



FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
KOSOVSKA MITROVICA

Osnovi CNC programiranja 3-osnih glodalica primenom softverskog paketa SolidWorks

dr Milan Radenković

Istorijski razvoj CNC mašina

- Mašinska obrada metala postaje aktuelna u vreme industrijske revolucije i u Engleskoj se **1775.** god. pojavljuje **prva mašina** koja se koristila za obradu cilindara parnih mašina. (*John Wilkinson*).

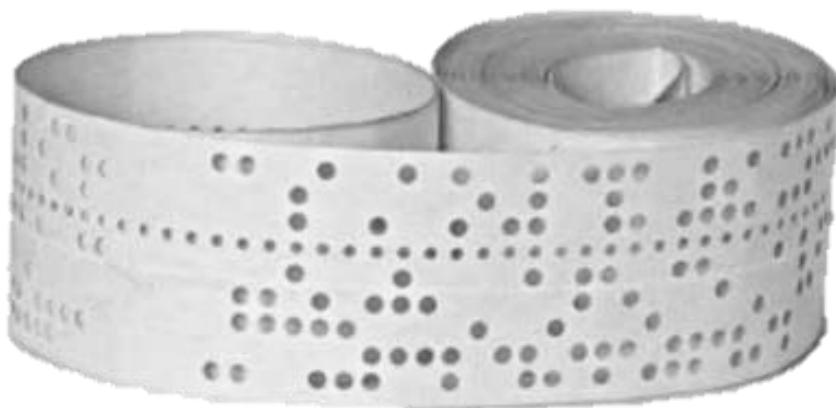
Istorijski razvoj CNC mašina

- Godine **1818.**, *Eli Whitney* izrađuje **glodalicu** u Americi za potrebe vojne industrije (izrada pušaka za potrebe države)
- Godine **1952.** *John Parsons* prikazuje **prvu NC (Numeric Control) glodalicu**. On je postavio servo motore na X i Y osu, kontrolisane putem kompjutera koji je čitao bušene kartice. Tako je rođena NC tehnologija odnosno prva NC glodalica.

Istorijski razvoj CNC mašina



Istorijski razvoj CNC mašina



Istorijski razvoj CNC mašina

- Osnova numeričkog upravljanja je upravljanje mašinom pomoću unapred definisanog programa.
- Današnje upravljačke jedinice građene su na principu korišćenja mikroprocesora, odnosno malog elektronskog računara koji se može programirati i time ostvariti proces numeričkog upravljanja. Zbog toga se takve upravljacke jedinice zovu CNC upravljačke jedinice.

Karakteristike CNC mašina

- CNC mašine (*computer numerical control*) su mašine kontrolisane pomoću kompjutera odnosno odgovarajućeg računarskog programa.
- Oblast njihove primene je veoma široka.

Karakteristike CNC mašina

Osnovne razlike klasičnih i CNC mašina su:

- **pogon mašine:** kod klasičnih mašina pogon je zajednički tako da jedan motor pogoni i glavno vreteno i ostala kretanja, dok je kod CNC mašina pogon zaseban sa svaku osu.
- **upravljanje mašinom:** kod klasičnih mašina izvodi se ručno ili mašinski preko ručica za upravljanje dok CNC mašine pomoću upravljačke jedinice rade automatski preko programa

Karakteristike CNC mašina

Osnovne razlike klasičnih i CNC mašina su:

- **merni sastav mašine:** kod klasičnih mašina postoji skala sa nonijusom dok kod CNC mašina postoje merni senzori
- **pomeranje radnog stola:** kod klasičnih mašina ostvaruje se trapeznim navojem dok se kod CNC mašina ostvaruje kugličnim navojnim vretenom

Karakteristike CNC mašina

Osnovne prednosti upotrebe CNC tehnologije su:

- smanjenje troškova
- povećanje kvaliteta proizvoda
- jednostavnost proizvodnog planiranja i kontrole

Karakteristike CNC mašina

Pored osnovnih postoje i druge prednosti upotrebe CNC tehnologija:

- Mogućnost obrade najsloženijih mašinskih delova
- Visoka produktivnost
- Velika brzina rada zbog povećanih režima rada
- Složenija konstrukcija mašine
- Bolje vođenje i preciznost do 0,001mm
- Manje zahteva za veštinom operatera

Karakteristike CNC mašina

- **Tri osnovna nedostatka pri upotrebi CNC tehnologije su:**
 - visoke početne investicije
 - visoki zahtevi održavanja i
 - neefikasnost u odnosu na troškove za proizvodnju

Karakteristike CNC mašina

- Pre uvođenja CNC mašina nužno je sagledati u kojim slučajevima i pod kojim uslovima je **opravdano njihovo uvođenje u proizvodnju**
 - visoki troškovi radne snage
 - visoki kvalitet proizvoda
 - predugo vreme pripreme proizvoda
 - zastarela postojeća oprema
 - čestih promena dizajna diktiranih zahtevima tržišta

Elementi CNC mašina

Tipičan CNC sistem sastoji se od sledećih elemenata:

- programskog dela,
- upravljačke jedinice,
- pogonskog sistema,
- alatne mašine i
- Mernog sistema sa povratnom spregom.

Elementi CNC mašina

Programski deo predstavlja niz kodiranih instrukcija koje su potrebne za obradu dela.

Mašina kontroliše kretanje alata, brzinu obrtanja, na primer vretena, kao i on/off kontrolu pomoćnih funkcija koje su zadate (predviđene) u programu samog dela.

Elementi CNC mašina

- Kodirane instrukcije su sastavljene od slova, brojeva i simbola u formatu funkcionalnih blokova (rečenica).

N10 G01 X80 Y115 F80

Broj rečenica

Linearna interpolacija

X koordinata 80 mm

Brzina pomoćnog kretanja 80 mm/min

Y koordinata 115 mm

Elementi CNC mašina

- **Ulazni uređaj** za programe i podatke može biti mehanizam ili elektro slop preko koga se informacije prosleđuju upravljačkoj jedinici na dalju obradu.
 - čitač bušene trake,
 - magnetni čitač trake i
 - računar sa pripadajućim interfejsom

Elementi CNC mašina

- **Upravljačka jedinica** (*eng. Machine Control Unit – MCU*) predstavlja srce CNC sistema. Koristi se za:
 - čitanje kodiranih instrukcija,
 - dekodiranje kodiranih instrukcija,
 - izvođenje interpolacije u cilju izvršavanja komandi za osna kretanja,
 - primanje povratnih sisgnala pozicija i brzina za svaku radnu osu
 - uvođenje pomoćnih kontrolnih funkcija (SHP, zamena alata itd.)

Elementi CNC mašina

- **Pogonski sistem** sastoji se od **regulatora sa pojačivačem, pogonskog motora i recirkulacionog prenosnika** (sklop recirkulaciono breteno i recirkulaciona navrtka)
- UJ prosleđuje upravljački signal za sve ose do regulatora koji se pojačava radi upravljanja pogonskim motorima koji preko recirkulacionog prenosnika pozicioniraju radni sto tj. nosač alata.

