

Programiranje alatnih mašina primjenom CAD/CAM sistema

Obrad Spaić, Danilo Masleša, Brankica Čomić
 Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje
 Trebinje, Bosna i Hercegovina, Republika Srpska
obradspaic59@gmail.com, danimom_92@yahoo.com, brankicacomic@yahoo.com

Sažetak — U cilju povećanja efikasnosti i fleksibilnosti proizvodnih procesa razvijeni su CAD i CAM sistemi kao i CAD/CAM sistemi koji predstavljaju kombinaciju ovih sistema. Osnovna karakteristika CAD/CAM sistema jeste veliko skraćanje vremena od izrade konstruktivno tehnološke dokumentacije do proizvodnje finalnog proizvoda. U ovom radu je primjenom CAD/CAM sistema CATIA V5 urađena 2D i 3D konstruktivna dokumentacija kao i automatsko programiranje, odnosno generisanje CNC programa za izradu radnog predmeta na CNC glodalici EMCOCONCEPT MILL 250D.

Ključne riječi- CAD; CAM; CAD/CAM; NC program.

I. UVOD

Velika konkurencija, isti ili slični proizvodi kao i mala razlika u cijeni, predstavljaju glavne razloge koji podstiču proizvođače da kreiraju nove načine da se na tržištu izdvoje od konkurencije. Zbog toga se proizvođači sve više usmjeravaju na automatizovanu proizvodnju, odnosno na implementaciju novih sistema kako bi skratili vremenski period od početka ideje do izrade dijelova i plasiranja na tržište. Pri tome moraju voditi računa da se ne ugrozi kvalitet i funkcionalnost proizvoda.

Težnja za implementacijom novih sistema dovela je do sve veće primjene kompjuterski podržanih sistema koji su poznati pod nazivom CAD/CAM sistemi, a primjenjuju se još od 1965. godine [1]. Naziv ovih sistema dolazi od prvih slova engleskih riječi za: CAD – Computer Aided Design/Drafting (Kompjuterom podržano dizajniranje/konstruisanje) i CAM – Computer Aided Manufacturing (Kompjuterom podržana proizvodnja).

CAD/CAM sistemi, koji predstavljaju napredan alat u fazi razvoja proizvoda kao i njihove izrade, predstavljaju najznačajnije i najintezivnije promjene koje su našle svoj put do velike primjene tokom protekle decenije. Njihova primjena je posebno značajna prilikom automatskog programiranja alatnih mašina.

Primjenom ovih sistema programiranje alatnih mašina je postalo kraće i efikasnije, a utrošak i korištenje resursa je smanjeno na minimum i što je posebno važno ne narušava se kvalitet obrađenog proizvoda.

II. CAD/CAM SISTEMI

CAD sistem predstavlja podskup procesa konstruisanja i obuhvata sve zadatke koji su uključeni u izradu podataka o

proizvodu (tehnološke crteže, spisak dijelova proizvoda, grafičke modele proizvoda, itd.). Ubrzanim razvojem CAD sistema se od jednostavnih 2D crteža došlo do kompleksnih 3D sistema modeliranja koje je stvorilo jasne i potpune geometrijske prikaze objekata. CAD sistemi se široko primjenjuju i u izradi, modifikaciji, analizi i optimizaciji projekta. Njihovom upotrebom je povećana produktivnost projektovanja, poboljšava se kvalitet i tačnost dijelova i omogućena je laka izmjena na modelima kao i razmjena u elektronskom obliku. Zapravo izlaz iz CAD sistema predstavlja ulaz u CAM sistem. CAD sistem čini više elemenata koji su prikazani na Sl. 1.



Slika 1. Elementi CAD sistema [2]

Kao što se može vidjeti sa slike, CAD sistem čine međusobno povezani elementi i to korisnik ili konstruktor čiji je zadatak da pozna rad na računaru prilikom rješavanja zadatog konstruktivnog zadatka primjenom CAD sistema. Hardver u CAD sistemu čini računar i prateća računarska oprema koja je prilagođena korisniku i ima zadatak da osigura efikasno funkcionisanje CAD sistema. Softver predstavlja sam CAD sistem, a problem u CAD sistemu predstavlja ulaz u proces konstruisanja i od njega zavise ostali elementi.

