izrađena tehnologija i program za moj diplomski rad), SolidWorks/SolidCam, Catia i Esprit.

S razvojem hardware-a i software-a ručno programiranje pomoću računala postupno se razvilo u potpuno računalno pomognutu proizvodnju.

U početku su ti sustavi radili samo na geometrijskom području programiranja.

Trodimenzionalni CAD³ modeli postali su glavni nositelji informacija o proizvodu.

Brzi razvoj računalne tehnologije doveo je do toga da je moguće 3D modele prikazati ne samo kao žičani okvir nego kao solid, kruto tijelo.

Razvoj računalom pomognutog modeliranja (CAD) pratio je isto tako i razvoj računalom pomognutog programiranja koje je sada moglo iskoristiti potpune i precizne informacije o geometriji 3D modela.

Zbog rastuće primjene CAM programa i pristupačnosti platformi za izvođenje tih programa, CAM programi se vrlo često koriste za programiranje CNC strojeva.

Stvaranje CNC programa pomoću CAM software postaje nezamjenjivo, posebno kada su u pitanju komplicirani dijelovi i oblici. S ekspanzijom primjene CNC strojeva u području serijske proizvodnje potreba za pojednostavljenjem i produktivnosti CAM software-a je uveliko porasla.

Korisnici CAM programa moraju biti visoko obrazovani i iskusni stručnjaci koje će moći kombinirati znanje programiranja i projektiranja tehnologije strojne obrade za traženi obradak!

2.1. Mastercam X za glodanje

U Mastercam X za glodanje možemo naći:

DOBRU POTPORU ZA MODELIRANJE

S prilagođenim CAD modulom modeliranje postaje sasvim jednostavno. Svaki objekt već u izradi vidimo i koristimo kao "aktivni" objekt, kojega možemo prepravljati sve dok u

³ Na engleskom, CAD : Computer Aided Design

potpunosti ne odgovara našim potrebama. Klasične funkcije zahtijevaju samo nekoliko klika mišem, a Mastercam automatski pojednostavljuje izradu i najzahtjevnijih oblika.

- Brzo i jednostavno modeliranje širokog spektra parametarskih površina,
- Asocijativne kote se prilagođavaju ako promijenimo model.
- Snažni alati za uređivanje, npr. novi alat za produživanje površina.

PREPOZNAVANJE PROMJENA

U svakoj radionici susrećemo se s konstrukcijskim problemima. Dosta često je teško slijediti u kojoj datoteci smo spremili posljednje promjene, koje promjene modela su bile napravljene i koje obrade je potrebno doraditi.

Mastercam X je opremljen s dva alata pomoću kojih se jednostavno otkrivaju i rješavaju spomenute poteškoće: alat za slijeđenje datoteka i alat za prepoznavanje promjena. Ove funkcije izuzetno su značajne kod velikih datoteka s mnogobrojnim operacijama.

STALNO "PRI RUCI"

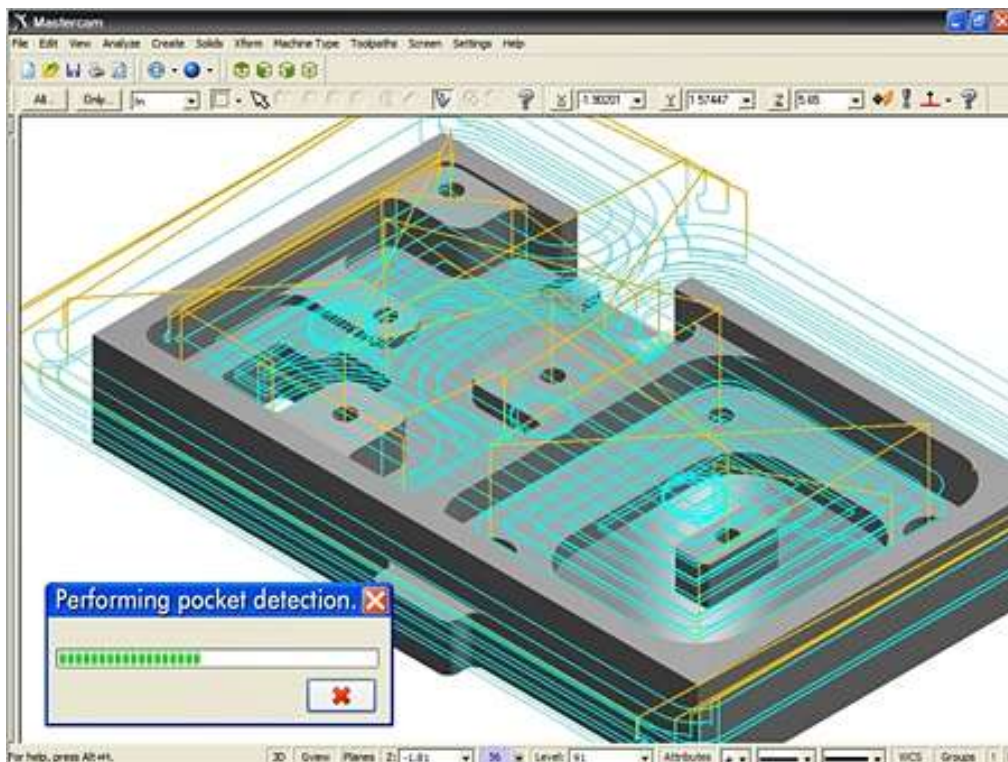
Mastercamov "upravitelj operacija" ujedinjuje sve elemente našeg rada na jednom mjestu, omogućava izradu, uređivanje i provjeravanje obrada, kopiranje parametara i alata iz jedne operacije u drugu. Iz upravitelja operacija možemo uređivati i tijela.

DEFINIRANA RADIONICA

Mastercam predstavlja novi način proizvodnje koji garantira da će željeni proizvod biti odrađen onako kako je raspoređen posao u radionici, to omogućuju alati za definiciju stroja i definiciju upravljanja. Dakle, definiramo sve strojeve i pristupamo izradi "komada" prema unaprijed zadanim organizacijskim kriterijima.

ASOCIJATIVNE OBRADNE

- Potpuna asocijativnost objekata s obradom znači da po svakoj promjeni (popravku) na objektu ista promjena se automatski prenosi i na parametre obrade.
- Često korištene operacije možemo spremiti u knjižnicu te time automatizirati programiranje. Kao primjer možemo uzeti operaciju kojom zabušavamo, bušimo i urezujemo navoj

OBRADA DŽEPOVA, KONTURA, BUŠENJE

Slika 2.1 Obrada džepova u Mastercam-u

Mogu se izabrati razni načini 2D obrada, od vrlo jednostavnih do složenih, važno je spomenuti da Mastercam nudi sve alate za maksimalnu učinkovitost.

- Može se koristiti više pristupa obradi džepova, cik-cak, u spirali, u spirali s konstantnim prekrivanjem i kombinirane obrade, kod svakog pristupa moguće je dodavanje završnog (finog) reza.
- Post obrada kontura i džepova s manjim alatom koji automatski počisti ostatke od prijašnje obrade.
- U jednom koraku mogu se odabrati više područja obrade odjednom.
- Početak obrade može se odrediti bilo gdje na obratku.
- Čeonom obradom može se počistiti materijal s odljevka ili cijelog sirovca.
- Jednostavna obrada 2D i 3D kontura, kao i parametarskih i krivulja.

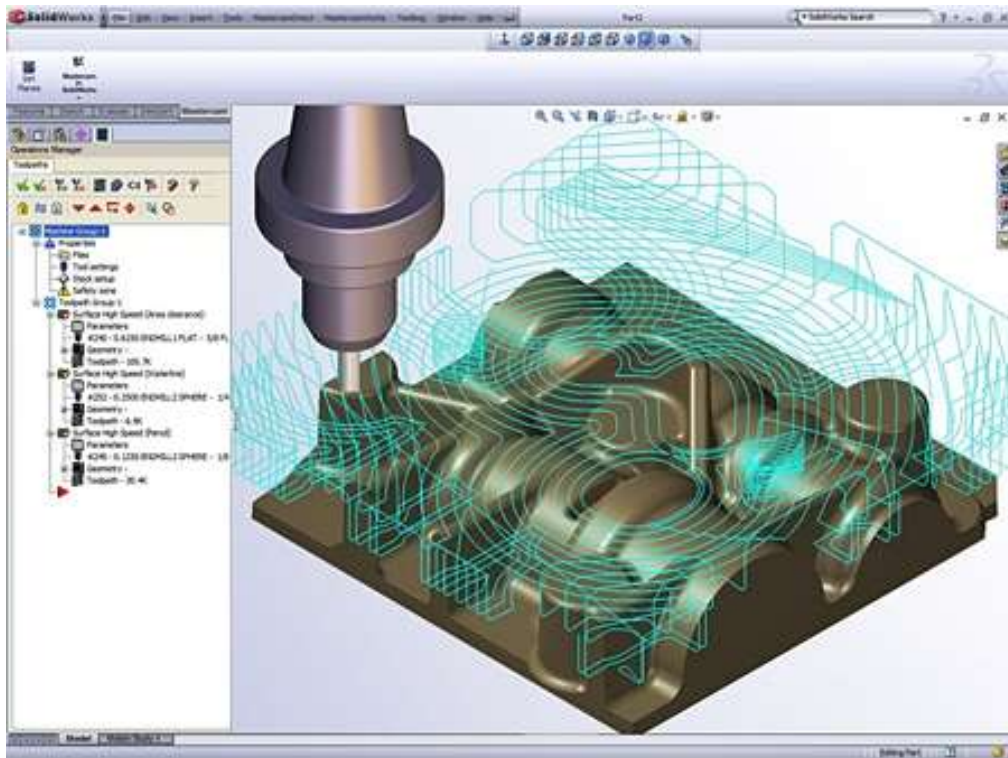
Ako je aktivan dodatak za rad s tijelima, Mastercam prepoznaje i programira bušenje rupa sa zabušivanjem.

SNAŽNI ALATI ZA GRUBU OBRADU

Brzo i učinkovito oduzimanje materijala je osnova za kvalitetan NC⁴ program, a time i za učinkovitost. Mastercam nudi razne tehnike grube obrade za sve moguće oblike.

- Gruba obrada više površina, tijela ili kombinacija.
- Gruba obrada kontura ili džepova po konturama.
- Gruba obrada ostataka, obrade po konturama, automatski prepoznaje i obradi ostatke koje veći alat nije zbog geometrije mogao obraditi.
- Automatsko poravnavanje svih točaka potapanja olakšava zabušivanje tih područja za potrebe serijske proizvodnje.

SVESTRANA FINA OBRADA



Slika 2.2 Završna obrada u Mastercam-u

U Mastercamovoj paleti alata za finu obradu mogu se pronaći najpogodnije za različite potrebe:

- Fina obrada više površina, tijela (solid) ili kombinacija.
- 3D fina obrada “projekt“ po projekciji na površinu napravi povezanu gravuru koja slijedi više površina ili tijela (solids).

⁴ Na engleskom NC: Numerical Control

- Fina obrada s konstantnom visinom ostatka, odnosno konstantnom 3D udaljenošću između rezova, osigurava jednakomjernu hrapavost na vodoravnim kao i na iskošenim površinama.
- Fina obrada po površinskim krivuljama obradi jednu ili više površina po njihovom prirodnom obliku, a što omogućava izrazito glatko obrađenu konačnu površinu.

ČIŠĆENJE OSTATAKA

Materijal, koji ostane na obratku po nekoj od obrada, zahtijevao bi dodatnu ručnu obradu, no Mastercam prepoznaje neobrađena područja i omogućuje jednostavnu obradu ostataka. Time jednostavno, a u skladu s mogućnostima strojeva dobivamo obradu najbliže zahtjevima modela.

- Hibridna obrada ostataka samostalno prilagođava tehniku glodanja prema nagibima obradne površine.
- Konturna obrada ostataka samostalno prepoznaje i obradi isključivo područja koja prijašnji (veći alat) nije obradio zbog geometrije, a prepoznaje i kritične dubine.
- Obradu možemo označiti i s dvije kote nagiba površine, tako da se obrade strmiji ili položeniji dijelovi površina.

VISOKOBRZINSKA OBRADA

Visokobrzinska obrada je učinkovita tehnologija obrade za koju su značajne visoke brzine posmaka, visoki brojevi okretaja vretena, posebni alati i poseban način gibanja alata. Uvelike smanjuje vrijeme obrade i povećava kvalitetu obrade. Mastercam ima brojne funkcije koje širom otvaraju vrata u svijet visokobrzinskih obrada.

VIŠEOSNA OBRADA

- Upotreba dodatnih osi stroja omogućava sasvim nove mogućnosti obrade. S Mastercamovim višeosnim obradama možemo programirati brzo i učinkovito.
- Gruba i fina petosna obrada više površina.
- Petoosna obrada po površinskim krivuljama.
- Napredno sprečavanje zarezivanja pridonosi sigurnosti kod najzahtjevnijih operacija.
- Mastercamovo podešavanje kretanja alata nudi potpuni nadzor nad ulazom/izlazom, prelazima preko spojeva i prelascima između rezova.
- Petoosna obrada u više rezova po dubini.
- Petoosna konturna obrada po rubovima modela za odrez npr. vakuumiranih izradaka.
- Petoosno bušenje.

PROVJERA OBRADE

Mastercamov modul za provjeru obrade na osnovi tijela prikazuje nam tijek oduzimanja materijala od kvadratnog sirovca. Simulacija provjerava zarezivanje i prikazuje alat zajedno s držačem.

INTELIGENTNA OPTIMIZACIJA BRZINE OBRADE

S konstantnom brzinom obrade nije moguće doseći optimalni učinak obrade. Kod iste obrade varijabilna brzina obrade štedi vrijeme i novac, a smanjuje i habanje alata. Mastercam zna optimirati brzinu bilo koje dvo- ili troosne obrade prema volumenu materijala kojega se oduzima, a s obzirom na zadana ograničenja.

2.2. SolidWorks, SolidCAM

SOLIDCAM 2.5D GLODANJE

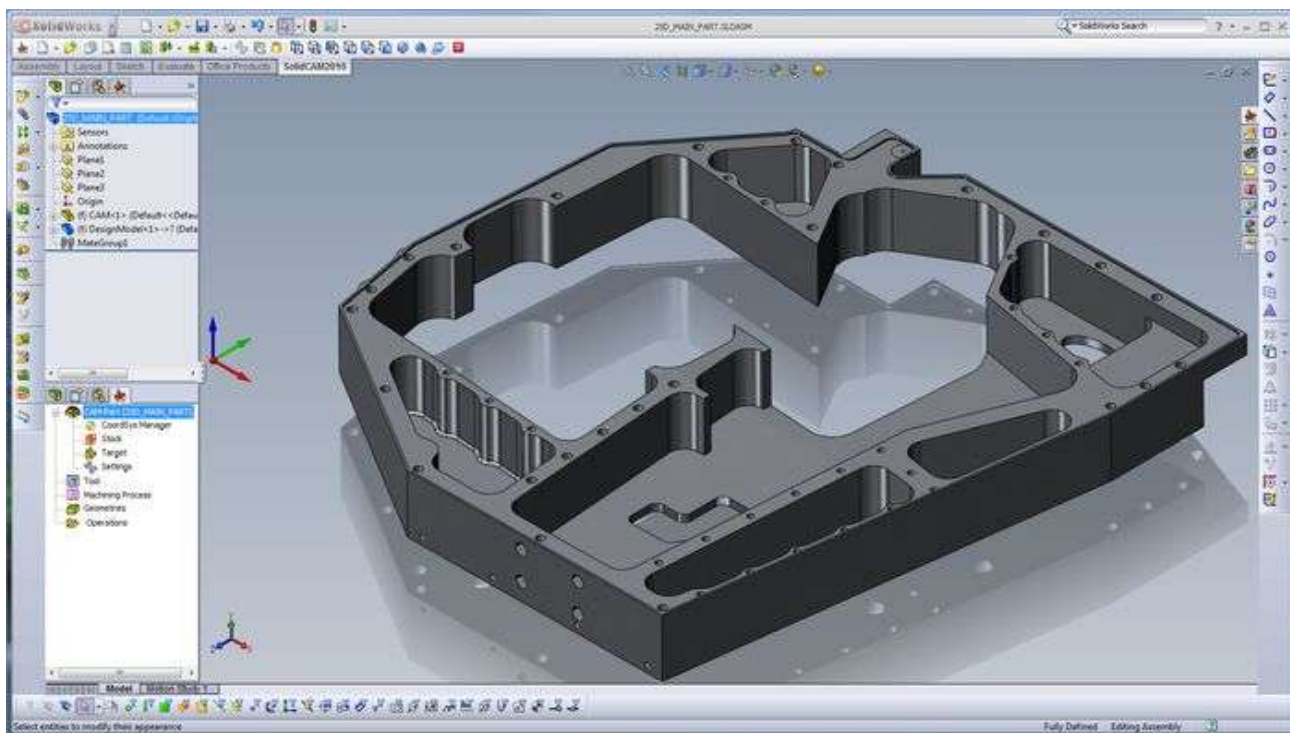
Najprodavaniji SolidCAM modul je 2.5D milling. Sadrži najnoviju tehnologiju obrada za vrlo jednostavnu primjenu i izradu 2.5D putanja alata.

Dizajniran je za napredne korisnike, a jednostavan za početnike, SolidCAM nudi tehnologiju automatskog prepoznavanja džepova, rupa.

Modul SolidCAM 2.5D je potpuno integriran u samo sučelje SolidWorks-a i nudi veliki spektar tehnologija.