Elementi CNC mašina

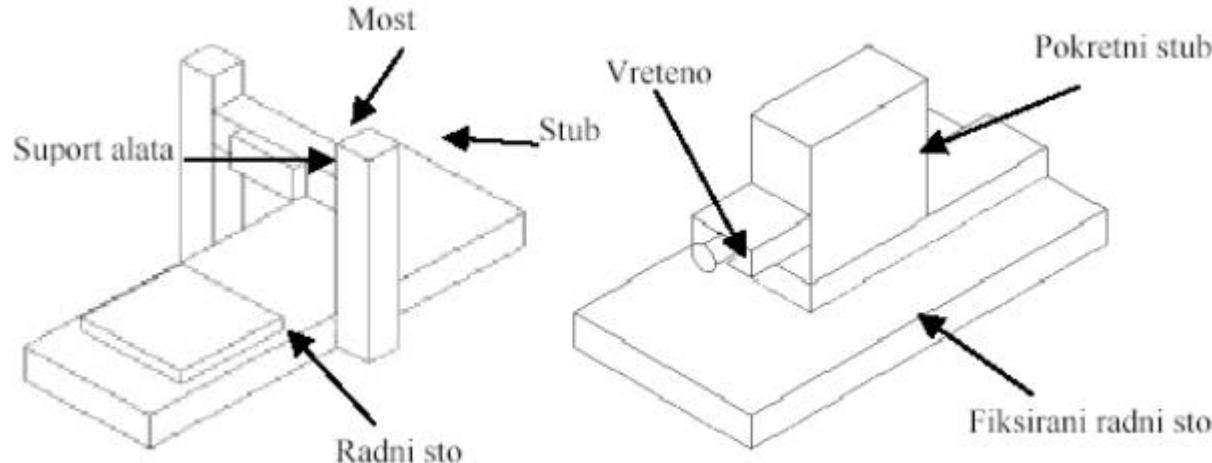
- Preko **mernog sistema** upravljačka jedinica dobija informacije o položaju radnog stola ili nosača alata. Na osnovu ovih informacija upravljačka jedinica koriguje upravljačke signale koji se dalje prosleđuju pogonskom sistemu a samim tim se utiče i na kvalitet dobijenog dela.

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- Numerički upravljeni sistem je skup podistema sa određenim **konstruktivnim karakteristikama** koji su međusobno funkcionalno povezani u celinu.
- staticko opterećenje,
- dinamičko opterećenje i
- termičko opterećenje.

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- **Statičko opterećenje** potiče od težine kliznih delova, obradka i sl.
- Noseća struktura treba da ima adekvatnu krutost i odgovarajuću konfiguraciju strukture.
- Dve osnovne konfiguracije date su na slici ispod



Konstruktivne karakteristike CNC sistema



Hass TM-1

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- **Dinamičko opterećenje** je termin koji se koristi za sile koje se neprekidno menjaju i pri tom deluju na noseću strukturu mašine tokom njenog rada.
- Dinamičko opterećenje prouzrokuje pojavu vibracija celokupnog mašinskog sistema.

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- Vibracije mogu da potiču od:
 - neizbalansiranih rotirajućih elemenata,
 - nepravilnog uparivanja zupčanika,
 - nepravilno izvedenog uležištenja,
 - promena u intenzitetu sile rezanja tokom obrade

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- Uticaj vibracija na performanse mašine se smanjuje:
 - povećanjem krutosti mašine,
 - poboljšanjem prigušnih svojstava.

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- Uticaj vibracija na performanse mašine se smanjuje:
 - povećanjem krutosti mašine,
 - poboljšanjem prigušnih svojstava.

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- Termičko opterećenje potiče od lokalnih toplotnih izvora. Neki od toplotnih izvora su:
 - električni motor,
 - trenje u mehaničkom pogonu i prenosnicima,
 - proces obrade,
 - temperatura okoline.

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- Navedeni topotni izvori prouzrukuju lokalne deformacije, što ima za posledicu **pogoršanje performansi mašine**.

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

- U cilju smanjenja termičkog opterećenja neophodno je pridržavati se sledećih pravila:
 - pogon treba montirati na spoljašnjem delu mašine
 - adekvatnim podmazivanjem otkloniti temperaturu nastalu usled trenja u ležajevima i vođicama
 - otkloniti temperaturu nastalu tokom obrade
 - strukturu mašine izraditi u termo simetričnom dizajnu

Konstruktivne karakteristike CNC sistema

РАДНИ ПРОСТОР	
Максимум по X оси	762 мм
Максимум по Y оси	305 мм
Максимум по Z оси	406 мм
РАДНИ СТО МАШИНЕ	
Дужина	1213 мм
Ширина	267 мм
Максимална дозвољена тежина	454 кг
Ширина Т жлеба	15.875 мм
Растојање између Т жлеба	102 мм
Број Т жлебова	3
ГЛАВНО ВРЕТЕНО	
Максимална брзина обртања	4000 о/мин
Максимални обртни момент	45 Нм на 1200 о/мин
Снага мотора главног вретена	5.6 kW
Подмазивање лежајева	Ваздушно/уљем
Хлађење	Ваздушно
ПОМОЋНО КРЕТАЊЕ	
Максимална брзина помоћног кретања у свим правцима	5.1 м/мин
НОСАЧ АЛАТА	
Тип алата	Цт/Бт/40
Максимални пречник алата	89 мм
Максимална тежина алата	5.4 кг
Тип могућег изменљивача	Цаорусел
ОСНОВНИ ПОДАЦИ	
Тежина машине	1315 кг
Максимални домет по ширини	2159 кг
Максимални домет по дубини	1626 мм
Притисак ваздуха	113 лим на 6.9 бара
Електрично напајање	9кВА ; 208 ВАЦ на 25 А З-пхасе