CAM sistem predstavlja programske alate koji podržavaju intezivnu upotrebu računara za planiranje i projektovanje proizvodnih i tehnoloških procesa i operacija, kao i upravljanje proizvodnim procesima. Osnovna ideja ovih sistema je da se kompjuter koristi u svrhu generisanja programa za CNC mašine [3]. CAM sistem zapravo predstavlja programski alat za numeričko upravljanje (NC) u kojem se pomoću CAD sistema generišu dvodimenzionalni ili trodimenzionalni modeli. Primjenom informacija o geometriji nacrt iz CAD sistema, u CAM programu je moguće generisati putanju alata za različite postupke obrade. Elementi CAM sistema su prikazani na Sl. 2.

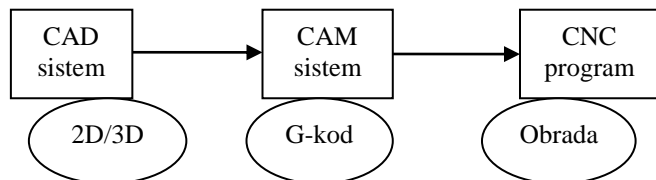


Slika 2. Elementi CAM sistema [2]

Kao što se može vidjeti sa Sl. 2, elemente CAM sistema čine: CAD model koji predstavlja ulaz u CAM sistem,

hardver CAM sistema koji čine CNC mašina, dok Softver CAM sistema može biti nezavisan ili povezan sa CNC mašinom ili u okviru PLM rješenja (engl. Product Lifecycle Management).

Ovi sistemi su se u početku, razvijali nezavisno jedni od drugih što je uslovalo da komunikacija između njih ne bude na zavidnom nivou. Međutim, ubrzo su korisnici ovih sistema shvatili da je jedini način za povećanje produktivnosti ostvarivanje veze između ova dva sistema kao što je prikazano na Sl. 3.



Slika 3. Veza između CAD i CAM sistema [4]

Veza između CAD i CAM sistema mora biti dvosmjernan put i to takav da baza podataka CAD sistema mora prikazivati proizvodne zahtjeve u obliku tolerancija i funkcija. Kombinacijom CAD i CAM alata u CAD/CAM sistemu se dobija napredan sistem koji ima mogućnost da poveća produktivnost i fleksibilnost izrade proizvoda.

CAD/CAM sistemi funkcionišu na bazi radnih stanica koje se temelje na distribuiranom odnosno samostalnom i umreženom odnosno povezanom okruženju [5]. Odnosno, savremeni CAD/CAM sistemi zapravo predstavljaju tehnologiju koja omogućava automatski prelaz od dizajna proizvoda (CAD sistem) do njegove proizvodnje primjenom računara (CAM sistem).

Da bi CAD/CAM sistem mogao da zadovolji potrebe savremene proizvodnje, on mora da ispuni zahtjeve koji se pred njega stavljaju. To znači da svaki CAD/CAM sistem mora da posjeduje [6]:

- napredne strategije obrade koje vrijeme obrade smanjuju na najmanju moguću mjeru,
- mogućnost programiranja 2-osnih, 3-osnih i 5-osnih CNC mašina,
- napredne metode otkrivanja kolizije,
- jednostavnu upotrebu i
- naprednu podršku za visokobrzinske obrade i td.

Primjena CAD/CAM sistema daje brojne pogodnosti korisnicima. Te pogodnosti se ogledaju u tome da se primjenom CAD/CAM sistema povećava produktivnost koja danas predstavlja jedan od najvažnijih zahtjeva na tržištu. Pored povećanja produktivnosti primjenom CAD/CAM sistema su omogućene lake i pouzdane izmjene konstrukcija koje omogućavaju otklanjanje grešaka u procesu konstruisanja i mogućnost kreiranja brojnih varijanti. I svakako, pogodnost korištenja ovih alata je i u tome kad se napravi dizajn proizvoda on se može provjeravati pomoću simulacije obrade koja omogućava da se otkriju i popravne potencijalne greške.