Značajke:

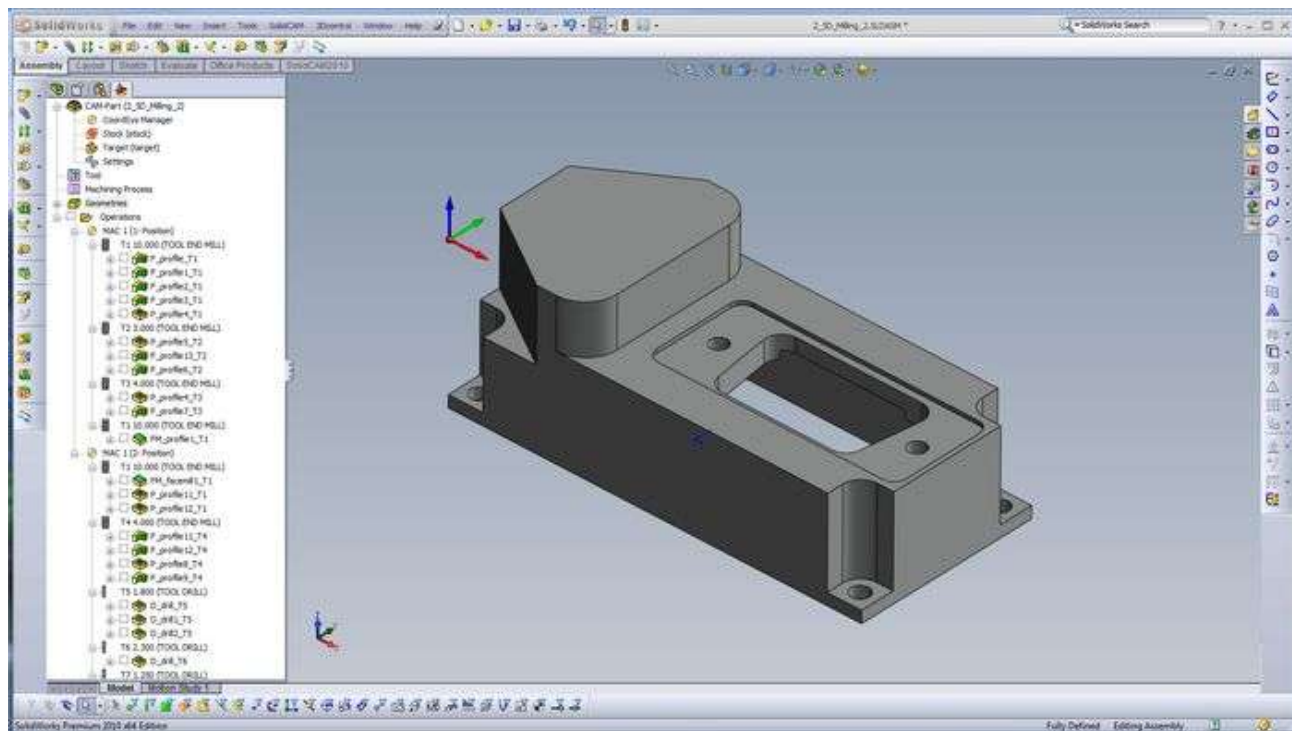
SOLIDWORKS DIJELOVI, SKLOPOVI, SKICE



Slika 2.3 Sučelje SolidWorks/SolidCama

Nudi jednostavan rad na 3D modelima, sklopovima, skicama kako bi lakše definirali svoje operacije (pomoćna geometrija). Jednostavan način dodavanja stege, ili bilo koje druge geometrije upotpunjuje simulaciju.

SOLIDACAM UPRAVITELJ OPERACIJA



Slika 2.4 SolidCam upravitelj operacija

Prolazi alata su snimljeni kao tehnologije (operacije) u CAM Manager-u, gdje se tehnologije mogu razmjestiti kako bi zamjenili raspored tehnologija. Isto tako tehnologije se mogu kopirati, odrezati, potisnuti. Selektiranjem raznih tehnologija (operacija) može se izvršiti simulacija ili generirati CNC program.

PREPOZNAVANJE DŽEPOVA

Tehnologija standardne Pocket operacije prelazi u jedan veći tehnološki nivo, nudeći automatsko prepoznavanje oblika džepa na modelu. Jednostavno se selektira površina koju treba obrađivati i „prepoznavanje džepova“ će pronaći sve džepove koji se mogu obraditi.

GLODANJE NAVOJA

SolidCAM-ova tehnologija nudi jednostavno sučelje i vrlo jednostavne postavke za programiranje glodanja navoja. Napredne opcije nude različite tehnologije glodanja navoja: grubo, fino, iz više prolaza, glodanje jednim dodiranjem ili iz više točaka.

3D KONTURE

Alat baziran na moćnoj tehnologiji „profil“, korisniku nudi mogućnosti prolaza glodalom po 2D ili 3D krivulji kroz prostor. Također nudi automatsku izradu skošenja na 3D modelu ukoliko se selektiraju određeni bridovi.

PREPOZNAVANJE RUPA ZA OPERACIJU BUŠENJA

Koristeći tehnologiju višeosnog bušenja SolidCAM pronalazi rupe na modelu gledajući kriterije koje su postavljene. Dakle, selektira se površina na modelu i program će pronaći sve rupe na toj površini. Definira se dijametar rupe i program će pronaći sve rupe tog dijametra na modelu.

OBRADA DŽEPOVA

Napredna obrada džepova podržava neograničen broj selekcija džepova i otoka. Geometriju džepa možemo definirati kao „otvorenu“, „poluotvorenu“ i „zatvorenu“, sa ili bez otoka. Inteligentni prolazi alata automatski pozicioniraju se izvan priprema skidajući materijal uvijek od otvorenog brida strategijama zig-zag ili one-way. Prilaz alata možemo definirati kao „spiralno“ ako ulazimo alatom u zatvorenu konturu.

PROFILNO GLODANJE

Kreira prolaz alata koji će pratiti bilo koju konturu u SolidWorks-u. Geometrija može biti definirana kao brid modela, geometrija skice, ili njihova kombinacija. Na jednostavan način možemo definirati i prolaz konturom iz više nivoa. Također možemo definirati grube i fine prolaze.

OBRADA PREOSTALOG MATERIJALA

Tehnologija nudi jednostavnu obradu neobrađenih dijelova modela. Ukoliko se obrada odradila većim alatom, i ostali su neki dijelovi neobrađeni; ova tehnologija pruža mogućnost da se postavi novi manji alat, te da se obrade samo oni dijelovi koji su ostali neobrađeni.

GLODANJE RAVNIH POVRŠINA (ČEONO GLODANJE)

Jednostavno se definira jedan ili više prolaza po visini. Korisnik selektira cijeli model, površinu, ili geometriju skice kako bi definirao putanju alata. Isto tako vrlo jednostavno se može postaviti produžetak ulaza i izlaza alata, postotak preklapanja, te prilaz samog alata konturi.

BUŠENJE

Jednostavno se definira ciklus bušenja. Sadrži standardne cikluse bušenja: obično bušenje, ciklus dubokog bušenja, razvrtavanja, rezanja navoja. Svi drugi ciklusi lako se mogu dodati izmjenom postprocesora.

2.3. Softverski CAD/CAM paket CATIA

CATIA je vodeći svjetski integrirani CAD/CAM programski paket nove generacije.

Budući da je razvijena prvenstveno za Windows PC platformu u potpunosti su iskorištene sve prednosti tehnologije Windowsa i osigurana potpuna kompatibilnost s Windows operativnim sustavom i ostalim aplikacijama (internet, Office).

U skladu s filozofijom Windowsa, kao i posebnom trudu da se CAD/CAM sustav približi korisnicima, CATIA V5 odlikuje se jednostavnošću prilikom učenja i korištenja, pružajući potpuno rješenje od dizajna do analize proizvodnje, s mogućnošću povezivanja proizvodnje s ostalim poslovnim procesima kao što su nabava, prodaja i slično.

Također, zahvaljujući svojoj tehnologiji, CATIA V5 nudi mogućnost inkorporiranja know-how tvrtke u samu jezgru programa, kako bi se podigla kvaliteta i ubrzali proizvodni procesi.

KOMUNIKACIJA / KOMPATIBILNOST SA POSLOVNIM PARTNERIMA

CATIA, standardni je softver u automobilske i avionske industriji, raširena je po Hrvatskoj i Sloveniji, a napose diljem Europe i svijeta. Treba istaknuti europsku automobilsku industriju, gdje su gotovo sve velike tvrtke i njihovi dobavljači standardizirani na softveru CATIA. Samim time, CATIA-format postao je standardnim formatom u razmjeni podataka među tvrtkama koje rade za automobilsku industriju.

VELIKA JEDNOSTAVNOST ZA UPOTREBU I VRLO KRATKO VRIJEME POTREBNO ZA UČENJE

Prije svega, treba napomenuti da je CATIA V5, kao izvorna aplikacija Windowsa, zamjetno lakša za učenje i upotrebu od drugih programskih paketa na tržištu. Zahvaljujući izvanredno riješenom korisničkom sučelju, softver zahtijeva bitno kraći proces učenja i uhodavanja.

VELIKA KVALITETA SVAKE POJEDINE APLIKACIJE

Kao što su solid i surface dizajn. CATIA je vrlo kvalitetan alat za oblikovanje površina i tijela koji radi u kontekstu sklopa s pristupom odozgo prema dolje i obrnuto.

NC PROIZVODNJA

CATIA V5 nudi module za NC, koji pokrivaju procese: tokarenja, 2 i 1-osnog, 3-osnog i 5-osnog glodanja, ujedno i najzahtijevnijeg. CATIA NC uključuje pak simulaciju, kao i velik broj standardnih post procesora.

Ukoliko postoje zahtjevi za specifičnim post procesorom, tim stručnjaka CATIE definira post procesor točno prema datim specifiktacijama. Velika fleksibilnost prilikom procesa konstruiranja još je jedna odlika CATIA-e V5.

SOLID SURFACE INTEGRACIJA (INTEGRACIJA TIJELA I POVRŠINA)

Korisnik može odabrati bilo koji od dva načina modeliranja i u svakom trenutku prijeći iz jednog u drugi modul bez ikakvih poteškoća i ograničenja.

UPOTREBA SURFACE (POVRŠINSKIH) MODELA

Ukoliko korisnik posjeduje samo površinski model (primjerice, onaj pristigao iz nekog drugog alata za dizajniranje putem nekog od formata), nije nužno pretvarati takav model u solid model kako bi ga se moglo koristiti primjerice za izradu alata, kreiranje nacrti ili generiranje NC programa.

FLEKSIBILNI PARAMETARSKI (VARIJABILNI) MODELER

Osnovna karakteristika parametarskog modeliranja u CATIA-i V5 jest velika fleksibilnost, što znači da se parametri mogu i ne moraju definirati u određenom trenutku. Nadalje, uvijek je moguća promjena vrijednosti parametara, kao i njihovo brisanje, dodavanje i ponovno povezivanje. Sve promjene na modelu mogu se i ne moraju manifestirati na aplikacijama vezanim na 3D model (sklopovi, nacrti, NC programi, rezultati analize).

SVEOBUHVA TNOST I INTEGRACIJA

Velik broj modula predstavlja rješenje od početka do kraja proizvodnog procesa.

CATIA V5 s preko sto različitih modula nudi potpuno rješenje za većinu proizvodnih procesa koji se javljaju unutar većine tvrtki (dizajn, analiza, proizvodnja, moduli za simulaciju, projektiranje instalacija i cjevovoda, moduli za simulaciju kretanja ljudskih figura unutar proizvodnih procesa.).

INTEGRACIJA U JEDNU KOMPAKTNU CJELINU

Svi moduli unutar CATIA-e V5 integrirani su u jednu cjelinu, što korisniku daje nove prednosti.

NEMA NEPOTREBNOG PREBACIVANJA IZ JEDNOG FORMATA U DRUGI

Jedan format podataka dokida potrebu transfera podataka među zasebnim aplikacijama, primjerice među aplikacijom za dizajn/konstrukciju i CAM aplikacijom (NC).

ASOCIJATIVNOST/UČENJE/INTEGRACIJA U POSLOVNI SUSTAV

Svaka promjena u pojedinoj fazi automatski se odražava na čitavu aplikaciju, čime se dokida vrijeme potrebno za ručno prepravljavanje. Potrebno je znatno kraće vrijeme učenja softvera, a i proces je bitno lakši, budući da korisnik, naučivši jednu aplikaciju, već ima snažne temelje za učenje ostalih, korisničkim sučeljem vrlo bliskih aplikacija.

Bez obzira treba li povezati proizvodne procese s poslovnim procesima unutar tvrtke (nabava, prodaja, skladištenje) ili jednostavno uspostaviti čvršću kontrolu nad CAD/CAM i drugim podacima, CATIA PDM⁵ sistem omogućuje maksimalno brzu i jednostavnu implementaciju.

2.4. Program ESPRIT

PROGRAM ZA SVAKI ALATNI STROJ

Sa svojim visokim performansama ESPRIT sustav nudi snažne alate za programiranje bilo kojeg CNC alatnog stroja. ESPRIT ima punu funkcionalnost spektra strojne obrade odvajanjem čestica uključujući tu programiranje za: glodanje, tokarenje, erodiranje, od 2 do 5 osi. Fleksibilan sustav ESPRIT ima vrijednost kod CNC programera jer ima opsežan skup obradnih ciklusa, sveobuhvatne alatne kontrole i sposobnost da u potpunosti podržava cijelu proizvodnju.

OBRADA BILO KOJE GEOMETRIJE

ESPRITovo CAD/CAM sučelje izravno uvozi model iz bilo kojeg izvora, potpuno netaknut, bez potrebe da programer uređuje ili obnavlja geometriju. ESPRIT obrađuje komad iz bilo koje kombinacije geometrija - tijela, površina, žičanog modela... - pružajući potpunu fleksibilnost proizvodnje. Započinjući od 100% potpune i točne geometrije dijela uklanja gotovo sve poteškoće u programiranju kompliciranih dijelova i značajno smanjuje vrijeme programiranja

⁵ Na engleskom PDM: Product Data Management

UNIVERZALNI POSTPROCESORI

ESPRIT ovi univerzalni postprocesori bez napora stvaraju G kod visoke kvalitete koji je potreban za rad alatnih strojeva. Dodatni tvornički certifikati za postove dostupni su za mnoge od vodećih brandova alatnih strojeva. ESPRIT otvorena arhitektura omogućuje laku prilagodbu bilo kojeg post procesora tako da odgovaraju osobnim željama programera i zahtjevima obrade. ESPRITov G-kod daje više vremena za obradu dijelova, dajući maksimalnu iskorištenost stroja i optimalnu kvalitetu dijela po najnižoj mogućoj cijeni.

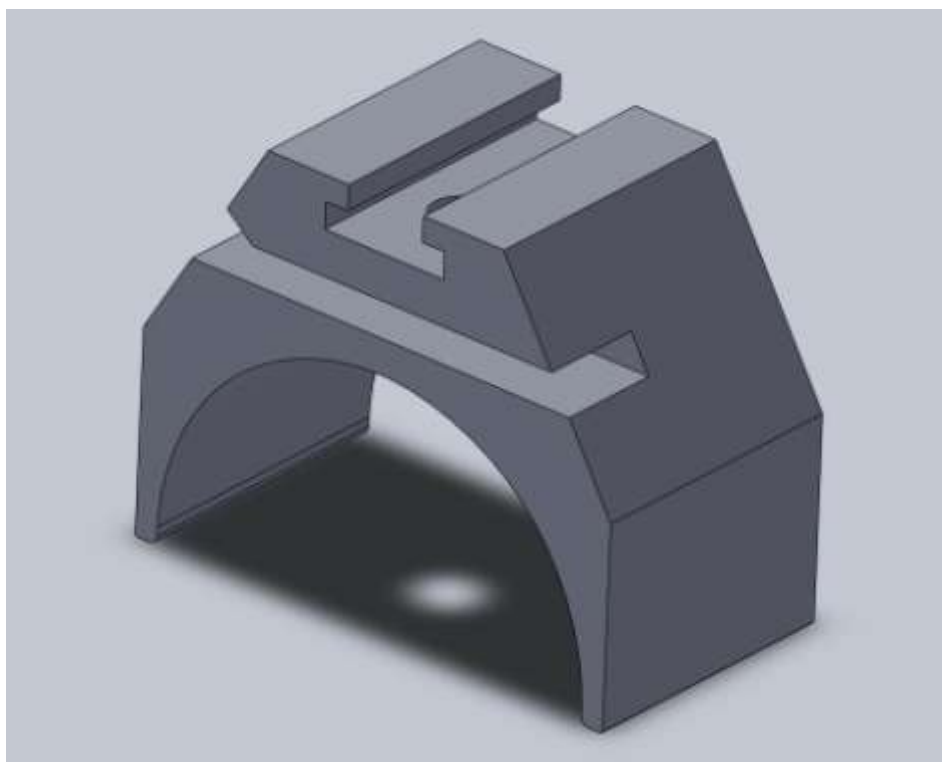
DINAMIČKA SIMULACIJA MODELA I VERIFIKACIJA OBRADE

ESPRIT ova brza, precizna i pouzdana verifikacija čvrstog modela eliminira potrebu za skupim „radom na prazno“ na CNC stroju. Dobiva se potpuno povjerenje u obradu uspoređujući dizajnirani model s obrađenim. Visoke performanse, simulacije u realnom vremenu, sveobuhvatne provjere eventualnog sudara (alata i komada) da bi se osiguralo da čak i najsloženiji dijelovi budu obrađeni pravilno prvi put. ESPRIT daje iscrpnu provjeru programa simuliranu u potpunom strojnom okruženju: alat s držačem alata, alati za stezanje, sirovac i na kraju obradak. Minimizirati stanke, povećati proizvodnju, učinkovitost i smanjiti troškove obrade, a dobiti potpuno povjerenje u svoj proces obrade cilj je ESPRIT softwarea.

3 PRIPREMA NUMERIČKOG PROGRAMA VISOKE TOČNOSTI

U nastavku poglavlja prikazana je priprema izvedbene dokumentacije, tehnologije i pripadni numerički program za odabrani predmet odnosno obradak visoke točnosti. Osnovna priprema je izvršena u prethodno opisanom CAM programu Mastercam.

3.1. Značajke obratka visoke točnosti



Slika 3.1 3D model proizvoda (Auslaufzelle)

Predmet diplomskog rada je izrada komada „AUSLAUFFZELLE“⁶ (na slici) na CNC obradnom centru HERMLE C30U SPATIAL prema crtežu br. 8-109-253-150. Izrada sadržava projektiranje tehnologije obrade, izbor stroja, alata i pribora, izrada NC programa i simulaciju procesa obrade.

Materijal za izradu osovine je PETP Natur, Polyethyleneterephalate.