Hass TM-1

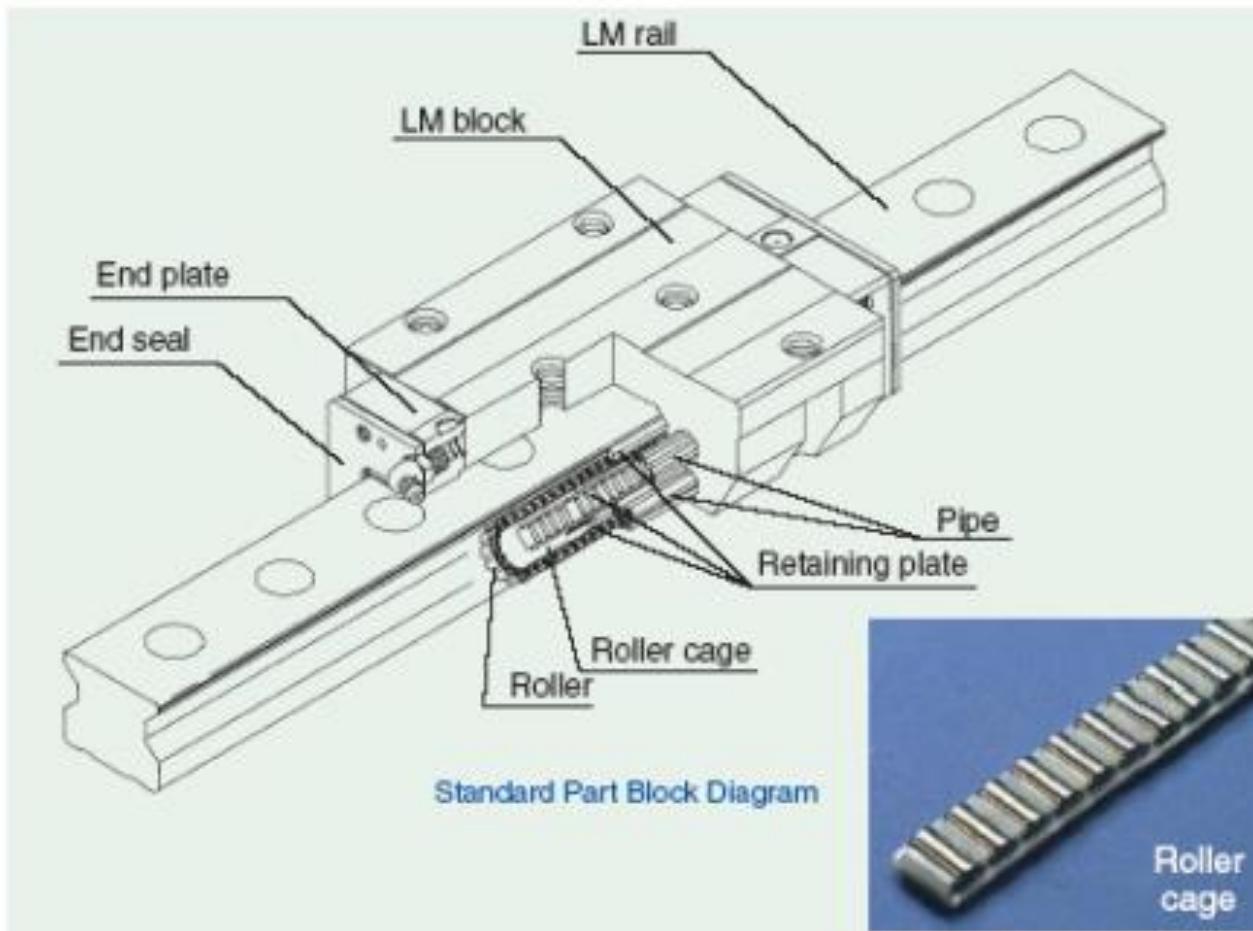
Sistemi za vođenje

- Primarna namena sistema za vođenje kod tehničkog sistema ima za cilj ispunjenje tehničkih zahteva:
 - Upravljanje pravcem i smerom kretanja radnog stola mašine na kome je fiksiran predmet obrade
 - Apsorbovanje svih statičkih i dinamičkih sila
 - Oblik i veličina obradka zavise od tačnosti pri kretanju i od geometrijske i kinematske tačnosti vođica

Sistemi za vođenje

- Krutost u svim pravcima
- Bolja preciznost pri kretanju, ograničeno kotrljanje
- Zadržavanje tačnosti tokom dugog perioda korišćenja
- Niska cena i malo potrebno vreme za izradu i montažu
- Jednostavnost povezivanja i instaliranja
- Lako rukovanje i bašuman rad
- Ekonomičnost u potrošni energije itd.

Sistemi za vođenje



Sistemi za vođenje

- Osnovu sistema za vođenje čine **vođice sa antifrikcionim linearnim kretanjem**
- Ova vrsta vođica uglavnom se koristi kod CNC mašina pre svega da bi smanjila habanje, obezbedile mirno kretanje, smanjile trenje i smanjile generisanje toplote

Sistemi za vođenje

- Antifrikcione vođice, kao što samo ime kaže, koriste se da bi se prevazišao relativno visok koeficijent trenja pri kontaktu. Primenom **kotrljajućih elemenata** između pokretnih i nepokretnih delova mašine postiže se:
 - Mali otpor trenju
 - Sposobnost nošenja velikih opterećenja i veće brzine
 - Mogućnost preopterećenja sa većim silama
 - Komercijalno su raspoložive i isporučuju se u stanju spremnom za montažu

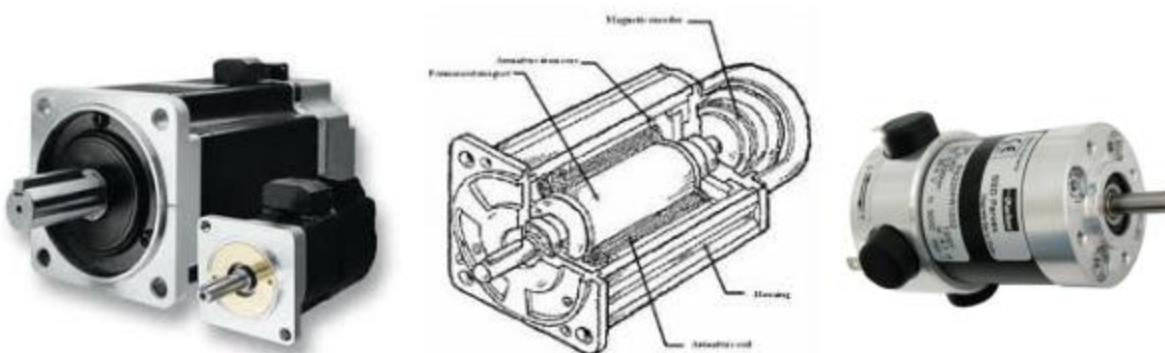
Sistemi za vođenje

Različite forme linearnih vođica



Pogonski motori

- Pogonski sistem predstavlja **vezu** između mehaničkih elemenata i upravljačke jedinice
- Motori koji se koriste na prikazanom primeru mašine **HAAS Toolroom Mill TM-1** kao pogonski agregati izvršnih elemenata su **servomotori**.



Pogonski motori

- Servomotori obezbeđuju odličnu regulaciju brzine, veliku obrtnu silu i stepen iskorišćenja.
- Imaju bolji odziv, dinamičku induktivnost i veću pouzdanost u odnosu na druge tipove.
- Pogon glavnog vretena je jednosmerni motor koji ima prinudnu ventilaciju. Sistemom prenosnika kontroliše se broj obrtaja el. Motora.

Mehanički prenosni sistem

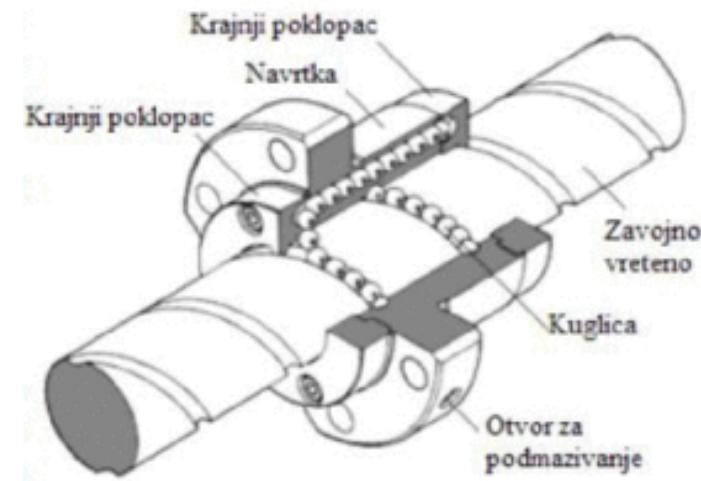
- Mehanički prenosni sistem pogonskog dela uključuje sve komponente koje prenose silu i kretanje od motora do klizača.
- U komponente mehaničkog prenosnog sistema spadaju:
 - Elementi za pretvaranje kružnog u pravolinijsko kretanje (zavojno vreteno sa recirkulacionom navrtkom)
 - Elementi za prenos obrtne sile (prenosnik, sinhronizacioni kaiš, spojница itd.)