III. PROGRAMIRANJE ALATNIH MAŠINA

Pod programiranjem alatne mašine podrazumijeva se skup naredbi razumljivih upravljačkoj jedinici mašine. Izvršava se nakon plana rezanja, prema unaprijed definisanoj tehnologiji obrade, a sastoji se od niza geometrijskih, tehnoloških i funkcionalnih informacija u vidu kodiranih naredbi za odgovarajuću upravljačku jedinicu. Programiranje CNC mašina se može izvoditi na tri načina:

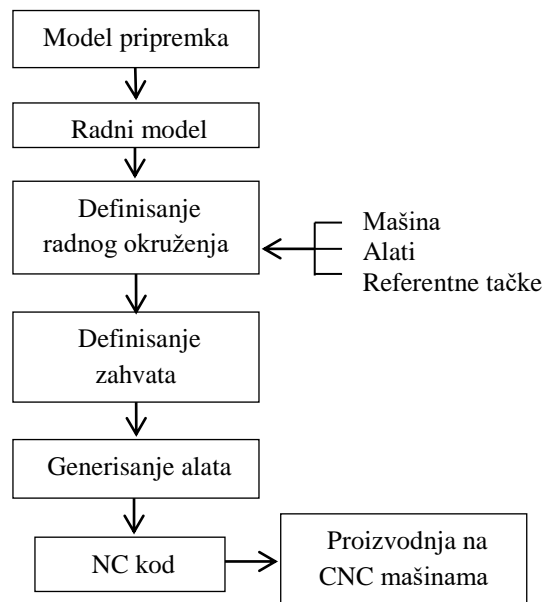
- Ručno programiranje od strane tehnologa;
- Poluautomatsko programiranje;
- Automatsko programiranje primjenom računara.

Za razliku od ručnog programiranja kod kog tehnolog ručno ispisuje program, za poluautomatsko programiranje su razvijeni odgovarajući softveri koji, pored radnog područja u kome se pišu programi, sadrže podprograme, subprograme, standardne i korisničke cikluse, podatke o alatima itd., kao pomoć pri programiranju. Jedan od takvih softvera je i WinNC SINUMERIK 810D/840D TURN (MILL).

Automatsko programiranje predstavlja kreiranje programa pomoću računara na osnovu 3D CAD modela i izabranih parametara, kao što su: dimenzije priprema, putanja alata, izbor alata i režimi rezanja. U tu svrhu su razvijeni brojni softverski paketi, kao što su: CATIA, MASTERCAM, SOLIDCAM i mnogi drugi, koja u sebi imaju ugrađene i module za optimizaciju putanje alata.

Automatsko programiranje je lakše, brže i pouzdanije od ručnog programiranja, a moguće je i simulirati cijeli postupak programiranja.

Aktivnosti koje obuhvata automatsko programiranje primjenom CAD/CAM sistema prikazane su na Sl. 4.



Slika 4 Tok aktivnosti programiranja primjenom CAD/CAM

Kao što se može vidjeti sa Sl. 4, tok aktivnosti automatskog programiranja primjenom CAD/CAM sistema

je sledeći: U CAD sistemu se izradi konstrukcija obradka koja predstavlja ulaz u CAM sistem. CAD model koristi programer i da pomoću njega na radnoj stanici definiše elemente geometrije i putanje alata i unose preko parametara kao što su posmak, dubina rezanja, vrsta alata i drugo. Poslije toga programer definiše plan obrade koji zavisi od projektovane tehnologije. Za definisani plan obrade, programer iz magacina alata bira potrebne alate. Poslije odabira svih parametara koji su potrebni za automatsko programiranje izabranog dijela, programer ima mogućnost da primjenom simulacije pogleda cijeli postupak obrade i na taj način mu je omogućeno da uoči i ispravi potencijalne greške. Nakon što programer odredi poziciju i putanju alata, softver CAD/CAM sistema automatski stvara CNC program koji se dobija u obliku koji nije razumljiv CPU (eng. Central processing unit) . Zbog toga svaki CAD/CAM sistem mora da ima poseban program – postprocesor čiji je zadatak da CL datoteku (eng. Cutter Location File) prevde u prihvatljivu i čitljivu formu CNC mašini, odnosno da generiše NC kod. I ovaj korak predstavlja poslednju fazu u automatskom programiranju CNC mašina primjenom CAD/CAM sistema.