Mehanička svojstva:

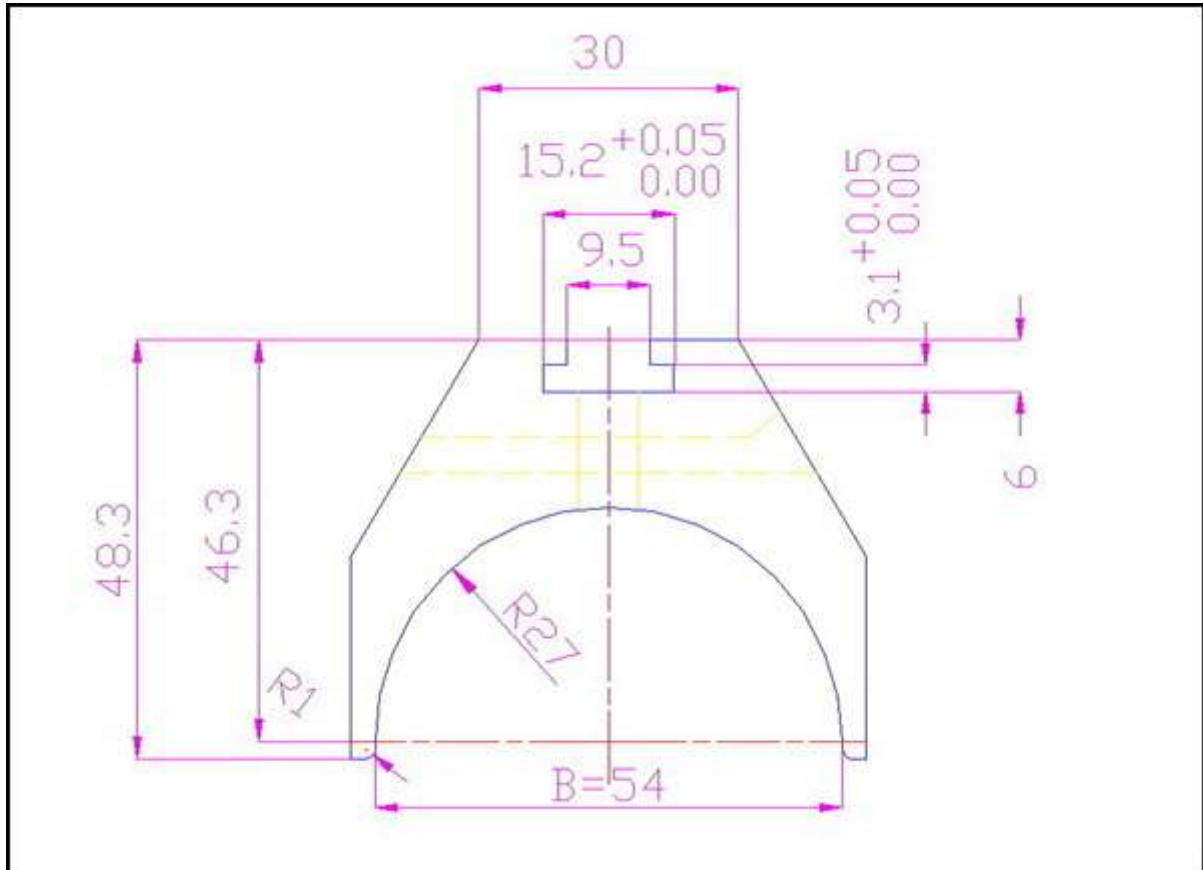
- Vlačna čvrstoća $R_m = 88 \text{ N/mm}^2$
- Izduženje kod razvlačenja $\varepsilon = 4\%$

⁶ Na njemačkom: Propusna stanica

- Elastični modul napetosti $E = 3100 \text{ N/mm}^2$

Materijal se primjenjuje za izradu: dijelova kućišta, ležaja, kotača zupčanika, klizača, nosača alata, tarnih ploča itd.

Zato što ima dobra mehanička svojstva, dobru obradivost, otpornost na trošenje, dobar je izolator, lako se zavaruje i sl. našao je svoju široku primjenu u auto industriji, prehrambenoj industriji, industriji dijelova s posebnim zahtjevima.



Slika 3.2 Detalj crteža s naglaskom na kote visoke preciznosti

Obradak zbog svoje funkcije, a to je tijesno dosjedanje s drugim pozicijama u sklopu mora imati neke značajke postignute u visokoj točnosti izrade.

Na slici 3.2 vidimo nacrt obratka na kome su prikazane usko tolerirane kote utora:

Širina utora= $15.2\text{mm} + 0.05\text{mm}$

Visina utora= $3.1\text{mm} + 0.05\text{mm}$,

Dalje u radu kod razrade tehnologije obrade posebna pažnja obratiti će se upravo postizanju tih značajki.

Mjere koje nisu tolerirane rade se prema standardu: ISO 2768 mH.

3.2. Obradni centar Hermle C30 U

Izrada programa i tehnologije se izvodi na stroju HERMLE C30U. To je petoosni obradni centar s karakteristikama i mogućnostima obrade prikazanim u tablici 1.1.



Slika 3.3 Obradni centar HERMLE C30 U

Tablica 3.1 Radne karakteristike stroja

MODEL	X-OS	Y-OS	Z-OS	A-OS	C-OS
HERMLE C-30	650 mm	600 mm	500 mm	±115°	±360°

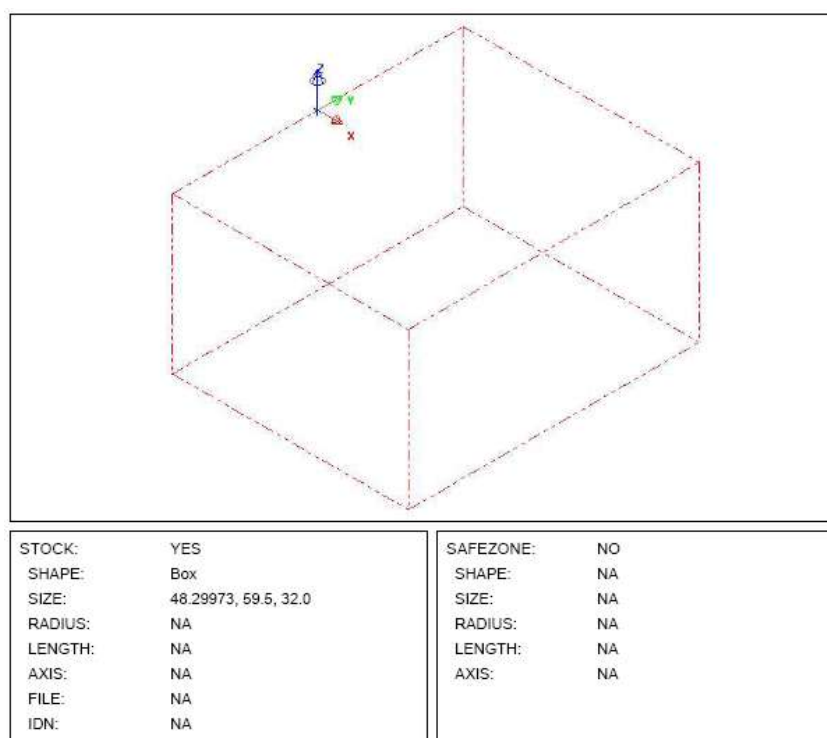
Izrada ovog proizvoda izvodi se u jednom stezanju + poravnjavanje čela s druge strane zahvaljujući tome što stroj ima 5-oosnu obradu i može odraditi u jednom stezanju ono što bi se inače moralo raditi u više stezanja.

U izborniku „Machine Type“ moramo izabrati koju ćemo vrstu obrade koristiti: glodanje, tokarenje ili rezanje žicom (erozimat), da bi mogli dobiti novi izbornik s postojećim definicijama stroja za izabranu vrstu obrade.

3.3. Podešavanje postavki za programiranje stroja

Sama razrada tehnologije obrade ima svoje specifičnosti kada se ona izvodi korištenjem računalnog alata za potporu proizvodnji CAM, kao što je, u ovom slučaju MasterCam. Programiranje strojne obrade i generiranje programa bazira se na 3D modelu koga smo učitali u radno područje.

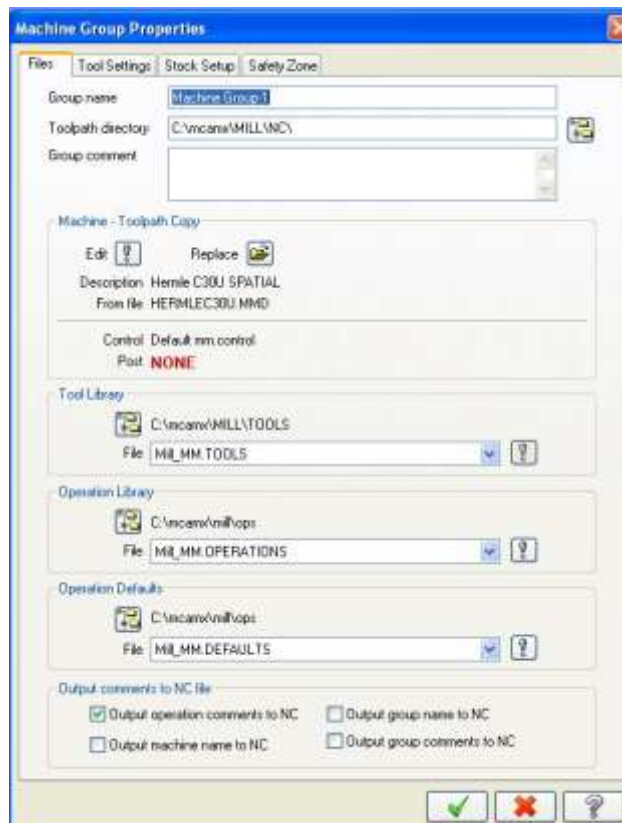
Nakon što smo učitali naš 3D model u nekom od podržanih formata (IGES, npr.) potrebno je zadati početni oblik, sirovac. To radimo u izborniku na slici 3.3 gdje se vidi kako program automatski uzima dimenzije nakon što smo mu nekim od predloženih načina rekli da sirovac treba biti kvadratnog oblika i da njegove stranice trebaju obuhvatiti cijeli obradak.



Slika 3.4 Dimenzioniranje polaznog komada (sirovca)

Na slici su prikazane dimenzije sirovca koje je program uzeo automatski zatvarajući model obratka ravninama.

Dobro je da prizma sirovca ima nešto veće dimenzije, tj. dodatak materijala po visini, širini i dužini. To možemo napraviti pomoću opcije „granični okvir“, gdje nam se nudi da po osima X, Y i Z dodamo sa svake strane koliko materijala želimo da naš sirovac ima za obradu.



Slika 3.5 Podešavanje početnih postavki za programiranje

Na slici 3.5 prikazan je prozor Postavke grupe strojeva u komu izabiremo:

- Naziv skupine (Machine group 1)
- Direktorij za spremanje putanje alata
- Opis, naziv stroja
- Datoteka iz koje pozivamo definiciju stroja
- Definiramo direktorij iz koga ćemo pozivati alate;
Alati za glodanje u metričkom sustavu.
- Definiramo direktorij iz koga ćemo pozivati operacije;
Operacije glodanja u metričkom sustavu.

3.4. Tehnološke operacije obrade komada

Mastercam X

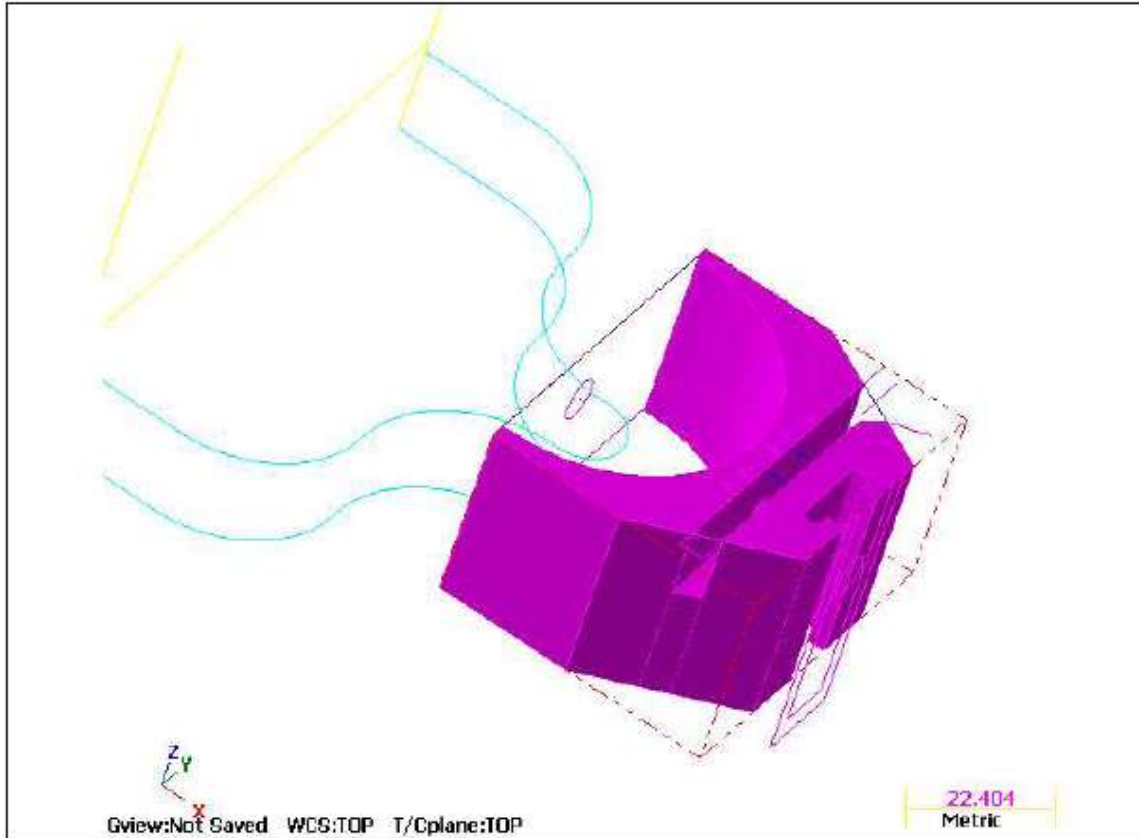
Setup Sheet Report

HERMLE C30U SPATIAL

GENERAL INFORMATION

PROJECT NAME:	Diplomski rad	
CUSTOMER NAME:	Mladen Celikovic	
PROGRAMMER:		
DRAWING:	8-109-253-150	REVISION: 2011
DATE:	Sunday, September 11, 2011	
TIME:	12:41 PM	

D:\MLADEN DIPLOMSKI RAD I PRILOZI\GLODANJE\AUSLAUFFZELLE\8-109-253-150PS.MCX



COMMENTS

STOCK / SAFEZONE INFO

Slika 3.6 Naslovna stranica ispisa tehnologije obrade

U sljedećim potpoglavljima su opisane sve operacije pojedinačno.

Operacije su opisane koristeći slike iz Izvještaja o obradi (SETUP SHEET REPORT).

Tu imamo sljedeće podatke:

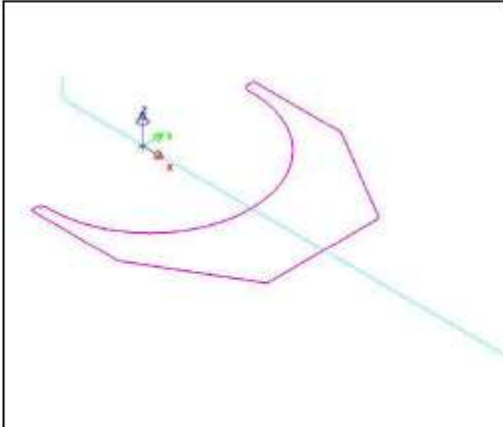
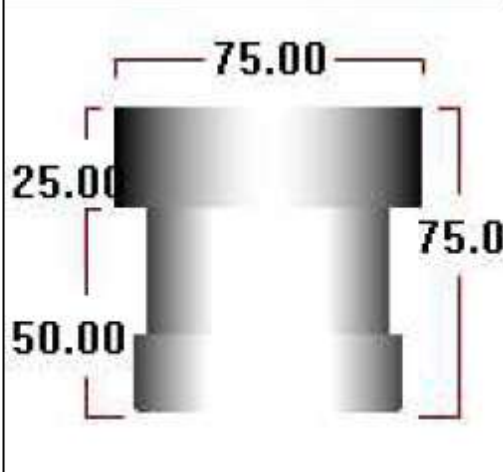
Tablica 3.2 Operacijski list

VRSTA OPERACIJE (ČEONO GLODANJE, KONTURNO GLODANJE, BUŠENJE)		
CYCLE TIME: VRIJEME TRAJANJA JEDNE OPERACIJE		
1. PROGRAM NUMBER: 2. SPINDLE SPEED: 3. FEEDRATE: 4. CLEARANCE PLANE: 5. RETRACT PLANE: 6. FEED PLANE 7. DEPTH: 8. STOCK TO LEAVE: 9. COMP TO TIP: 10. WORK OFFSET:	1. BROJ PROGRAMA 2. BRZINA OKRETAJA VRETENA (OKR/MIN) 3. POŠMAK (mm/okr) 4. RAVNINA ZRAČNOSTI 5. RAVNINA POVRATKA ALATA 6. RADNA RAVNINA 7. DUBINA 8. OSTATAK NAKON OBRADE 9. KOMPENZACIJA NA VRHU ALATA 10. RADNI OFSET ALATA	RADNA RAVNINA PUTANJE ALATA: RADNI HOD- PLAVO BRZI HOD-ŽUTO KONTURA OBRADE- MAGENTA
1. TYPE: 2. NUMBER: 3. DIAMETER: 4. CORNER RADIUS: 5. LENGTH OFFSET: 6. DIAMETER OFFSET: 7. MATERIAL: 8. NUMBER OF FLUTES: 9. MINIMUM LENGTH: 10. FPT: 11. SPM: 12. MFG CODE: 13. HOLDER:	1. TIP ALATA 2. BROJ ALATA 3. PROMJER ALATA 4. RADIJUS KUTA OŠTRICE 5. BROJ POD KOJIM SE RAČUNA DUŽINA ALATA 6. BROJ POD KOJIM SE RAČUNA PROMJER ALATA 7. MATERIJAL ALATA 8. BROJ OŠTRICA 9. NAJMANJA DULJINA ALATA 10. POŠMAK PO ZUBU ALATA 11. BRZINA REZANJA 12. NAZIVA ALATA 13. DRŽAČ ALATA	SKICA ALATA PROMJERI DRŽAČA TIJELA ALATA I OŠTRICE ALATA

3.4.1 Poravnavanje čela komada

Ovo je prva operacija koja ima zadaću da se poravna gornja površina na ukupnu visinu uvećanu za dodatak za istu obradu s druge strane.

C:\IMCAMX\MILL\NCI\8-109-253-150PS.NCI

CYCLE TIME: 01 HOURS, 16 MINUTES, 46 SECONDS	
OPERATION LIST	
OPERATION INFO	<i>Facing</i>
CYCLE TIME: 00 HOURS, 11 MINUTES, 29 SECONDS	
COMMENT:	
PROGRAM NUMBER: 0 SPINDLE SPEED: 3500 RPM FEEDRATE: 1111.0 mm/min CLEARANCE PLANE: 6.0 RETRACT PLANE: 5.0 FEED PLANE: 5.0 DEPTH: 0.0 STOCK TO LEAVE: 0.0 COMP TO TIP: YES WORK OFFSET: 0	
TOOL INFO #3 - M63.00 FACE MILL - GLAVA 63	
TYPE: Face mill NUMBER: 3 DIAMETER: 63.0 CORNER RADIUS: 0.0 LENGTH OFFSET: 3 DIAMETER OFFSET: 3 MATERIAL: Carbide NUMBER OF FLUTES: 3 MINIMUM LENGTH: FPT: 0.106 SPM: 692.743 MFG CODE: GLAVA 63 HOLDER:	

Slika 3.7 Operacija br. 1

Radna ravnina je ravnina X-Y, tj gornja ravnina komada.