Mehanički prenosni sistem

- Glavni kriterijum pri izradi mehaničkog prenosnog sistema je da se greške pri prenosu moraju svesti na minimum. To se postiže na sledeći način:
 - Visoka čvrstoća
 - Malo trenje
 - Bez mrtvog hoda (praznog hoda)
 - Dovoljno prigušenje itd.

Mehanički prenosni sistem

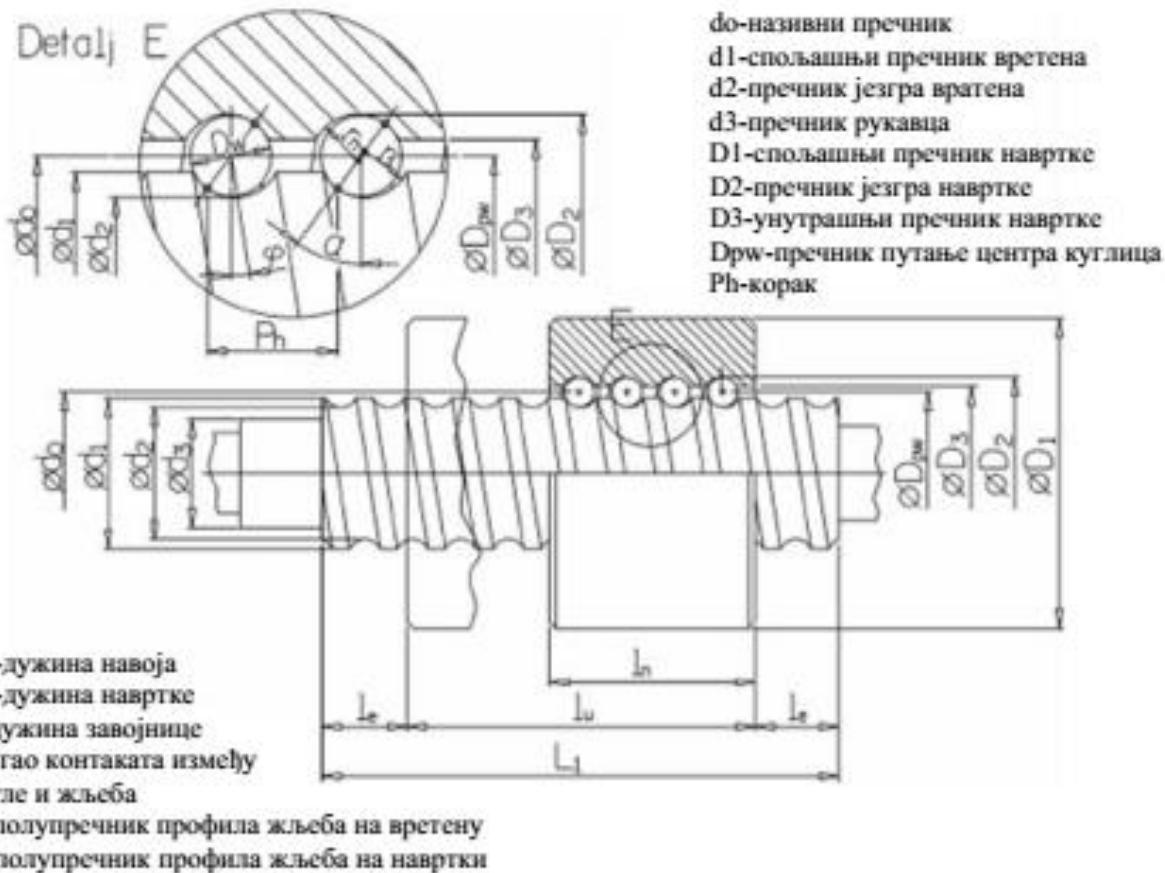
- **Zavojno vreteno sa recirkulacionim kuglicama** je nasuprot konvencionalnim vretenima i navrtkama karakteristično po tome što je **trenje klizanja zamenjeno trenjem kotrljanja**



Mehanički prenosni sistem

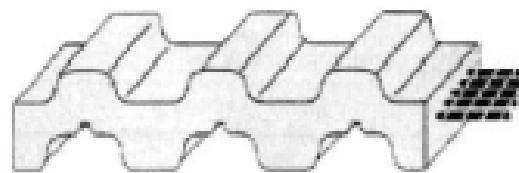
- Zavojno vreteno sa recirkulacionim kuglicama obezbeđuje:
 - Malo trošenje
 - Tačnost prilikom dugog eksplotacionog perioda
 - Smanjeno trenje
 - Visok stepen iskorišćenja
 - Visoku pouzdanost

Mehanički prenosni sistem



Mehanički prenosni sistem

- **Razvodni kaiševi** su beskonačni i ozubljeni, njihovi zupci upareni su sa remenicom koja takođe na svom obodu ima ozubljenje
- Zupci kaiša i remenice su kompatibilni



Mehanički prenosni sistem

- Ovaj sistem ima niz prednosti:
 - Niska cena
 - Manja bučnost
 - Nije potrebno podmazivanje
 - Zahtevaju manje održavanja
 - Visok stepen iskorišćenja

Mehanički prenosni sistem

- Fleksibilne spojnice se primenjuju za pogon i pogonska vratila u koaksijalnom položaju (kada je teško dovesti u istu osu pogon i pogonsku osovinu)



Mehanički prenosni sistem

- Fleksibilne spojnice se primenjuju kod CNC mašina i usled toga što utiču na smanjenje dodatnih odstupanja koja nastaju usled toplote i elastičnih deformacija
- Primarna namena ovih spojnica je povezivanje zavojnog vretena za recirkulacionim kuglicama i servomotoru.

Mehanički prenosni sistem

- Fleksibilne spojnice se ponašaju kao i drugi kruti elementi u pravcu rotacije, dok u aksijalnom i ugaonom pravcu pokazuju elastična svojstva.
- Njihovom primenom moguće je u određenoj meri umanjiti uticaj odstupanja od saosnosti koji je prouzrokovani neadekvatnim montiranjem elemenata na mašini