Kod automatskog, kao i ručnog programiranja alatnih mašina koriste se G i M funkcije, kao i neke specijalne funkcije, koje se mogu podijeliti na [7]:

- Modalne funkcije koje se pohranjuju u memoriji upravljačke jedinice mašine i ostaju aktivne dok se ne ponište sa nekom od funkcija iz iste grupe ili funkcijom za kraj programa;
- Nemodalne funkcije koje su aktivne samo u bloku u kojem su programirane i one se još nazivaju i rečeničnim funkcijama.

G-funkcije su glavne funkcije mašine, a njihov zadatak je da definišu uslove putanje alata. Osim na modalne i nemodalne ove funkcije se mogu podijeliti na blok aktivne i slobodne G-funkcije. G-funkcije zajedno sa adresama koordinatnih osa i interpolacijskim parametrima čini geometrijski dio bloka [8]. U jednom programskom bloku može se nalaziti više G-funkcija, a pri tome treba voditi računa da u jednom bloku ne budu naredbe koje ne mogu biti aktivne u isto vrijeme, kao što su npr. naredbe G0 – funkcija za kretanje u brzom hodu i G1 – funkcija za kretanje u radnom hodu, jer se u isto vrijeme ne mogu ispuniti ova oba suprostavljena zahtjeva.

Da bi se ovakvi slučajevi lakše izbjegli, naredbe se kombinuju u više grupa, pri čemu naredbe iz iste grupe ne mogu biti u istom programskom bloku.

Pored G-funkcija u kreiranju programa se koriste i M-funkcije, kao pomoćne funkcije. Ove funkcije su prekidačke funkcije pa se njihova stanja mogu definisati binarnim varijablama: 0 i 1. Sastoje od slova M i dva dekadna mjesta.

Pomoćne M-funkcije se mogu podijeliti na dva načina [7]:

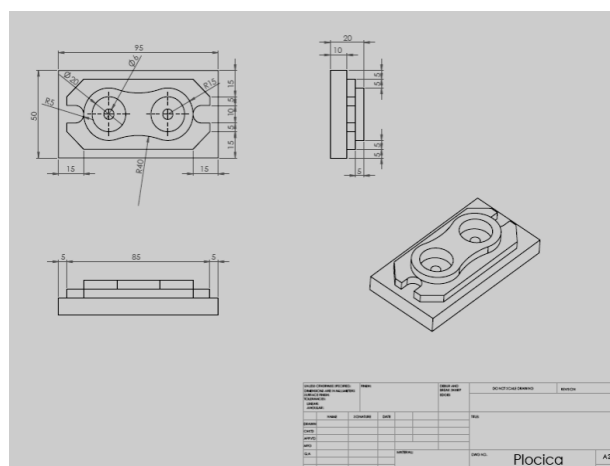
- po vremenu trajanja na: modalne i nemodalne funkcije i

- prema početku djelovanja na: funkcije aktivne na početku bloka i funkcije čije je djelovanje započeto na kraju bloka.

Pored navedenih glavnih G-funkcija i pomoćnih M-funkcija prilikom pisanja CNC programa mogu da se upotrijebe i neke druge funkcije, npr. TRANS – funkcija za programiranje nulte tačke, CHF – funkcija za ubacivanje zakošenja po osi Z, ATRANS – funkcija za programiranje inkrementarne nulte tačke i mnoge druge.