Alat je glodalo $\phi 63$ mm s tri oštrice.

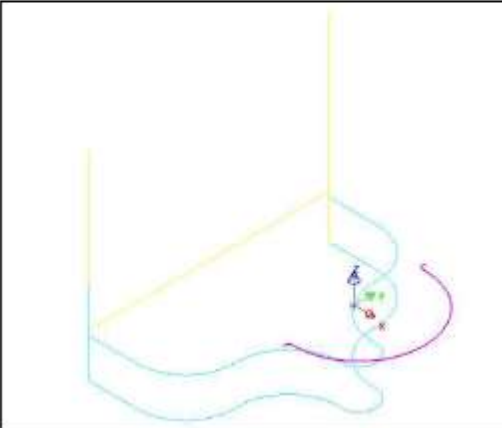
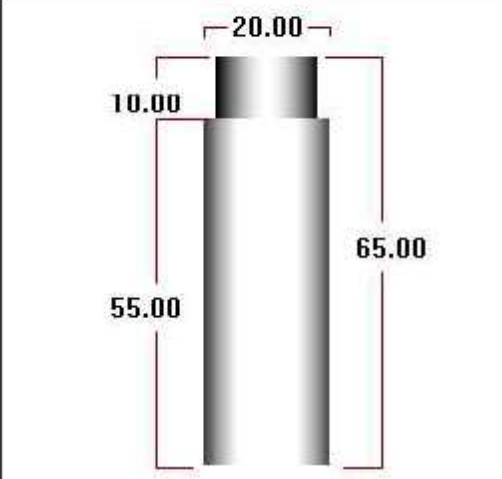
Glodalo u jednom prolazu poravna čelo komada.

Dubina rezanja je $Z=0$, a to znači da je time skinut dodatak materijala s jedne strane komada, a ostali dodatak po osi Z se skida u drugoj operaciji čeonog glodanja s druge strane, operacija br. 17.

Mjerimo visinu od 32mm od mjerne baze označene s XXX na crtežu.

Ispod te mjerne baze još ima dodatak od nekoliko milimetara za obradu s druge strane.

3.4.2 Gruba obrada konture R=54mm

OPERATION INFO		Contour (2D)
CYCLE TIME: 00 HOURS, 10 MINUTES, 42 SECONDS		
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	8000 RPM	
FEEDRATE:	1111.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	50.0	
RETRACT PLANE:	2.0	
FEED PLANE:	2.0	
DEPTH:	-32.3	
STOCK TO LEAVE:	10.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	0	
TOOL INFO		#26 - M20.00 ENDMILL1 FLAT - SROPER 20
TYPE:	Endmill1 Flat	
NUMBER:	26	
DIAMETER:	20.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	26	
DIAMETER OFFSET:	26	
MATERIAL:	Carbide	
NUMBER OF FLUTES:	4	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.035	
SPM:	502.67	
MFG CODE:	SROPER 20	
HOLDER:		

Slika 3.8 Operacija br. 2

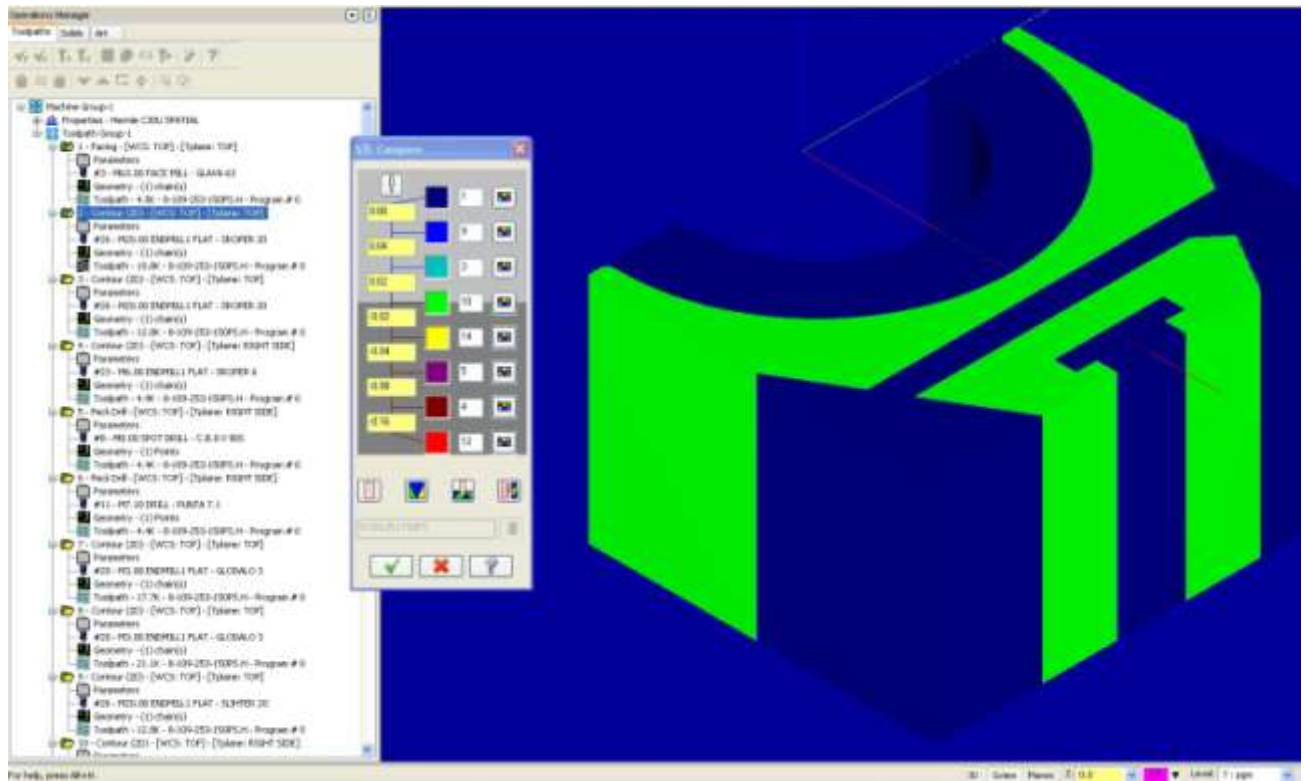
Ovaj alat ulazi prvi u „puni“ materijal i otvara konturu.

Obzirom da je polumjer obratka $R=54\text{mm}$, a promjer alata je 20mm , on ne može iz jednog prolaza skinuti sav materijal unutar polukruga.

Alat obradu izvodi u dva prolaza, drugi je u ravnini X-Y na $Z=-32.3\text{mm}$, 3 desetinke milimetra ispod donjeg ruba obratka.

Zato je kod ove operacije ostavljen „ostatak materijala“ od 10mm.

Tih 10mm skidamo u idućoj operaciji.

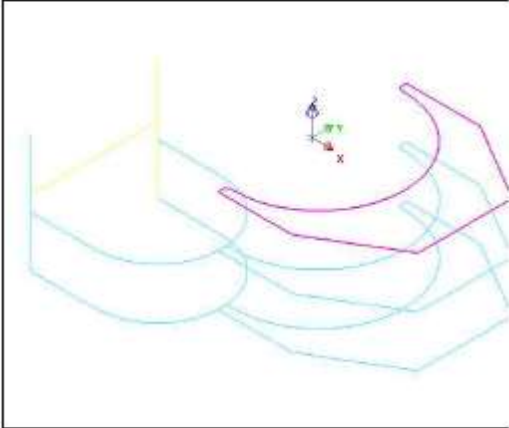
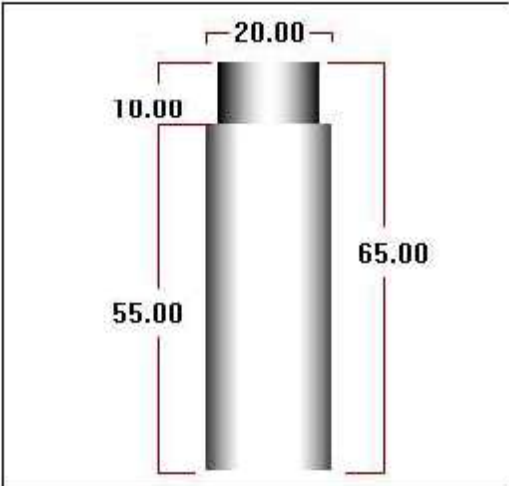


Slika 3.9 Provjera operacije br. 2

Na slici možemo vidjeti obradak nakon operacije br. 2.

Zelenom bojom je prikazana kontura gotovog komada, dok je plavom prikazan materijal kojeg još treba skinuti. Uočljiv je dodatak od 10mm na nutarnjem rubu kružnog luka.

3.4.3 Obrada vanjske konture komada, semi_finish⁷

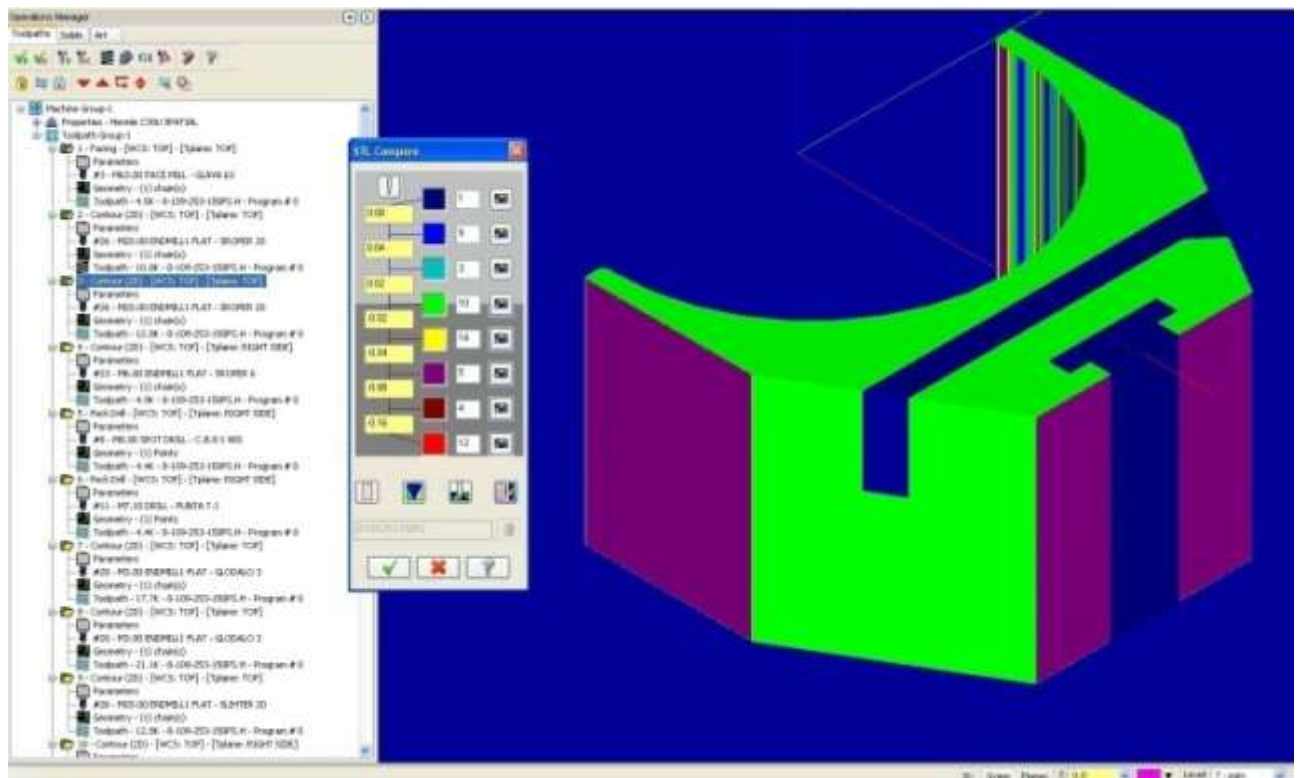
OPERATION INFO		Contour (2D)
CYCLE TIME:	00 HOURS, 09 MINUTES, 01 SECONDS	
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	8000 RPM	
FEEDRATE:	1222.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	6.0	
RETRACT PLANE:	5.0	
FEED PLANE:	5.0	
DEPTH:	-32.3	
STOCK TO LEAVE:	0.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	0	
TOOL INFO		#26 - M20.00 ENDMILL1 FLAT - SROPER 20
TYPE:	Endmill1 Flat	
NUMBER:	26	
DIAMETER:	20.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	26	
DIAMETER OFFSET:	26	
MATERIAL:	Carbide	
NUMBER OF FLUTES:	4	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.038	
SPM:	502.67	
MFG CODE:	SROPER 20	
HOLDER:		

Slika 3.10 Operacija br. 3

Iako je ostatak materijala u programu zadan da bude jednak nuli, alat ipak neće obraditi komad na završnu mjeru. U postavkama alata na stroju će se za polumjer alata umjesto stvarnih $d=20\text{mm}$ upisati $d=20.1$, čime se postiže da stroj vodi alat za 0.1mm odmaknut od završne konture obratka (označen bojom magenta na slici 3.10)

Na taj način se ostavlja dodatak materijala na konturi za završnu obradu koja će se izvršiti drugim alatom za završnu obradu kojim se postiže bolja kvaliteta obrade i točnije mjere obratka.

⁷ Na engleskom semi finish; poluzavršna obrada.

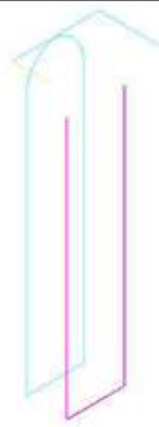
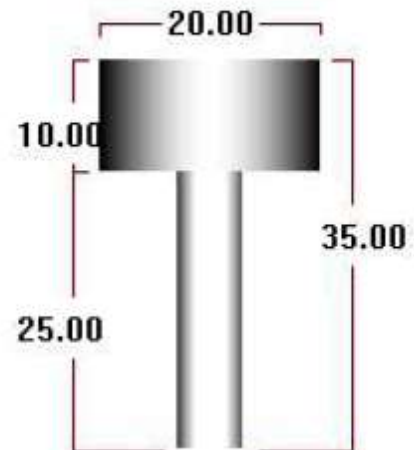
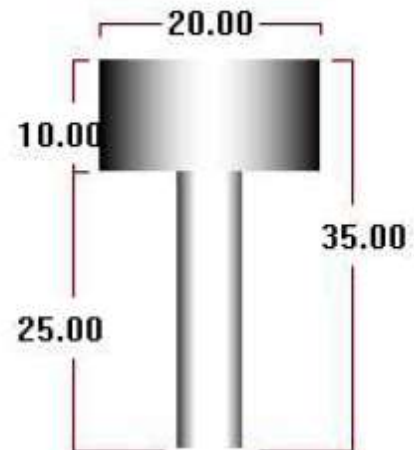


Slika 3.11 Provjera operacije br. 3

Kao što samo ime alata kaže („šroper“ od njemačke riječi za grubu obradu) to je gruba obrada, s dodatkom od 0.1mm.

3.4.4 Otvaranje konture utora u ravnini Y-Z

Ova operacija otvara konturu utora 9.5 x 6 mm.

OPERATION INFO		Contour (2D)
CYCLE TIME:	00 HOURS, 07 MINUTES, 56 SECONDS	
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	8000 RPM	
FEEDRATE:	1111.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	50.0	
RETRACT PLANE:	5.0	
FEED PLANE:	5.0	
DEPTH:	43.3	
STOCK TO LEAVE:	0.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	1	
TOOL INFO		#23 - M6.00 ENDMILL1 FLAT - SROPER 6
TYPE:	Endmill1 Flat	
NUMBER:	23	
DIAMETER:	6.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	23	
DIAMETER OFFSET:	23	
MATERIAL:	Carbide	
NUMBER OF FLUTES:	4	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.035	
SPM:	150.801	
MFG CODE:	SROPER 6	
HOLDER:		

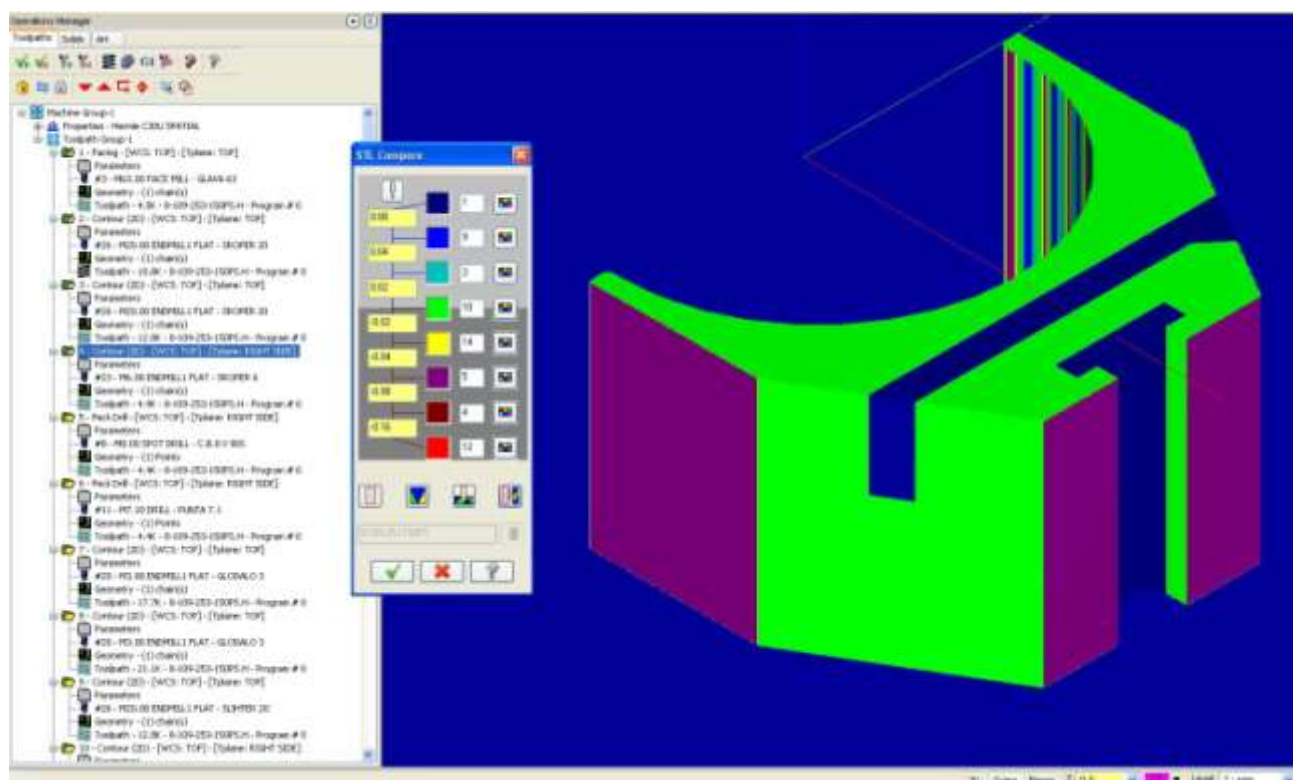
Slika 3.12 Operacija br. 4

Kontura koja se obrađuje u ovoj operaciji nalazi se u prednjoj ravnini (Z-Y).