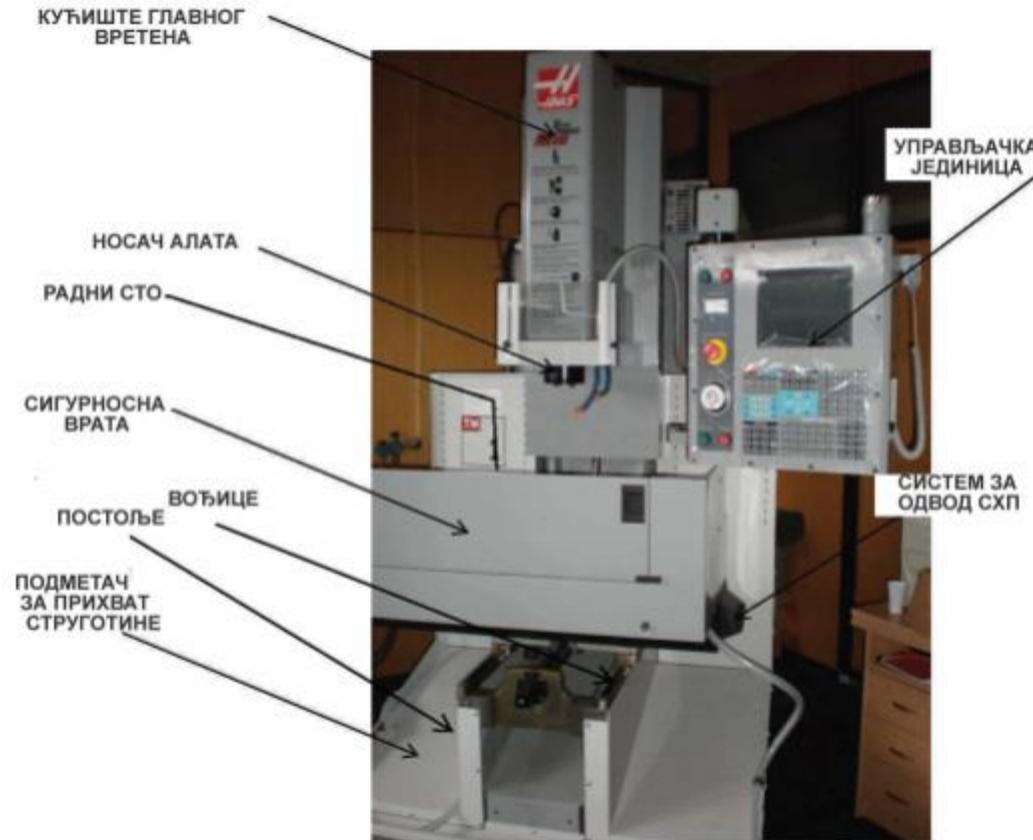
Merni sistemi i senzori

- Tačnost i kvalitet predmeta obrade direktno zavise od tačnosti pozicioniranja radnog stola (alata)
- **Tačnost pozicioniranja radnog stola (alata) zavisi od mernog i senzorskog sistema.**

Merni sistemi i senzori

- **Osnovna funkcija senzora kod cnc sistema je provera dimenzija radnog predmeta, definisanje korekcije alata i detekcija loma alata.**
- Pored toga senzori se koriste i za detekciju prisustva radnog predmeta, fino podešavanje radnog predmeta u steznom alatu itd.

Merni sistemi i senzori



Merni sistemi i senzori

- Jedan od najbitnijih mernih i senzorskih sistema koji je vezan za HAAS ToolRoom Mill TM1 je sistem za merenje ugla (broja obrtaja) vretena ili rotacione glave i položaja radnog stola



Inkrementalni linearni enkoder

Merni sistemi i senzori

- **Enkoderi su merni uređaji koji služe za merenje broja obrtaja, kao merači ugla pomeranja, registarski elementi smera obrtanja itd.**
- **Postoje sledeće vrste enkodera:**
 - **inkrementalni,**
 - **dekrementalni i**
 - **apsolutni (redundantni).**

Merni sistemi i senzori

- **Inkrementalni enkoderi služe za klasično brojanje obrtaja vratila motora i spojeni su na sam motor.** Ovi enkoderi broje od nule pa na gore i svaki obrtaj je novi broj impulsa. Tačnost očitavanja zavisi od rezolucije (npr. 1000 impulsa). Da bi se odredio broj obrtaja potreban je i brojački element jer sam enkoder to nije.

Merni sistemi i senzori

- Za razliku od inkrementalnog enkodera, **dekrementalni enkoder služi za** brojanje sa registrovanjem smera i može imati više kanala

Merni sistemi i senzori

- **Apsolutni (redundantni enkoder) služi za** merenje ugla pomeranja sa praćenjem poslednje pozicije
- Primer: Ukoliko je uređaj rotirao za 90 stepeni i tu se zadržao obavljajući neku funkciju absolutni enkoder pamti da je stao na pomeranju od 90 stepeni i ako se pomeri još 15 stepeni zna da se trenutno nalazi na 105 stepeni od referentnog položaja.

Upravljačka jedinica i interfejs operatora

- Upravljačka jedinica je projektovana tako da prihvata samo one informacije koje su napisane i zadate u odgovarajućem kodu.
- **Kod predstavlja** skup sintaksnih i semantičkih pravila za pisanje, prezentaciju i transformisanje podataka iz jednog oblika u drugi.



Upravljačka jedinica i interfejs operatora

- Upravljački sistem treba da zadovolji obezbeđenje svih neophodnih funkcija kojima se realizuje programski rad mašine i upravljanje programskim radom mašine
- Podatke u upravljačku jedinicu je moguće uneti ručno, preko tastature na upravljačkoj tabli ili posredstvom RS – 232 veze.

Upravljačka jedinica i interfejs operatera

- **Upravljačka jedinica obezbeđuje:**
 - Slanje upravljačkih signala (električnih impulsa) izvršnim organima,
 - Slanje signala za ventile protoka,
 - Slanje digitalnih signala do servomotora i mernih uređaja,
 - Slanje signala do komandnih, graničnih i radnih prekidača,
 - Prikaz informacija operateru o aktivnostima, stanju i greškama itd.

Upravljačka jedinica i interfejs operatora

- Greške koje mogu da se javi tokom procesa obrade uglavnom su programskog karaktera.
- Greške se javljaju u vidu upozorenja (alarmne poruke, svetlosna signalizacija itd.)
- Ukoliko greška ne ugrožava sprovođenje procesa, isti neće biti prekinut već će se nastaviti do završetka.

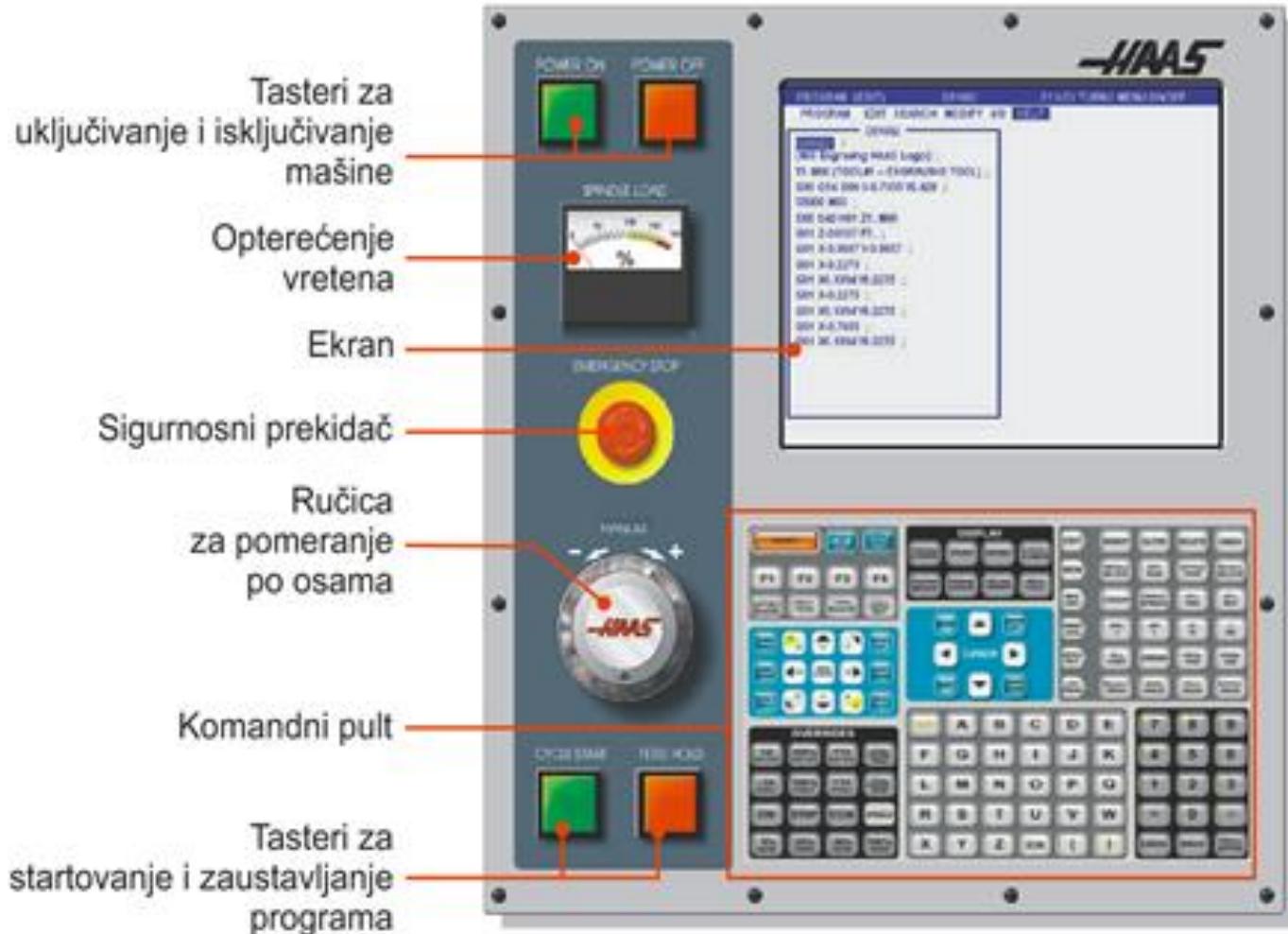
Upravljačka jedinica i interfejs operatora