IV. PROGRAMIRANJE ALATNIH MAŠINA PRIMJENOM CAD/CAM SISTEMA CATIA V5

Za radni predmet prikazan na Sl. 5 (referentni model) potrebno je izvršiti automatsko programiranje primjenom CAD/CAM sistema CATIA V5. Radni predmet se izrađuje na glodalici EMCOCONCEPT MILL 250D, koja se nalazi u CNC laboratoriji na Fakultetu za proizvodnju i menadžment Trebinje.



Slika 5. Referentni Model izratka

Prije samog generisanja CNC programa (G koda) koji, kao što je već pomenuto predstavlja izlaz iz CAM sistema potrebno je izabrati odgovarajuće parametre, kao što su:

- izbor CAD/CAM sistema na kome će se izvršiti automatsko programiranje,
- izbor CNC mašine,
- izbor alata i
- izbor procesa obrade koji će se primijeniti na najbolji mogući način.

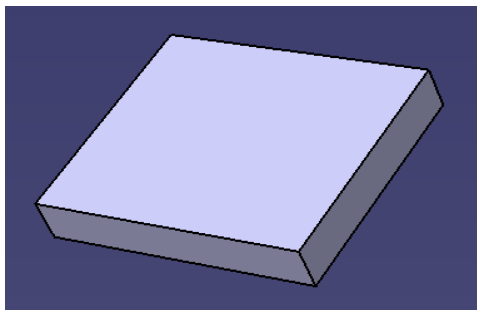
Za automatsko programiranje izabranog dijela odabran je CAD/CAM sistem CATIA V5 koji predstavlja program za kolaborativno projektovanje nove generacije koji neprimjetno integriše sve aspekte procesa razvoja proizvoda. To obuhvata simultanu upotrebu podataka i geometrijskih informacija polazeći od koncepta proizvoda pa sve do definicije proizvodnog procesa.

U središtu programa CATIA V5 integrisane su asocijativne strukture podataka koje omogućavaju simultani

razvoj proizvoda kroz čitav njegov životni vijek, pa samim tim i njegov brži razvoj.

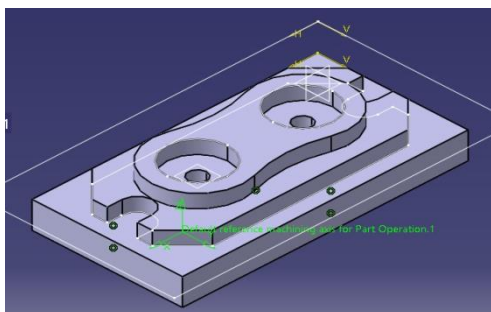
Kao što je već navedeno u prvom poglavlju, za generisanje G-koda koji predstavlja izlaz iz CAM sistema, kao ulaz u CAM sistem koristi se CAD (referentni) model, prikazan na Sl. 5.

Radni predmet se izrađuje od aluminijuma u ploči, prethodno isječenom na dimenzije priprema 50x95x24,5 (Sl. 6).



Slika 6. Izgled priprema

Spajanjem priprema i referentnog modela u CAM sistemu se dobija radni predmet, čiji je izgled, u 3D projekciji, prikazan na Sl 7.



Slika 7. 3D prikaz radnog predmeta

Poslije definisanja radnog modela potrebno je definisati nultu tačku obradka. To se može uraditi na više načina, a jedan od načina, koji je primijenjen u ovom slučaju, je da se nulta tačka obradka poklapa sa koordinatnim početkom mašine pri čemu ose moraju biti upravne na površinu koja se obrađuje.

Nakon toga se model odabranog izradka i model priprema moraju postaviti u određeni međusobni položaj i to se postiže na način da se ovi modeli sastave u sklop pomoću funkcije „Mechanical Design/Assembly Design“ pri čemu se moraju zadati ograničenja opcijom „Constrain/Coincidence“. Time je taj sklop u potpunosti fiksiran i nema stepena slobode kretanja.

Prije nego što se definišu operacije obrade potrebno je izvršiti izbor potrebnih reznih alata i odgovarajućih režima rezanja. Na osnovu navedenih parametara pravi se operacijski list koji je prikazan u Tabeli I.