Alat otvara konturu utora (9.5x6mm).

Dubina do koje alat ide je $X=43.3\text{mm}$, a to znači 1mm dodatka materijala do konačne mjere, odnosno dubine 6mm (koja je na $X=42.3\text{mm}$).

Isto tako u postavkama promjera alata unosi se veća vrijednost $d=6.1\text{mm}$, tako da će na zidovima utora ostati po 0.1mm na svakoj strani.



Slika 3.13 Provjera operacije br. 4

Na slici 3.13 vidimo obradak nakon operacije br. 4, plavom bojom je prikazan materijal koji ostaje za daljnu obradu.

3.4.5 Zabušivanje za provrt $\Phi 7.1\text{mm}$

OPERATION INFO		Peck Drill
CYCLE TIME:	00 HOURS, 00 MINUTES, 00 SECONDS	
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	3000 RPM	
FEEDRATE:	250.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	50.0	
RETRACT PLANE:	25.0	
FEED PLANE:	2.0	
DEPTH:	38.71	
STOCK TO LEAVE:	0.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	1	
TOOL INFO		#8 - M8.00 SPOT DRILL - C.B.8 X 90S
TYPE:	Spot Drill	
NUMBER:	8	
DIAMETER:	8.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	0	
DIAMETER OFFSET:	0	
MATERIAL:	HSS	
NUMBER OF FLUTES:	2	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.042	
SPM:	75.401	
MFG CODE:	C.B.8 X 90S	
HOLDER:		

Slika 3.14 Operacija br. 5

Operacija br. 5 je standardna operacija koja se izvodi prije bušenja.

Operacija se izvodi u ravnini Y-Z.

Alat je zabušivač.

Dubina do koje alat ide je $X=38.71\text{mm}$.

3.4.6 Bušenje provrta $\Phi 7.1\text{mm}$

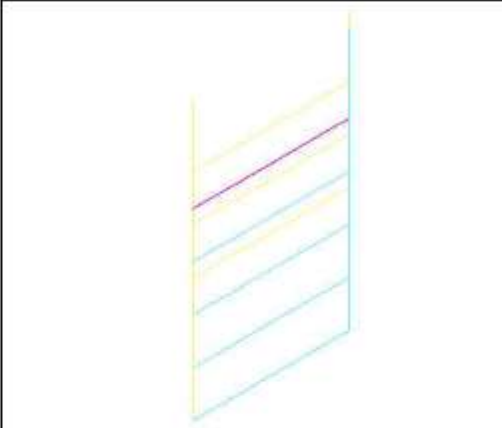
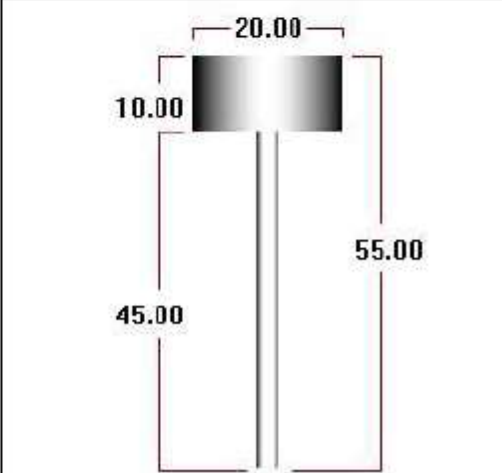
OPERATION INFO		Peck Drill
CYCLE TIME:	00 HOURS, 00 MINUTES, 00 SECONDS	
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	1000 RPM	
FEEDRATE:	250.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	50.0	
RETRACT PLANE:	25.0	
FEED PLANE:	2.0	
DEPTH:	13.0	
STOCK TO LEAVE:	0.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	1	
TOOL INFO		#11 - M7.10 DRILL - PUNTA 7.1
TYPE:	Drill	
NUMBER:	11	
DIAMETER:	7.1	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	11	
DIAMETER OFFSET:	11	
MATERIAL:		
NUMBER OF FLUTES:	2	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.125	
SPM:	22.306	
MFG CODE:	PUNTA 7.1	
HOLDER:		

Slika 3.15 Operacija br. 6

Operacija bušenja koja slijedi nakon zabušivanja isto tako se izvodi u ravnini Y-Z, tj. prednjoj ravnini obratka.

Dubina bušenja je $X=13\text{mm}$, (od $X=42.3$ do $X=13\text{mm}$).

3.4.7 Otvaranje utora u gornjoj X-Y ravnini

OPERATION INFO		Contour (2D)	
CYCLE TIME:	00 HOURS, 07 MINUTES, 32 SECONDS		
COMMENT:			
PROGRAM NUMBER:	0		
SPINDLE SPEED:	12000 RPM		
FEEDRATE:	500.0 mm/min		
CLEARANCE PLANE:	6.0		
RETRACT PLANE:	5.0		
FEED PLANE:	5.0		
DEPTH:	-11.8		
STOCK TO LEAVE:	0.0		
COMP TO TIP:	NO		
WORK OFFSET:	0		
TOOL INFO		#20 - M3.00 ENDMILL1 FLAT - GLODALO 3	
TYPE:	Endmill1 Flat		
NUMBER:	20		
DIAMETER:	3.0		
CORNER RADIUS:	0.0		
LENGTH OFFSET:	20		
DIAMETER OFFSET:	20		
MATERIAL:	Carbide		
NUMBER OF FLUTES:	4		
MINIMUM LENGTH:			
FPT:	0.01		
SPM:	113.101		
MFG CODE:	GLODALO 3		
HOLDER:			

Slika 3.16 Operacija br. 7

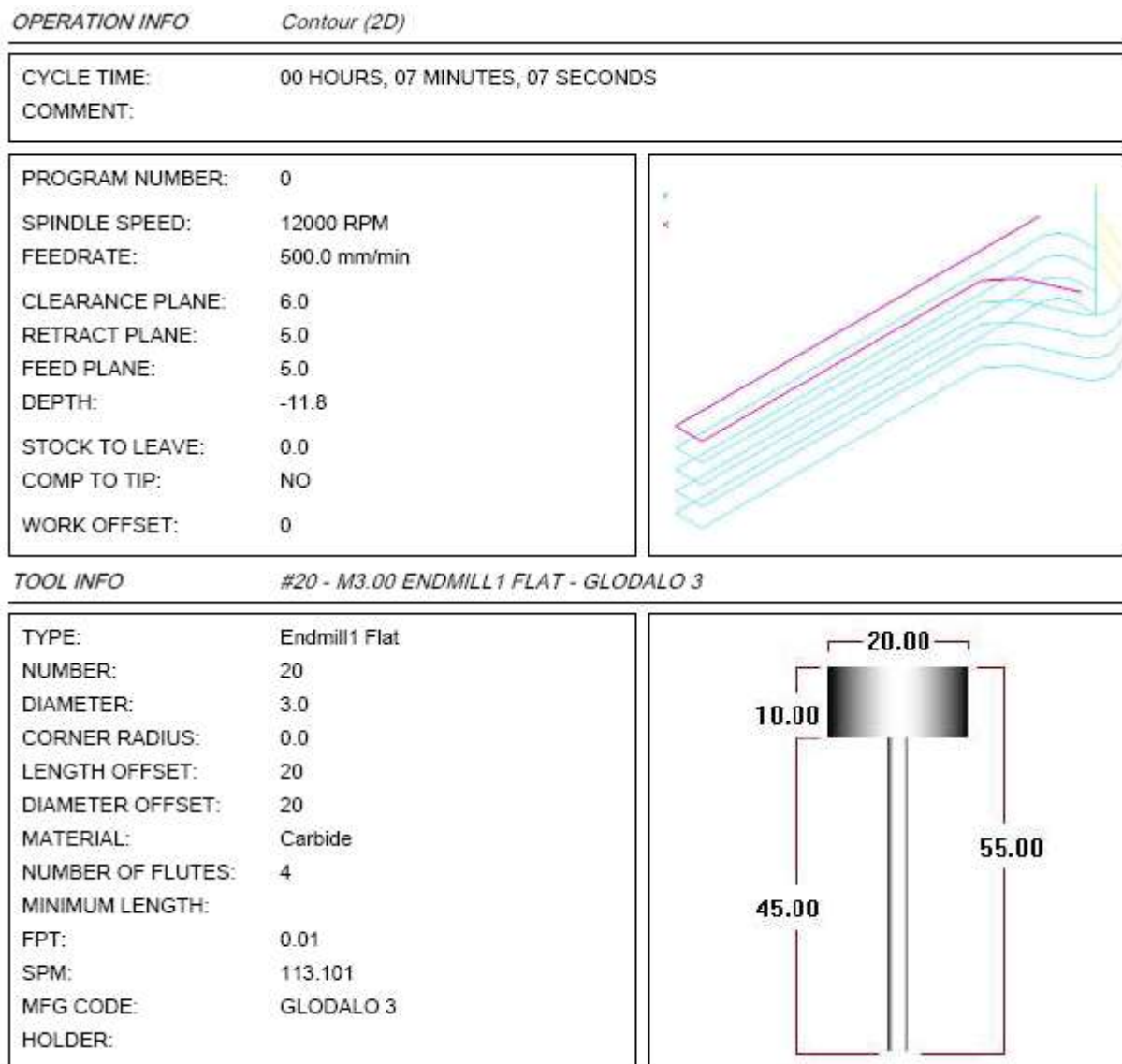
Operacija se izvodi u gornjoj ravnini obratka (X-Y) ravnina.

Alat za ovu operaciju je glodalo $\Phi 3\text{mm}$.

Zadaća ove operacije je otvoriti sredinu utora širine $7 / 4.1 / 40^\circ$ da bi taj isti alat u idućoj operaciji mogao počistiti cijelu površinu utora.

Dubina do koje glodalo ide je $Z=-11.8\text{mm}$, a dubina utora je 12mm .

3.4.8 Glodanje utora u gornjoj ravnini X-Y



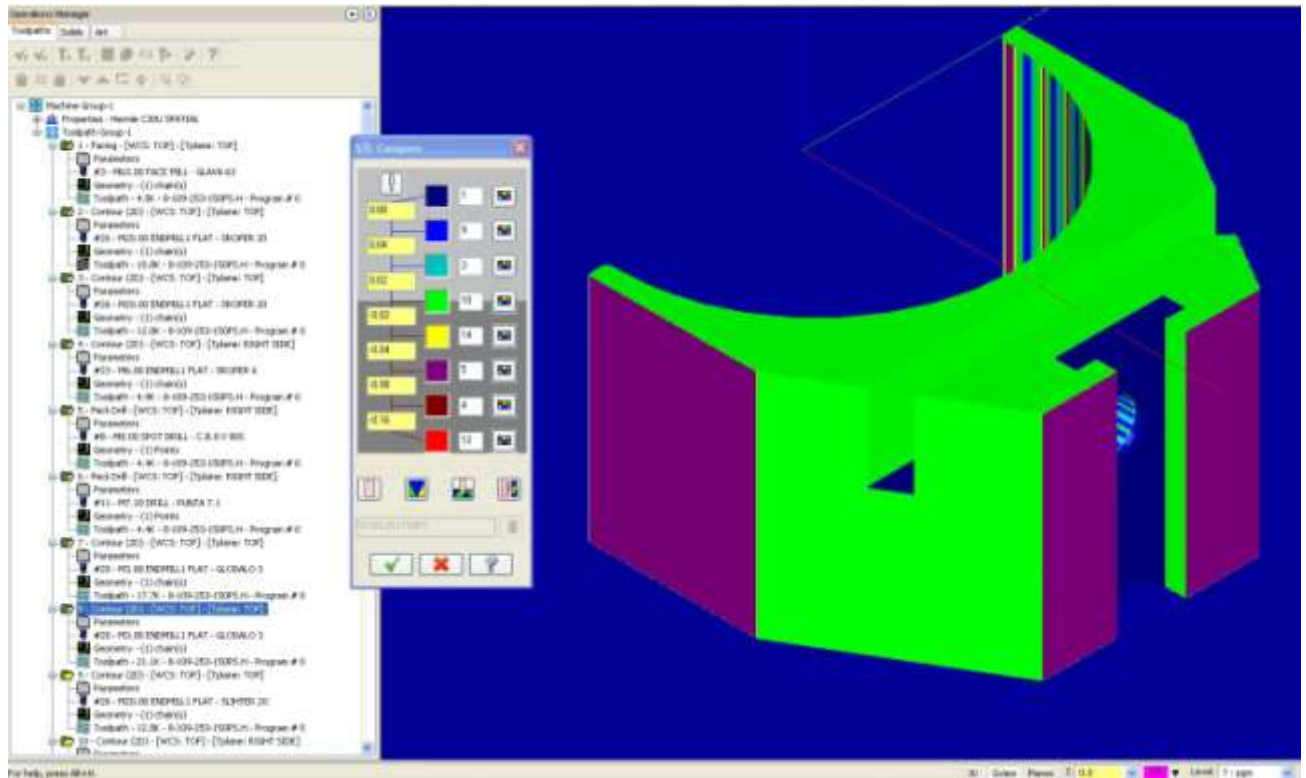
Slika 3.17 Operacija br. 8

Operacija br. 8 obavlja se u gornjoj, X-Y ravnini obratka.

Obraduje utor 7mm na 4.1mm pod kutom 40° po konturi utora (magenta crta na slici 3.8), u 4 prolaza od po 3mm do završne dubine od Z=-11.8mm.

Isto tako je kod upisivanja dimenzija alata u stroju umjesto 3mm upisano d=3.1mm.

Znači da je ostatak materijala od 0.2 mm po širini i po dubini utora za završnu obradu.



Slika 3.18 Provjera operacije br. 8

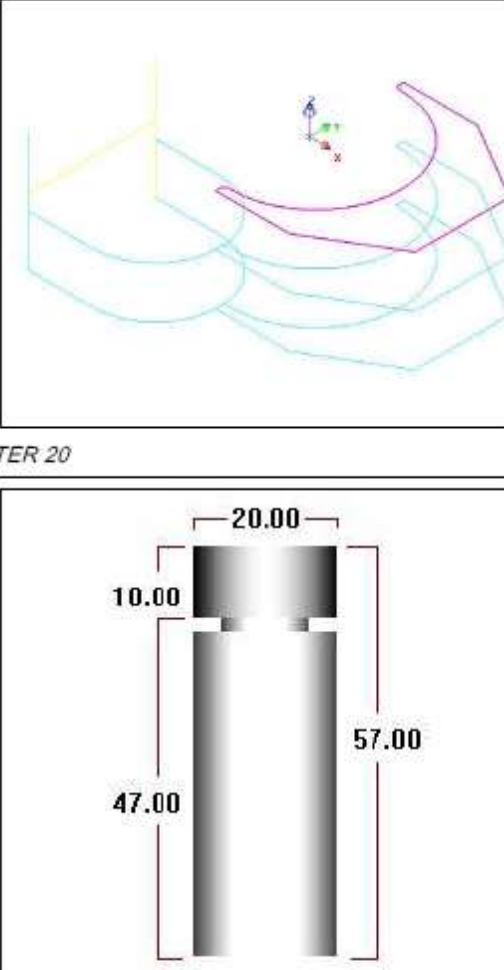
Na slici 3.18 vidimo obradak nakon operacije br. 8.

Stijenke utora su prikazane zelenom i plavom bojom.

Iako zelena boja govori da je zadovoljena mjera i da nema preostalog materijala za obradu, mi znamo da je zbog povećanja promjera alata u postavkama alata na stroju sa 3 na 3.1, alat u stvarnosti odmaknut za 0.1mm od konture utora i ostavljen je dodatak za završnu obradu.