- Preko tastature na upravljačkoj tabli operator može da u svakom trenutku unese podatke za brojne akcije (pokretanje procesa obrade, uključivanje i iskuljučivanje SHP-a, zaustavljanje vretna itd.)

Upravljačka jedinica i interfejs operatora



Upravljačka jedinica i interfejs operatora

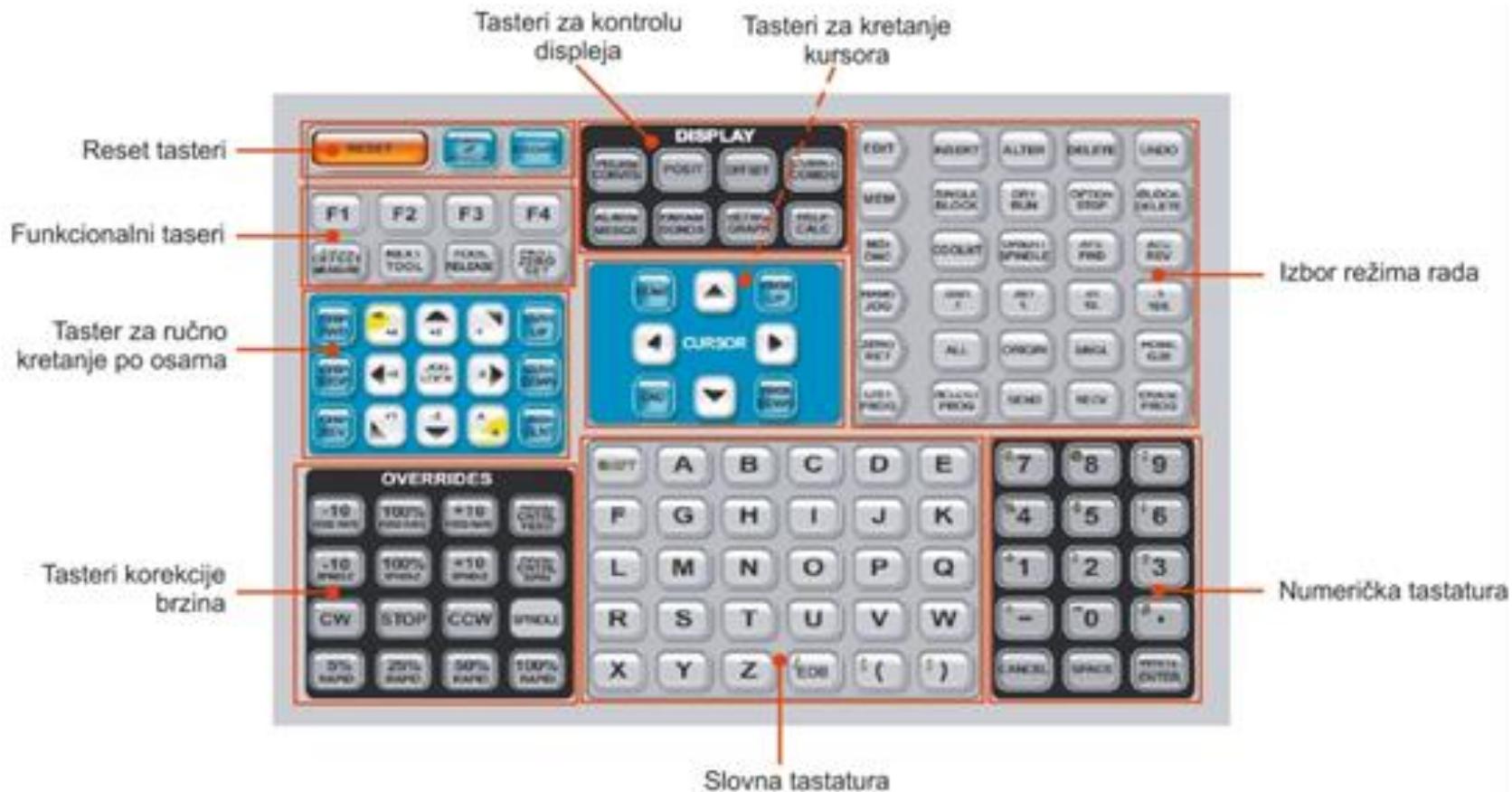


Upravljačka jedinica i interfejs operatora

Komandni pult se sastoji od većeg broja taster koje možemo podeliti u grupe, i to:

- Reset tasteri
- Izbor displeja
- Izbor režima rada
- Slovna tastatura
- Numerička tastatura
- Tasteri za kretanje kursora
- Tasteri korekcije brzina
- Tasteri za ručno kretanje po osama
- Funkcionalni tasteri

Upravljačka jedinica i interfejs operatora



Poslovi u CNC tehnologiji

- **Poslovi koji su povezani sa CNC kadrovima mogu se odnositi na:**
 - CNC menadžment,
 - planiranje procesa,
 - programiranje,
 - dizajn alata,
 - izradu alata,
 - postavljanje mašine,
 - posluživanje mašine ili održavanje mašine.

Poslovi u CNC tehnologiji

- **CNC menadžer – nadzornik** ima zadatak da:
 - nadgledanje CNC operacija
 - zapošljavanje, obučavanje i raspodela posla CNC kadrovima,
 - koordinacija sa drugim službama,
 - procena i realizacija nabavke novih CNC mašina, alata i CAD/CAM softvera

Neophodne su menadžment veštine, poznavanje mašina i iskustvo sa CNC programiranjem

Poslovi u CNC tehnologiji

- **Planer procesa** ima zadatak da:
 - Određivanje koji mašinski procesi će se koristiti, koje vrste obrade i nakojim mašinama,
 - Izbor reznog alata, nosača i uređaja

Neophodno je globalno znanje o mašinama, alatu i mogućnostima savremene opreme

Poslovi u CNC tehnologiji

- **Planer programskog dela ima zadatak da:**
 - Priprema programa,
 - Priprema CNC dokumentacije,
 - Procesni plan obrade po potrebi itd.
 - Neophodno je dobro poznavanje mašina i procesa obrade, upotreba CAD/CAM softvera itd.