TABELA I. OPERACIJSKI LIST

UNIVERZITET U ISTOČNOM SARAJEVU FAKULTET ZA PROIZVODNJU I MENADŽMENT TREBINJE							
Operacijski list	Naziv:	Dimenzije: 50x95x24,5	Materijal:Aluminijum				
	Broj: 001	Datum: 21.11.2018.	Izradio:				
Stezanje	Operacija/zahvat		Alat	Režimi rezanja			
	Broj	Naziv		n	s	t	i
I	1	Glodanje	Emco mill 250				
	1.1	Čeono glodanje	Čeono glodalo Ø50				
	1.2	Konturno glodanje 1	Vretenasto glodalo Ø 25				
	1.3	Konturno glodanje 2	Vretenasto glodalo Ø 10				
	2	Bušenje	Emco mill 250				
	2.1	Zabušivanje	Zabušivač Ø 1.25				
	2.2	Bušenje	Zavojna burgija Ø 6				

Kao što se može vidjeti iz Tabele I, odnosno Operacijskog lista, za izvođenje ovog procesa obrade potrebno je pet zahvata, i to:

- čeono glodanje čeonom glodalom Ø50.
- konturno glodanje 1 vretenastim glodalom Ø25,
- konturno glodanje 2 vretenastim glodalom Ø10,
- zabušivanje zabušivačem Ø1.25 i
- bušenje zavojnom burgijom Ø6.

Za svaki ovaj zahvat su definisani prečnici alata, brzine obrtnja, dubina rezanja i broj prolaza. Poslije toga je urađena simulacija procesa obrade gdje su otklonjeni nepotrebni koraci. Zatim softver CAD/CAM sistema automatski stvara program u CL obliku koji je nerazumljiv odabranoj CNC mašini.

Kao završna faza, odnosno poslednji korak u programiranju primjenom CAD/CAM sistema je postprocesiranje. Postprocesiranje je procedura koja na osnovu prethodno definisanih parametara posredstvom procesora koji se nalazi u okviru CAM sistema generiše CL datoteku (eng. *Cutter Location File*), datoteku lokacije alata. Ova datoteka predstavlja putanju alata tokom obrade. CL datoteka je nerazumljiva upravljačkoj jedinici, pa se pomoću postprocesora prevodi u formu koja je prihvatljiva za upravljačku jedinicu.

Na osnovu svih ovih definisanih parametara i na osnovu automatskog programa izvode se definisani zahvati čija je simulacija prikazana na Sl. 8 - Sl.12.

ZAKLJUČAK

Primjenom CAD/CAM sistema u značajnoj mjeri je olakšano programiranje CNC mašina, pa samim tim i izrada mašinskih dijelova. Pri tome se nije narušila produktivnost i zahtijevani kvalitet.

Glavni cilj ovoga rada je bio da se prikaže postupak automatskog programiranja primjenom CAD/CAM sistema. U CAD/CAM sistemu Catia V5 su prikazani svi tokovi aktivnosti automatskog programiranja, počev od definicije priprema, preko referentnog modela pa sve do simulacije i procesa postprocesiranja koji predstavlja poslednji korak u procesu automatskog programiranja CNC mašina primjenom CAD/CAM sistema.