3.4.9 Završna obrada vanjske konture komada

OPERATION INFO	Contour (2D)
CYCLE TIME:	00 HOURS, 05 MINUTES, 27 SECONDS
COMMENT:	
PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	8000 RPM
FEEDRATE:	1111.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	6.0
RETRACT PLANE:	5.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-32.3
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	NO
WORK OFFSET:	0
TOOL INFO	#26 - M20.00 ENDMILL1 FLAT - ŠLIHTER 20
TYPE:	Endmill1 Flat
NUMBER:	26
DIAMETER:	20.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	26
DIAMETER OFFSET:	26
MATERIAL:	Carbide
NUMBER OF FLUTES:	4
MINIMUM LENGTH:	
FPT:	0.035
SPM:	502.67
MFG CODE:	ŠLIHTER 20
HOLDER:	

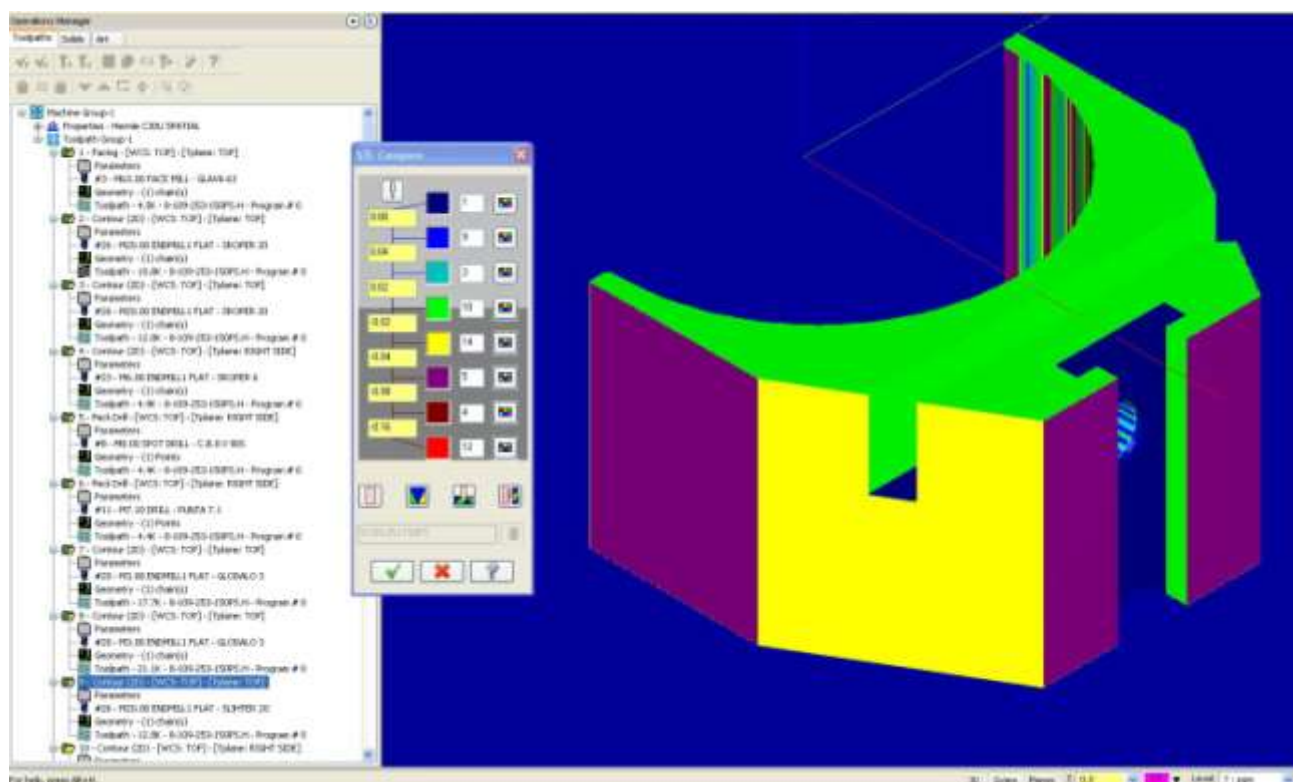


Slika 3.19 Operacija br. 9

Ravnina obrade je gornja ravnina komada tj. X-Y ravnina.

Alat je glodalo $\Phi 20$ sa 4 oštrice za završnu obradu, tzv. ŠLIHTER po njemačkoj riječi za završnu obradu „šlihtanje“, kako često znamo čuti u našim poduzećima od starih majstora.

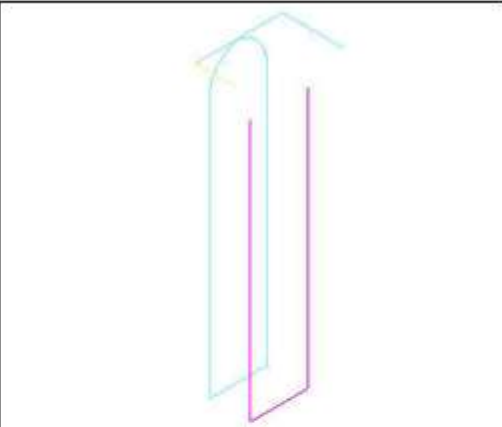
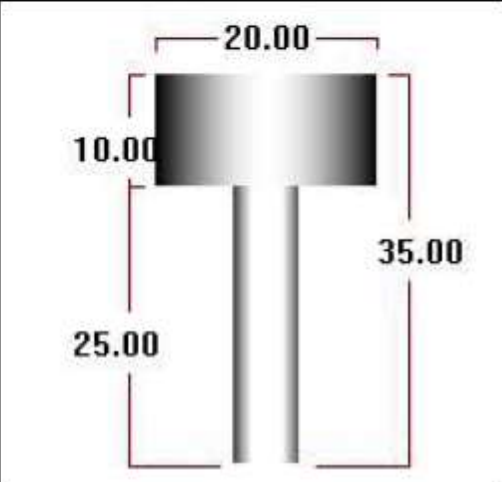
Ova operacija obrađuje vanjsku konturu komada, to je konturno glodanje.



Slika 3.20 Provjera operacije br. 9

Slika 3.20 pokazuje obradak nakon operacije završne obrade konture.

3.4.10 Završna obrada gornjeg dijela utora u ravnini Y-Z

OPERATION INFO		Contour (2D)
CYCLE TIME:	00 HOURS, 04 MINUTES, 18 SECONDS	
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	8000 RPM	
FEEDRATE:	1111.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	50.0	
RETRACT PLANE:	5.0	
FEED PLANE:	5.0	
DEPTH:	43.3	
STOCK TO LEAVE:	0.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	1	
TOOL INFO		#23 - M6.00 ENDMILL1 FLAT - SLIHTER 6
TYPE:	Endmill1 Flat	
NUMBER:	23	
DIAMETER:	6.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	23	
DIAMETER OFFSET:	23	
MATERIAL:	Carbide	
NUMBER OF FLUTES:	4	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.035	
SPM:	150.801	
MFG CODE:	SLIHTER 6	
HOLDER:		

Slika 3.21 Operacija br. 10

Operacija se izvodi u prednjoj ravnini obratka Y-Z i zadaća joj je da produbi utor do $X=43.3\text{mm}$ s milimetrom dodatka po dubini za iduću operaciju.

Obrada stranica utora izvodi se na završnu mjeru od 9.5mm .

3.4.11 Završna obrada donjeg dijela utora u ravnini Y-Z

OPERATION INFO	Contour (2D)
CYCLE TIME: 00 HOURS, 04 MINUTES, 04 SECONDS COMMENT:	
PROGRAM NUMBER: 0 SPINDLE SPEED: 3000 RPM FEEDRATE: 300.0 mm/min CLEARANCE PLANE: 50.0 RETRACT PLANE: 5.0 FEED PLANE: 5.0 DEPTH: 42.3 STOCK TO LEAVE: 0.0 COMP TO TIP: NO WORK OFFSET: 1	
TOOL INFO	#1 - M10.45 SLOT MILL - T-GLODALO 10.45X3
TYPE: Slot Mill NUMBER: 1 DIAMETER: 10.45 CORNER RADIUS: 0.0 LENGTH OFFSET: 0 DIAMETER OFFSET: 0 MATERIAL: Carbide NUMBER OF FLUTES: 4 MINIMUM LENGTH: 0.025 FPT: 0.025 SPM: 98.492 MFG CODE: T-GLODALO 10.45X3 HOLDER:	

Slika 3.22 Operacija br. 11

Ove operacija se obavlja u prednjoj ravnini Y-Z.

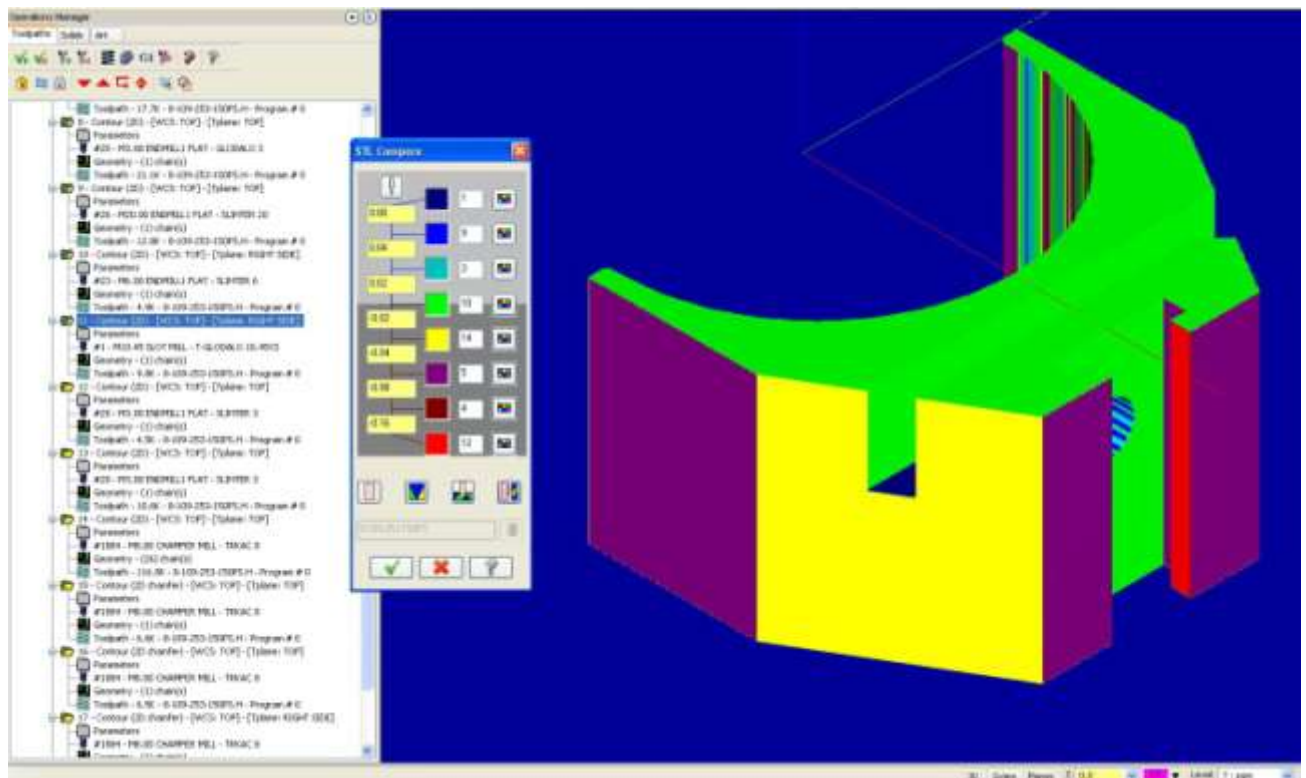
Alat je T glodalo $\Phi 10.45 \times 3$ mm.

Ovdje je potrebno postići dimenzije koje su usko tolerirane:

Širina utora= 15.1mm i

Visina utora= 3.1mm.

Obje mjere smiju biti samo 0.05mm veće od nazivnih mjera.



Slika 3.23 Provjera operacije br. 11

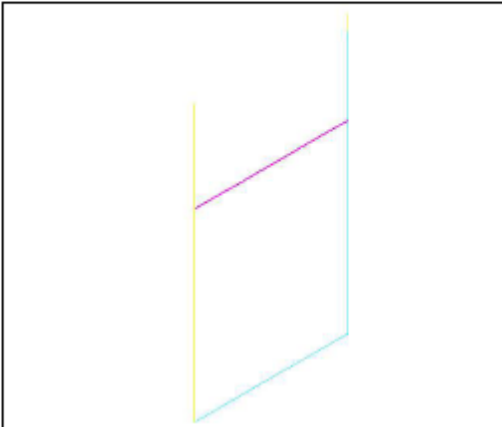
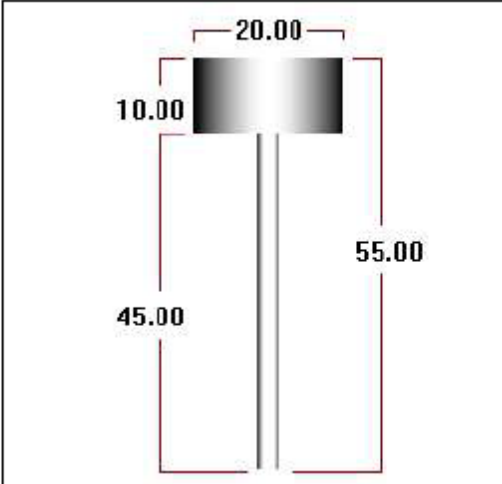
Na slici vidimo kako obradak izgleda nakon operacije br. 11.

Sve konture obratka su sada obrađene na završnu mjeru i to pokazuju boje koje predstavljaju odstupanje obrađenog komada od traženih mjera

Ovo je operacija koja se odnosi na postizanje značajki proizvoda s visokom točnosti i zbog toga se mora izvoditi s parametrima rezanja koji to omogućuju:

- Brzina okretanja vretena= 3000 mm/min
- Posmak = 300 mm/min
- Posmak po zubu = 0.025 mm/oštrici
- Brzina rezanja = 98.942 m/min

3.4.12 Završna obrada utora u ravnini X-Y, gornjoj ravnini

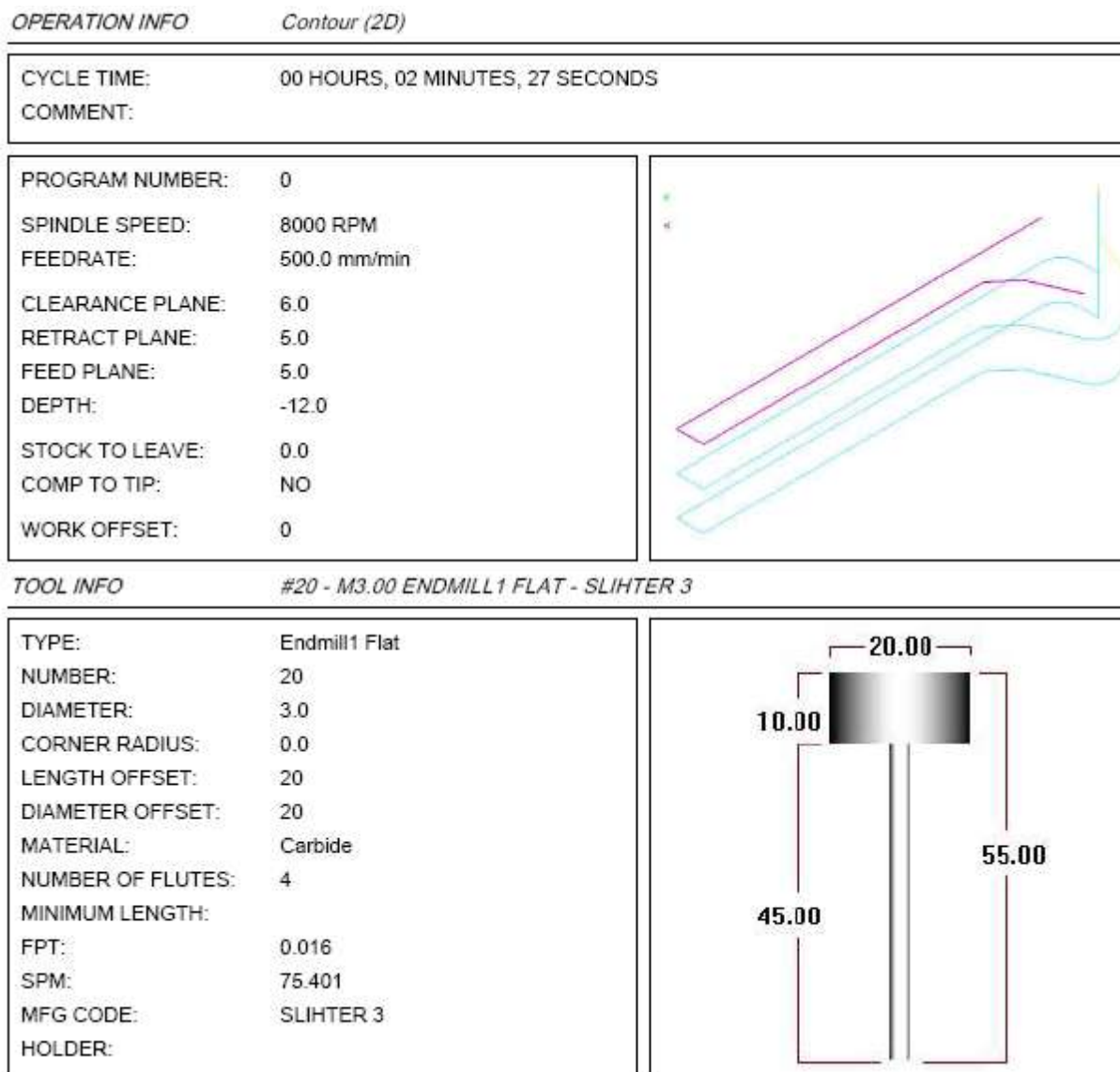
OPERATION INFO		Contour (2D)
CYCLE TIME:		00 HOURS, 02 MINUTES, 37 SECONDS
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	8000 RPM	
FEEDRATE:	500.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	6.0	
RETRACT PLANE:	5.0	
FEED PLANE:	5.0	
DEPTH:	-12.0	
STOCK TO LEAVE:	0.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	0	
TOOL INFO		#20 - M3.00 ENDMILL1 FLAT - SLIHTER 3
TYPE:	Endmill1 Flat	
NUMBER:	20	
DIAMETER:	3.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	20	
DIAMETER OFFSET:	20	
MATERIAL:	Carbide	
NUMBER OF FLUTES:	4	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.016	
SPM:	75.401	
MFG CODE:	SLIHTER 3	
HOLDER:		

Slika 3.24 Operacija br. 12

Ova operacija ima istu ulogu kao i operacija br. 7.

Znači da glodalo za finu obradu „šlihter“ promjera $\Phi 3\text{mm}$ s četiri oštrice otvara sredinu utora. Dubina završne kote obrade je $Z=-12\text{mm}$.