Poslovi u CNC tehnologiji

- **Podešivač mašina** ima zadatak da:
 - Postavljanje uređaja i reznog alata,
 - Koordinacija mašine,
 - Određivanje i unošenje korekcije alata,
 - Ispravljanje grešaka u radu sa alatom i greške u programu
 - Testiranje prvog programa

Neophodno je dobro poznavanje mašina i alata, razumevanje delova programa i funkcija mašine

Poslovi u CNC tehnologiji

- **Operator na mašini** ima zadatak da:
 - Postavljanje i skidanje radnog dela,
 - Kontrola mašine u procesu,
 - Redovna kontrola

Neophodno je globalno znanje o mašinama

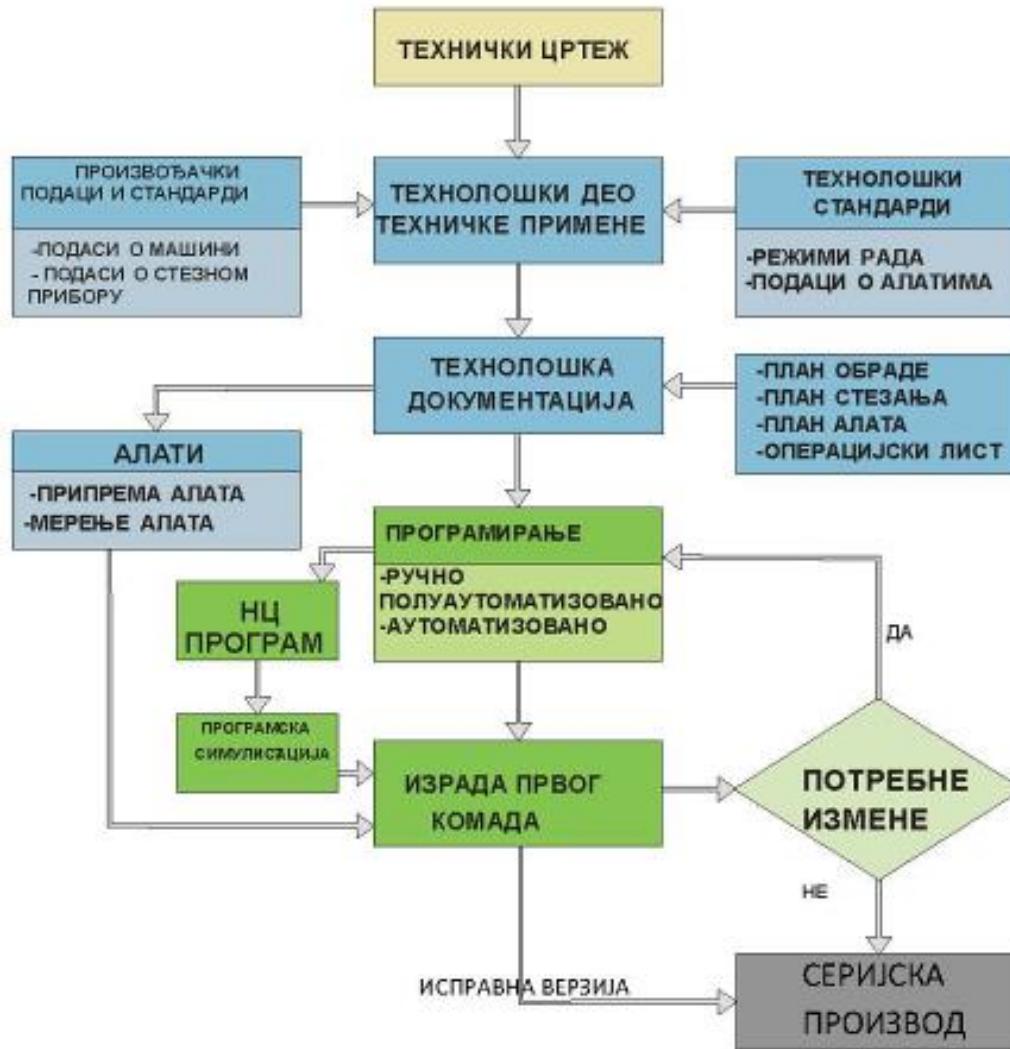
Programiranje CNC mašine

- **Programiranje je postupak pisanja programa prema unapred definisanoj tehnologiji**
- Programiranje CNC mašina može biti:
 - Ručno,
 - Poluautomatizovano (ručno sa pomagalima) ili
 - Automatizovano (mašinsko).

Programiranje CNC mašine

- **Ručno programiranje** obično se radi van mašine, a naknadno se unosi program u memoriju (može se ručno programirati i direktno na mašini)
- **Mašinsko programiranje** radi se na računaru uz pomoć CAD/CAM softvera, a program takođe naknadno unosi u memoriju mašine. Eksterno unošenje programa na mašinu vrši se sa računara, ostvarivanjem standardne komunikacije – RS 232

Programiranje CNC mašine



Programiranje CNC mašine

- U zavisnosti od broja upravljanih koordinatnih osa, CNC sistemi mogu biti **2, 2.5, 3, 3.5, 4 i više osni.**

Programiranje CNC mašine

- Svaki program se sastoji od niza naredbi, odnosno blokova u kojima se nalaze reči koje se sastoje od adrese i numeričkog podatka



Programiranje CNC mašine

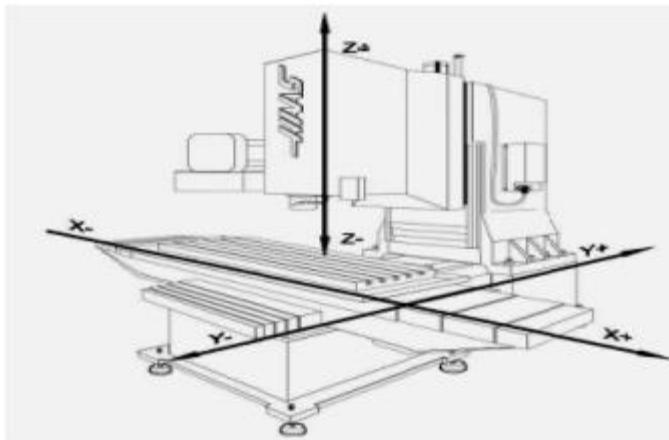
- Adrese su u svari komande (funkcije) i označavaju se slovnim oznakama G, M, S, F, T itd.
- Osim adresa i numeričkih znakova koriste se i razni znaci - %, /, (), ;...
- %
- 0 1234 (PROGRAM GLODANJA)
- N1 (STAVI ALAT 1)
- N5 G40 G49 T#1 M06
- N10 G00 X0 Y0 Z.5 G43 H1 H3N S1400 T2
- N20 G01 Z.2 F30
- N30 G83 G98 Z - z pozicija dna rupe-.625 R.03 Q.2 FS.
- N40X1.5Y1.5
- N50 Y - y pozicija centra rupe-1.5
- N60 X-xpozicija centra rupe-1.5
- N70 G00 ZS
- N80 G28 M30
- %

Programiranje CNC mašine

- **Najvažniji podaci koji su potrebni za izradu programa su:**
 - Dimenzije predmeta obrade,
 - Tehnološki parametri,
 - Način i položaj stezanja predmeta obrade,
 - Redosled zahvata i operacija,
 - Alati za obradu.