LITERATURA

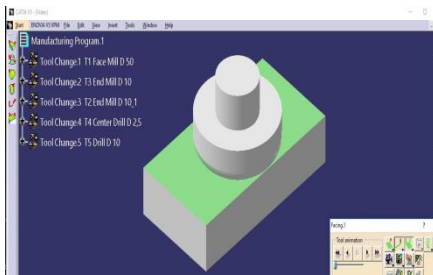
- [1] N. Vitulić, Z. Jurković, M. Perinić, Implementacija CAD/CAM sustava u virtualnoj simulaciji automatiziranog tokarskog obradnog centra, *Strojarstvo* (5) 415-420, 2011., str. 415.
- [2] S. Korčij, CAD/CAM, Erasmus + Koalicija sektorskih spretnosti, Učno gradivo, 2016., str. 5- 12.
- [3] M. Maksimović, Primena CAD/CAM tehnologija u programiranju tehnoloških sistema sa kompjuterskim upravljanjem, Fakultet tehničkih nauka, Čačak, 2011., str. 1 – 6.
- [4] <http://mf.unibl.org/upload/documents/laboratorije/laboratorija%20za%20tehnologiju%20obrade%20rezanjem%20i%20obradne%20sistem/e/ZAVRSNI%20RAD%20PREZENTACIJA%20Medovic%20Ivica.pdf>, Vrijeme pristupa: 10.01.2018. u 19:39.
- [5] T. Žižak, Dizajniranje i obrada drške ručne bušilice, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017., str. 9.
- [6] C. Mladenović, N. Kalenić, V. Blanuša, M. Bojanić, A. Živković, Strategija obrade u CAD/CAM programskim sistemima, Infotech, Jahorina, 2013., str. 509.
- [7] A. Fruk, Analiza procesa obrade pomoću CNC stroja, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2017., str. 9 – 12.
- [8] A. Kovačević, Postprocesori za petoosne obradne centre, FSB, Zagreb, 2011.
- [9] <https://www.scribd.com/doc/306914156/CATIA-V5R16-Modeliranje-Klipnjace>, Vrijeme pristupa: 25.01.2019. u 8:15.

ABSTRACT

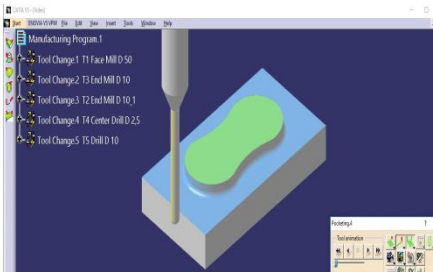
In order to increase the efficiency and flexibility of production processes CAD and CAM systems have been developed, as well as CAD / CAM systems that represent a combination of these systems. The basic characteristic of the CAD / CAM system is a great shortening of the time from making constructive technological documentation to the production of the final product. In this paper, using the CATIA V5 CAD / CAM system, 2D and 3D constructive documentation were made as well as automatic programming ie, generation of CNC program for the production of a workpiece on the CNC milling machine EMCOCONCEPT MILL 250D, were made.

PROGRAMMING MACHINE TOOLS USING CAD/CAM SYSTEMS

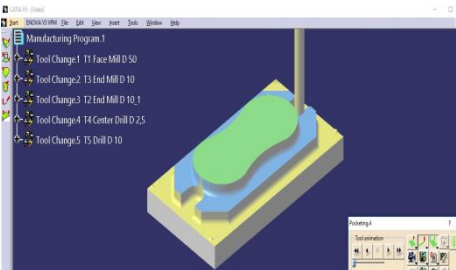
Obrad Spaić, Danilo Masleša, Brankica Čomić



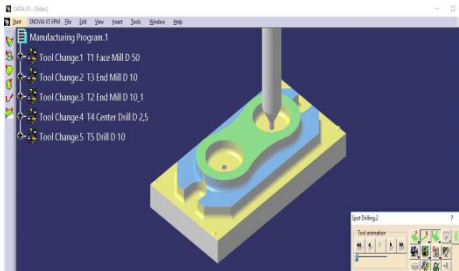
Slika 8. Simulacija čeonog glodanja



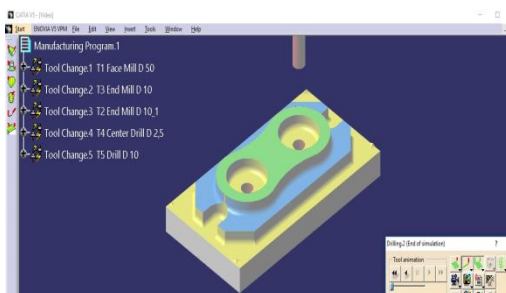
Slika 9. Simulacija konturnog glodanja 1



Slika 10. Simulacija konturnog glodanja 2



Slika 11. Simulacija zaibušivanja



Slika 12. Simulacija bušenja