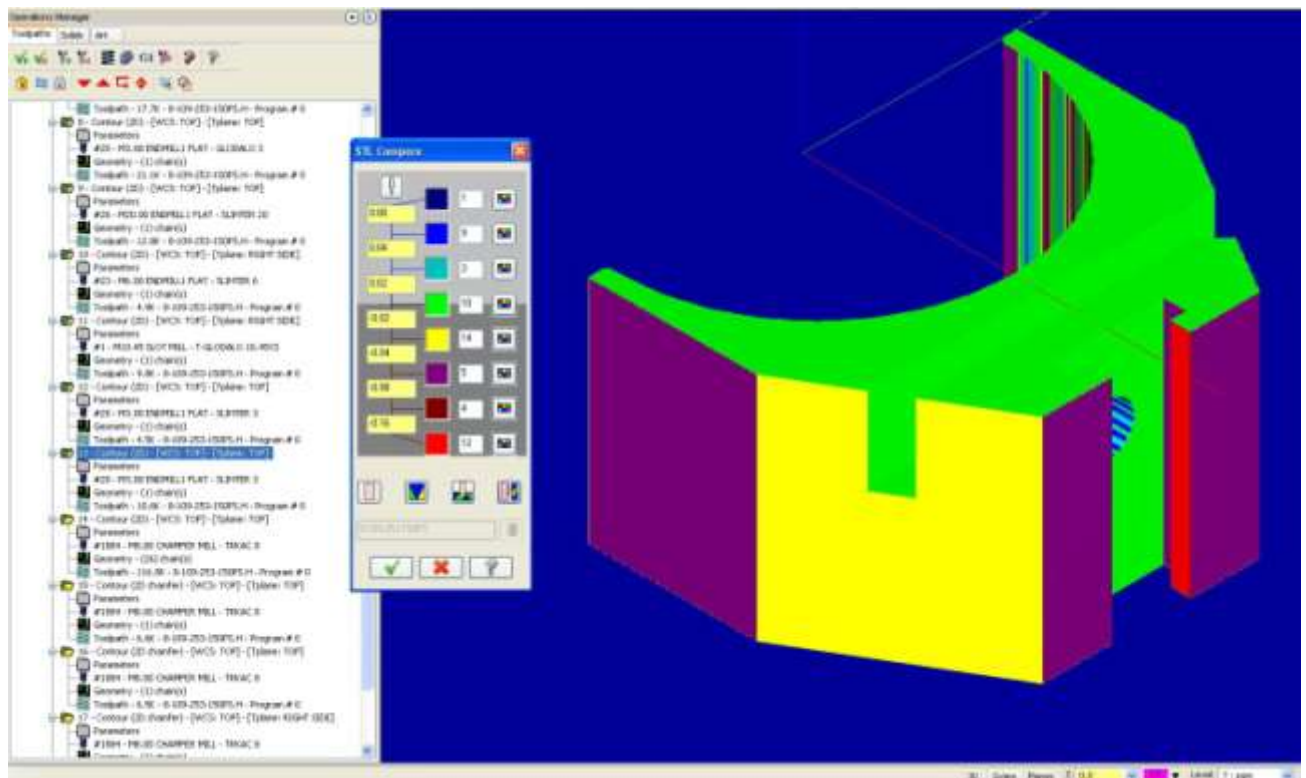
3.4.13 Završna obrada konture utora u gornjoj ravnini, X-Y



Slika 3.25 Operacija br. 13

Obrada konturnog glodanja u ravnini X-Y.

Završna obrada konture utora u gornjoj ravnini.



Slika 3.26 Provjera operacije br. 13

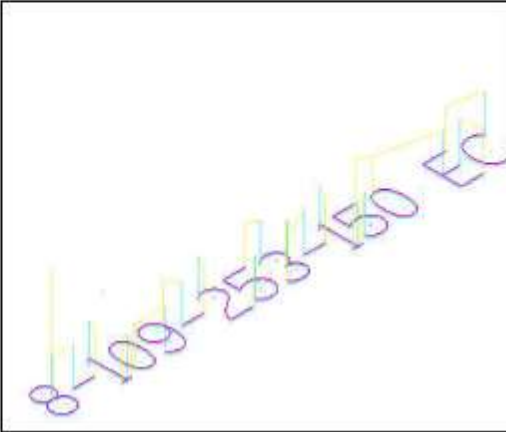
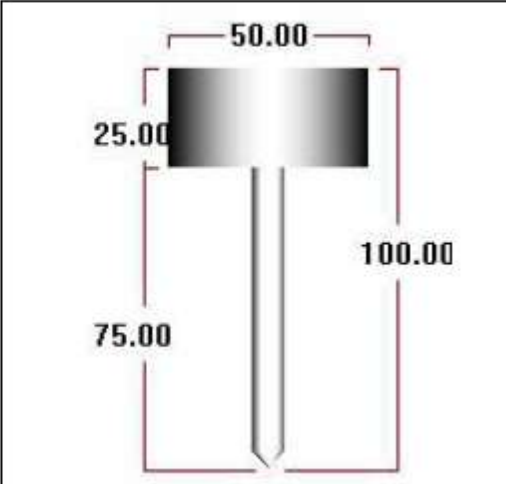
Slika 3.26 pokazuje utor koji ima sve stranice obojane zeleno, što znači da je obrada završena i da su postignute tražene kote (zeleno boja u tablici sugerira da se obradak i model STL poklapaju, tj. da je obrada točna).

Ova operacija isto tako kao operacija br.11 ima zadaću postići značajke visoke točnosti, a to je utor koji ima širinu toleriranu 0.1mm u plusu.

Za postizanje takve obrade potrebno je postaviti sljedeće parametre rezanja:

- Brzina okretaja vretena = 8000 okr/min
- Posmak = 500 mm/min
- Posmak po zubu = 0.016 mm/oštrici
- Brzina rezanja = 75.41 m/min

3.4.14 Graviranje oznake na gornjoj površini komada

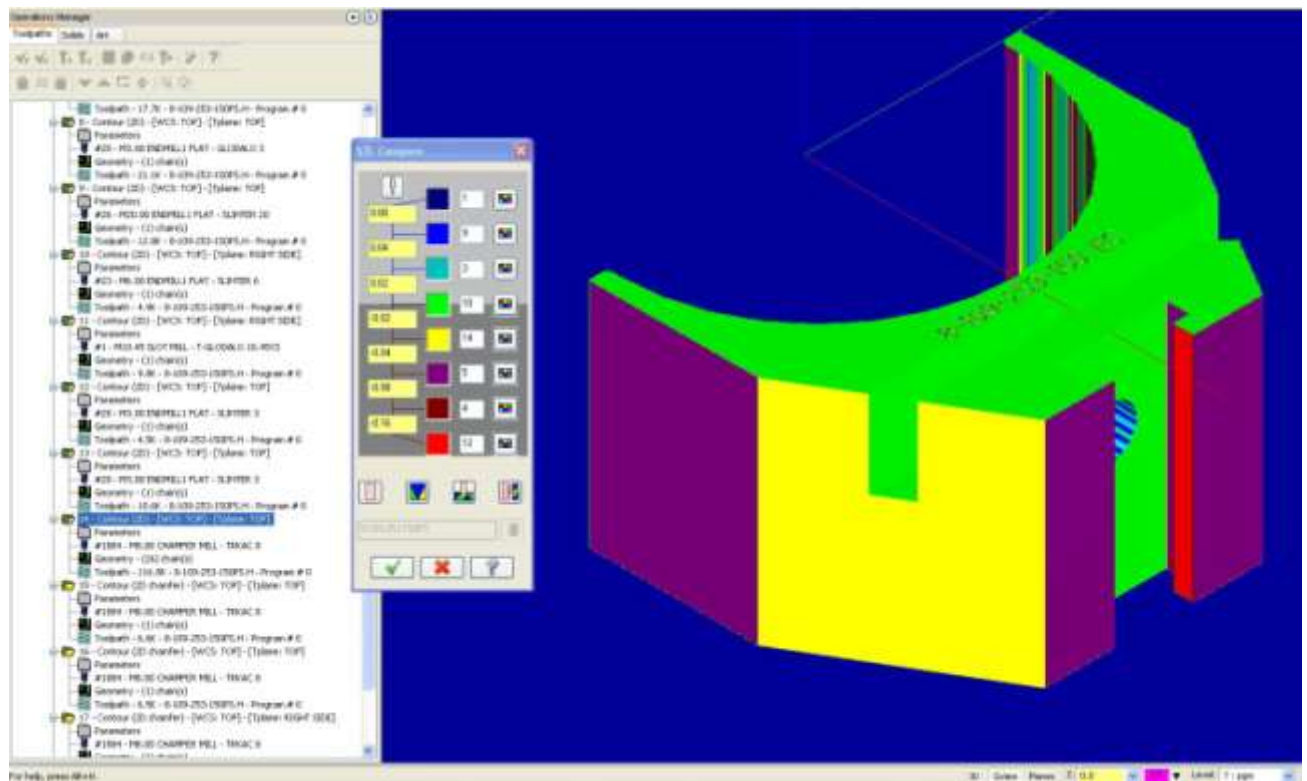
OPERATION INFO		Contour (2D)
CYCLE TIME:	00 HOURS, 01 MINUTES, 37 SECONDS	
COMMENT:		
PROGRAM NUMBER:	0	
SPINDLE SPEED:	12000 RPM	
FEEDRATE:	1500.0 mm/min	
CLEARANCE PLANE:	6.0	
RETRACT PLANE:	2.0	
FEED PLANE:	2.0	
DEPTH:	-0.1	
STOCK TO LEAVE:	0.0	
COMP TO TIP:	NO	
WORK OFFSET:	0	
TOOL INFO		#1884 - M8.00 CHAMFER MILL - TRKAC 8
TYPE:	Chamfer mill	
NUMBER:	1884	
DIAMETER:	8.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	1884	
DIAMETER OFFSET:	1924	
MATERIAL:	HSS	
NUMBER OF FLUTES:	4	
MINIMUM LENGTH:		
FPT:	0.031	
SPM:	301.602	
MFG CODE:	TRKAC 8	
HOLDER:		

Slika 3.27 Operacija br. 14

Alat za ovu operaciju je posebno glodalo namijenjeno za graviranje oznaka na površini.

Površina na kojoj se gravira oznaka je gornja površine, X-Y.

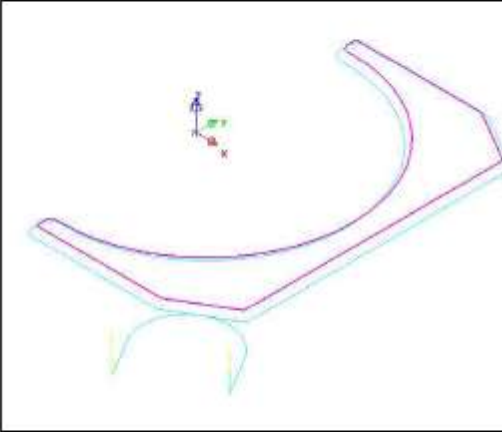
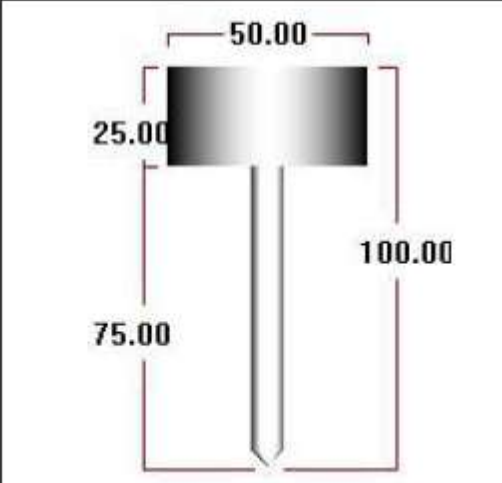
Oznaka se gravira na dubini od $Z = -0.1\text{mm}$



Slika 3.28 Provjera operacije br. 14

Slika br. 3.28 pokazuje obradak nakon operacije br. 14.

3.4.15 Skidanje oštih rubova na gornjoj površini, 1. dio

OPERATION INFO		Contour (2D chamfer)	
CYCLE TIME:		00 HOURS, 01 MINUTES, 06 SECONDS	
COMMENT:			
PROGRAM NUMBER:	0		
SPINDLE SPEED:	12000 RPM		
FEEDRATE:	1500.0 mm/min		
CLEARANCE PLANE:	6.0		
RETRACT PLANE:	2.0		
FEED PLANE:	2.0		
DEPTH:	0.0		
STOCK TO LEAVE:	0.0		
COMP TO TIP:	NO		
WORK OFFSET:	0		
TOOL INFO		#1884 - M8.00 CHAMFER MILL - TRKAC 8	
TYPE:	Chamfer mill		
NUMBER:	1884		
DIAMETER:	8.0		
CORNER RADIUS:	0.0		
LENGTH OFFSET:	1884		
DIAMETER OFFSET:	1924		
MATERIAL:	HSS		
NUMBER OF FLUTES:	4		
MINIMUM LENGTH:			
FPT:	0.031		
SPM:	301.602		
MFG CODE:	TRKAC 8		
HOLDER:			

Slika 3.29 Operacija br. 15

Operacija koja ima funkciju skidanja oštih rubova na gornjoj površini.

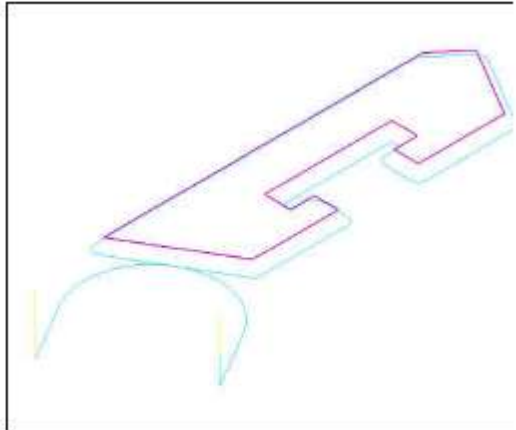
Radi se na zatvorenoj konturi jednog dijela površine X-Y.

3.4.16 Skidanje oštih rubova na gornjoj površini, 2. dio

OPERATION INFO Contour (2D chamfer)

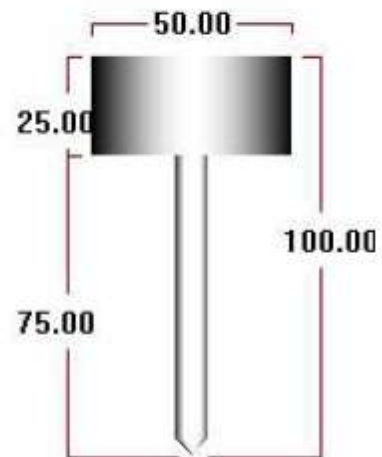
CYCLE TIME: 00 HOURS, 00 MINUTES, 46 SECONDS
COMMENT:

PROGRAM NUMBER: 0
SPINDLE SPEED: 12000 RPM
FEEDRATE: 1500.0 mm/min
CLEARANCE PLANE: 6.0
RETRACT PLANE: 2.0
FEED PLANE: 2.0
DEPTH: 0.0
STOCK TO LEAVE: 0.0
COMP TO TIP: NO
WORK OFFSET: 0



TOOL INFO #1884 - M8.00 CHAMFER MILL - TRKAC 8

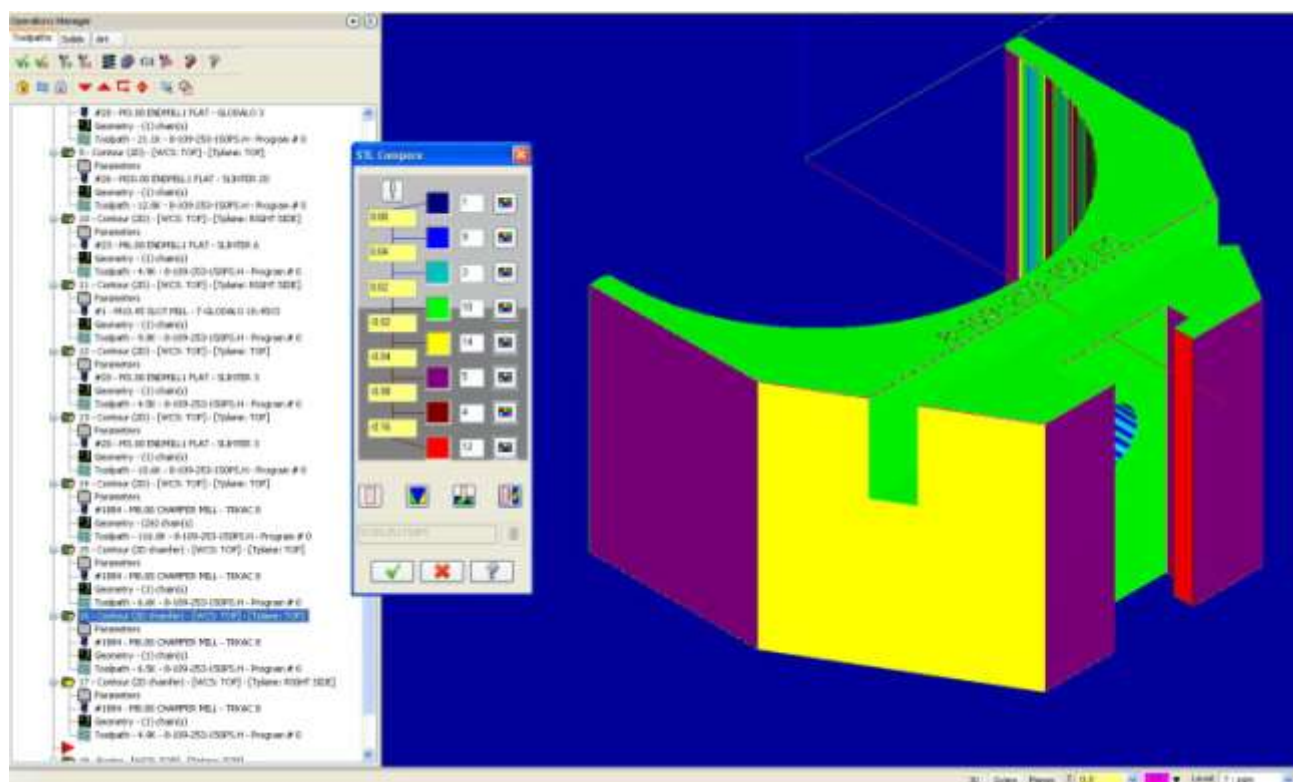
TYPE: Chamfer mill
NUMBER: 1884
DIAMETER: 8.0
CORNER RADIUS: 0.0
LENGTH OFFSET: 1884
DIAMETER OFFSET: 1924
MATERIAL: HSS
NUMBER OF FLUTES: 4
MINIMUM LENGTH:
FPT: 0.031
SPM: 301.602
MFG CODE: TRKAC 8
HOLDER:



Slika 3.30 Operacija br. 16

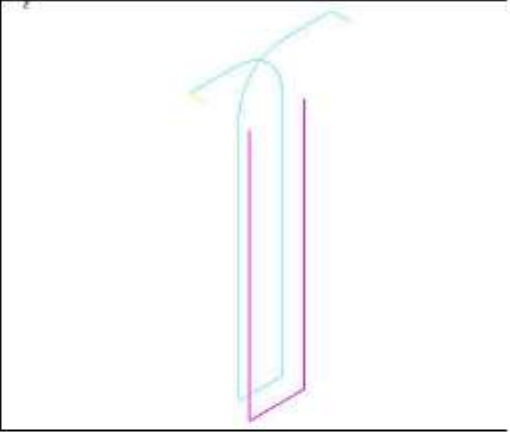
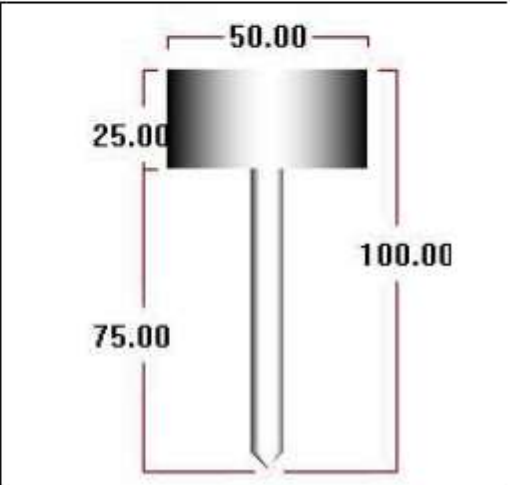
Operacija koja ima funkciju skidanja oštih rubova na gornjoj površini.

Radi se na zatvorenoj konturi drugog dijela površine X-Y.



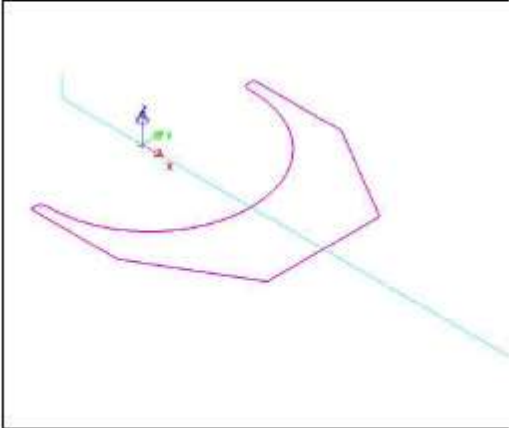
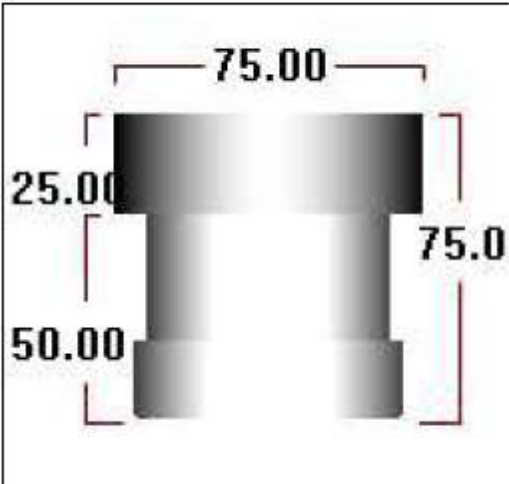
Slika 3.31 Provjera operacije br. 16

3.4.17 Skidanje oštirih rubova na utoru prednje strane

OPERATION INFO		Contour (2D chamfer)	
CYCLE TIME:		00 HOURS, 00 MINUTES, 24 SECONDS	
COMMENT:			
PROGRAM NUMBER:	0		
SPINDLE SPEED:	12000 RPM		
FEEDRATE:	1500.0 mm/min		
CLEARANCE PLANE:	50.0		
RETRACT PLANE:	2.0		
FEED PLANE:	2.0		
DEPTH:	48.3		
STOCK TO LEAVE:	0.0		
COMP TO TIP:	NO		
WORK OFFSET:	1		
TOOL INFO		#1884 - M8.00 CHAMFER MILL - TRKAC 8	
TYPE:	Chamfer mill		
NUMBER:	1884		
DIAMETER:	8.0		
CORNER RADIUS:	0.0		
LENGTH OFFSET:	1884		
DIAMETER OFFSET:	1924		
MATERIAL:	HSS		
NUMBER OF FLUTES:	4		
MINIMUM LENGTH:			
FPT:	0.031		
SPM:	301.602		
MFG CODE:	TRKAC 8		
HOLDER:			

Slika 3.32 Operacija br. 17

3.4.18 Čeona obrada s druge strane

OPERATION INFO		Facing	
CYCLE TIME:	00 HOURS, 00 MINUTES, 08 SECONDS		
COMMENT:			
PROGRAM NUMBER:	0		
SPINDLE SPEED:	3500 RPM		
FEEDRATE:	1111.0 mm/min		
CLEARANCE PLANE:	6.0		
RETRACT PLANE:	5.0		
FEED PLANE:	5.0		
DEPTH:	0.0		
STOCK TO LEAVE:	0.0		
COMP TO TIP:	YES		
WORK OFFSET:	0		
TOOL INFO		#3 - M63.00 FACE MILL - GLAVA 63	
TYPE:	Face mill		
NUMBER:	3		
DIAMETER:	63.0		
CORNER RADIUS:	0.0		
LENGTH OFFSET:	3		
DIAMETER OFFSET:	3		
MATERIAL:	Carbide		
NUMBER OF FLUTES:	3		
MINIMUM LENGTH:			
FPT:	0.106		
SPM:	692.743		
MFG CODE:	GLAVA 63		
HOLDER:			

Slika 3.33 Operacija br. 18

Ovo je operacija čeonog glodanja koja ima cilj da obradak poravna na zadanu visinu od $Z=32\text{mm}$.

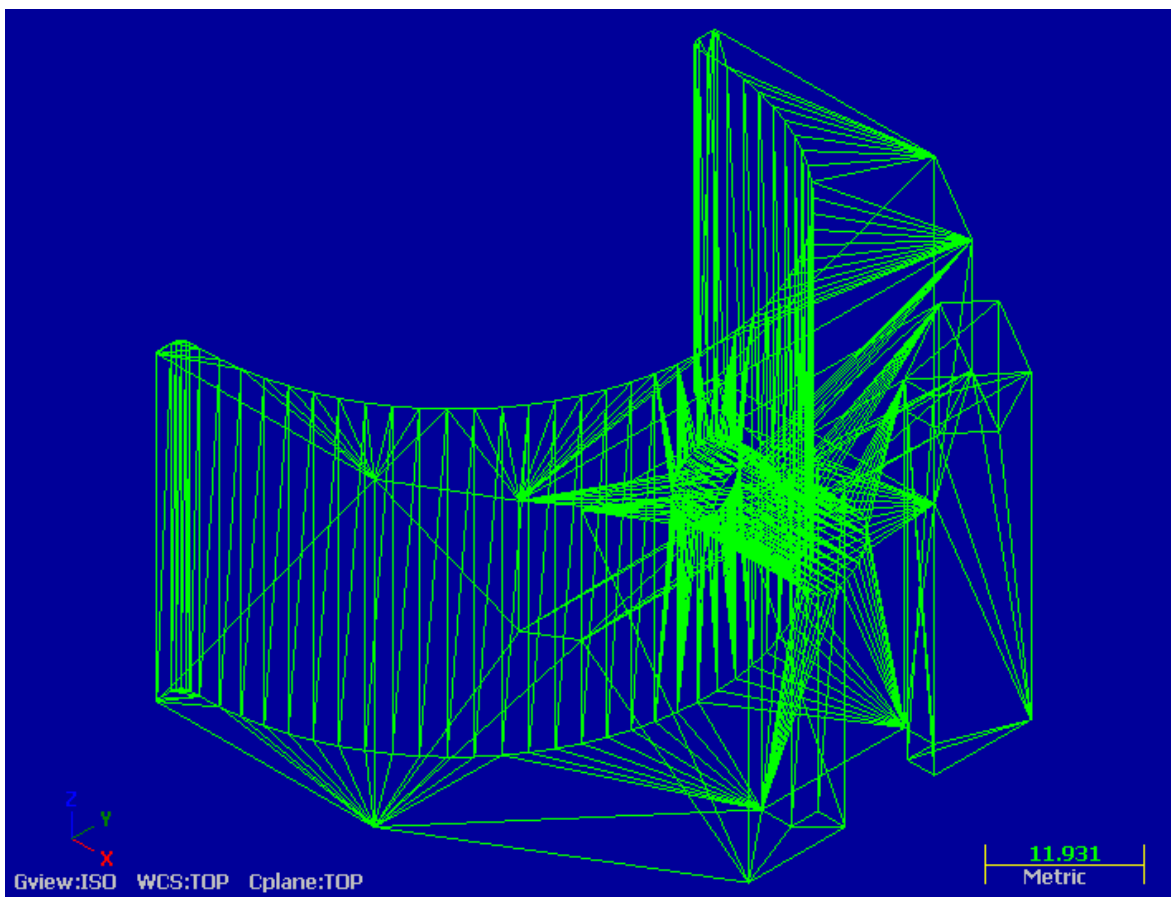
Obrada se izvodi u odnosu na mjernu bazu i postiže se mjera H2 na crtežu komada u prilogu.

4 MOGUĆA POBOLJŠANJA I SMJERNICE ZA POSTIZANJE VISOKE TOČNOSTI

Jedno od mogućih poboljšanja i u svakom slučaju bitna smjernica u razvoju CAM tehnologije je korištenje STL⁸ datoteka.

STL datoteka, kako je pojednostavljeno definira tvrtka „3D systems“ u 80-tim godinama, je mreža trokuta koja okružuje (omeđuje) CAD model. Ime STL dobiva na temelju procesa Stereolitografije, a spominje se i kao skraćena od Standard Triangulation Language. STL je postao standard za cjelokupno RP⁹ područje. Svi današnji CAD/CAM sustavi uključuju mogućnost generiranja STL datoteke ili RP izlaza kao standardnu mogućnost.

Program Mastercam nudi mogućnost da se u postupku simulacije obrade komada uključi opcija „usporedba obratka s STL modelom“.

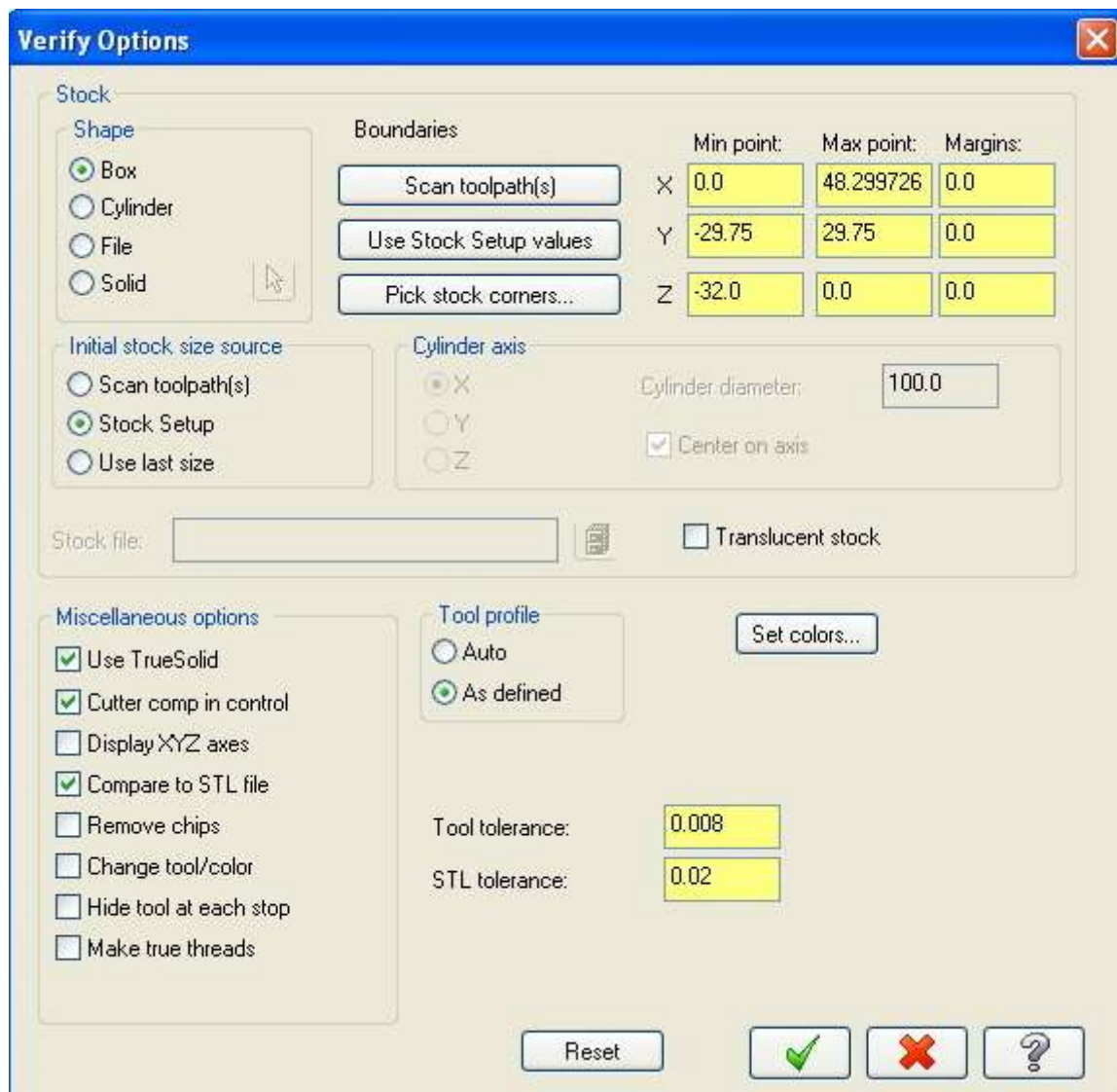


Slika 4.1 Datoteka STL

⁸ Na engleskom STL: Standard Triangulation Language

⁹ Na engleskom RP: Rapid Prototyping

STL datoteke su u stvari velika skupina orijentiranih trokuta. Trokuti se sastoje od tri točke i jednog vektora. Tri točke imaju intenciju određivanja ravnine, vektori imaju intenciju biti ili okomiti ili paralelni na ravninu koja je definirana trima točkama.



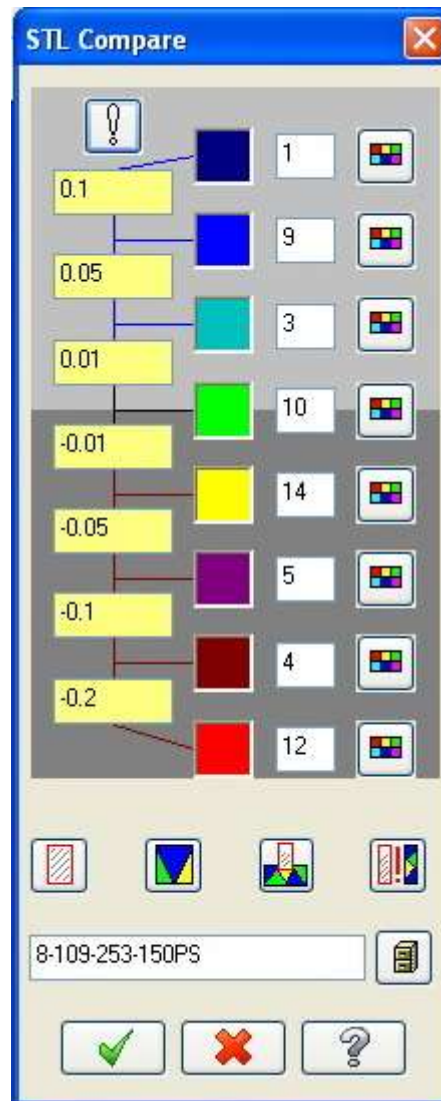
Slika 4.2 Prozor za opcije funkcije provjere obrade

Prije nego pokrenemo simulaciju obrade potrebno je označiti opciju „Compare to STL file“, kako je prikazano na slici.

Mastercam upozorava da selektiramo jednu STL datoteku (ako već nismo povezali neku STL datoteku s obratkom), tada pokazuje dijaloški okvir za uporedbu sa STL datotekom.

Izaberimo „usporedi“ da bi vidjeli odnos našeg obrađenog komada i geometrije iz STL datoteke. U dodatku možemo se odlučiti za prikaz našeg obratka samog za sebe ili zajedno s STL datotekom.

Mastercam boja obradak prema tome koliko je materijala ostalo ili skinuto na njemu, u skladu s tolerancijama u dijaloškom okviru STL usporedbe.



Slika 4.3 Značenje boja za različita područja obrade (+ ili -)

Kao što vidimo na slici, zadane su tolerancije alata i tolerancije STL modela.

Mogu se postaviti boje u STL dijaloškom okviru za označavanje područja na dijelu gdje imamo preostalog materijala (iznad mjere, ako su u pitanju vanjske kote) ili gdje dio obrađen s manjkom materijala na mjestima (ispod mjere, ako su u pitanju vanjske kote).

Svaka boja predstavlja raspon vrijednosti za iznos materijala koji je preostao na dijelu ili koji je skinut. Na primjer, prvi može predstavljati boje materijala veća od 0,003mm preostale na dijelu. Sljedeće boje mogu predstavljati bilo koji preostali materijal između 0,003mm i 0,002mm.

Boja koja se nalazi na sredini, granica između svijetlo i tamno osjenčanih površina koristi se za prikaz površina koje su obrađene točno (ispravna putanja alata). Vrijednosti i boje iznad ove granice označavaju područja suviška materijala, vrijednosti i boje ispod te granice označavaju područja manjka materijala.

5 ZAKLJUČAK

CAM tehnologija u proizvodnji ima svoje prednosti i nedostatke.

Neke prednosti koje CAM tehnologija nudi jesu:

- manje zalihe
- učinkovitije korištenje proizvodnog i skladišnog prostora
- smanjeno vrijeme pripreme stroja – obratka
- uštede u direktnom i indirektnom radu
- smanjeno vrijeme protoka proizvoda.

Isto tako mogu se navesti i slijedeći nedostaci, odnosno problemi:

- dodatni zahtjevi i troškovi primjene CAM-a (obuka programera)
- programiranje
- potreba dizajna i izrade specijalnih alata
- provjera programa - želja da već prvi obradak bude dobar je više želja, a manje realnost.
- održavanje - sofisticiraniji sustavi.

Kada govorimo o postizanju visoke točnosti u izradi nekog obratka moramo imati na umu da se u tom procesu nalazi više čimbenika:

- Tehnolog-programer koji radi program i tehnologiju za CNC stroj,
- CNC stroj, alati
- Čovjek koji radi pripremu stroja za obradu i prati rad stroja

6 LITERATURA

- [1] Ficko, M.*, Balic, J.***, Pahole I.***, Senveter, J.***, Brezovnik, S.***& Klancnik, S***:
EXPECTATIONS OF AUTOMATIC PROGRAMMING OF CNC MACHINE TOOLS, APEM
Journal, Advances in Production Engineering & Management 5 (2010) 3, ISSN 1854 – 6250
str. 193 – 199, URL: http://maja.uni-mb.si/files/apem/APEM5-3_193-199.pdf (22.7.2011.)
- [2] Smid, Peter: *CNC Programming Handbook 2nd edition*, New York, SAD, Industrial Press
Inc., 2003., 341-360 str., 400-450 str.
- [3] Rdhakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V.: *CAD/CAM/CIM (Third edition)*,
New Delhi, India, New Age International (P) Ltd, 2008., 609-640 str.

7 PRILOZI

PRILOG I: Crtež obratka

PRILOG II: Kompaktni disk s datotekama crteža u DWG i PDF formatu, obradnog programa u tekstualnom formatu, video datoteka simulacije obrade i PDF datotekom diplomskog rada.