Koordinatni sistem CNC mašina alatki

- Da bi se odredila kretanja alata, na mašinu (obradak) se postavlja zamišljeni koordinatni sistem. Njegov centar se postavlja po potrebi, zavisno od obrade i tolerancija.



Koordinatni sistem CNC mašina alatki

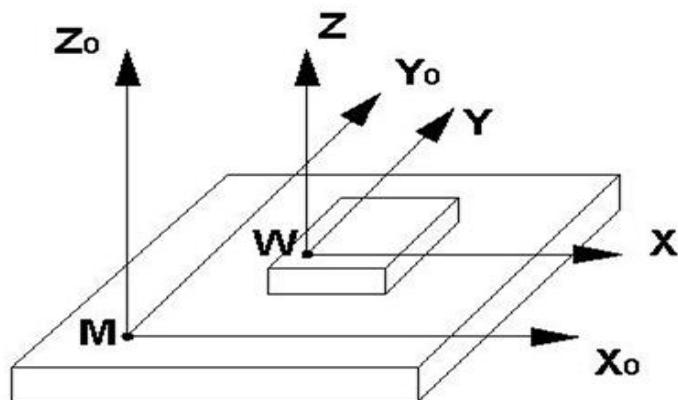
- Za definisanje uzajamnih položaja alata i predmeta obrade najčešće se primenjuje Dekartov pravougli koordinatni sistem
- Međusobni položaj alata i predmeta obrade u osnovi se definiše koordinatnim sistemom mašine i koordinatnim sistemom predmeta obrade.

Koordinatni sistem CNC mašina alatki

- Za koordinatni sistem mašine je preko referentne i nulte tačke mašine vezan položaj alata, dok se preko koordinatnog sistema predmeta obrade definiše geometrija koju je potrebno postići obradom

Koordinatni sistem CNC mašina alatki

- M – nulta tačka mašine
- W – nulta tačka radnog predmeta
- X₀ , Y₀ , Z₀ - koordinatni sistem mašine,
- X , Y , Z - koordinatni sistem radnog predmeta.



Koordinatni sistem CNC mašina alatki

- **Nulta tačka mašine je** koordinatni početak fiksnog koordinatnog sistema mašine. Definiše ga proizvođač mašine, a njegov položaj se ne može menjati.
- Nulta tačka mašine označava se slovom M i položaj nulte tačke se razlikuje od proizvođača do proizvođača.

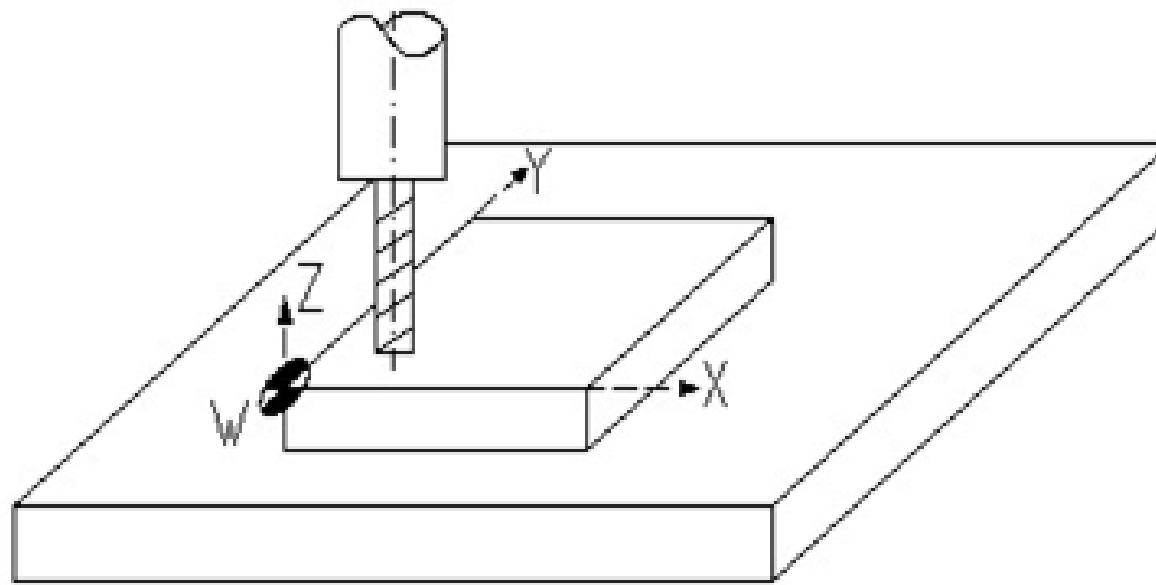
Koordinatni sistem CNC mašina alatki

- **Nulta tačka radnog predmeta** predstavlja koordinatni početak korisničkog koordinatnog sistema i zadaje se u odnosu na nultu tačku mašine
- Nulta tačka radnog predmeta se obeležava slovom W i bira je programer na pogodnom mestu u radnom prostoru mašine tako da se pri programiranju karakteristične koordinate sa najmanje preračunavanja

Koordinatni sistem CNC mašina alatki

- X, Y ravan leži na ravni radnog stola mašine.
- Z osa je uvek osa glavnog vretena sa pozitivnim smerom koji označava udaljavanje alata od radnog komada (pravilo desne zavojnice)
- Nulta tačka W je tačka koju mi proglašavamo za početak koordinatnog sistema i u odnosu na koju mašina vrši apsolutna kretanja.

Koordinatni sistem CNC mašina alatki



Koordinatni sistem CNC mašina alatki

- **Referentna tačka mašine je** tačka u radnom prostoru mašine koja služi za podešavanje (pobuđivanje) mernog sistema
- Kretanjem u referentnu tačku radnog stola ili vretena mašine, po svakoj osi ponaosob, uključuju se određena elektronska kola koja merni sistem mašine dovode u stanje spremnosti za rad

Koordinatni sistem CNC mašina alatki

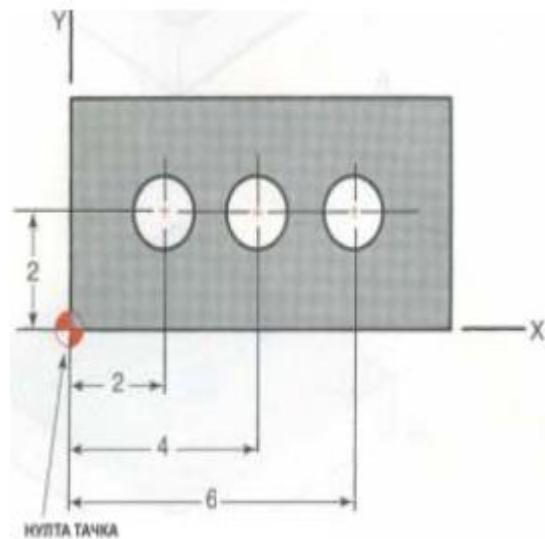
- Operacija odlaska elemenata CNC mašine u referentnu tačku je obavezna pri uključivanju mašine ili nekom nasilnom prekidu rada (nestanak električne energije, pogrešne operacije itd.)
- Referentna tačka mašine obeležava se u tehničko-tehnološkoj dokumentaciji **slovom R**

Metode pozicioniranja

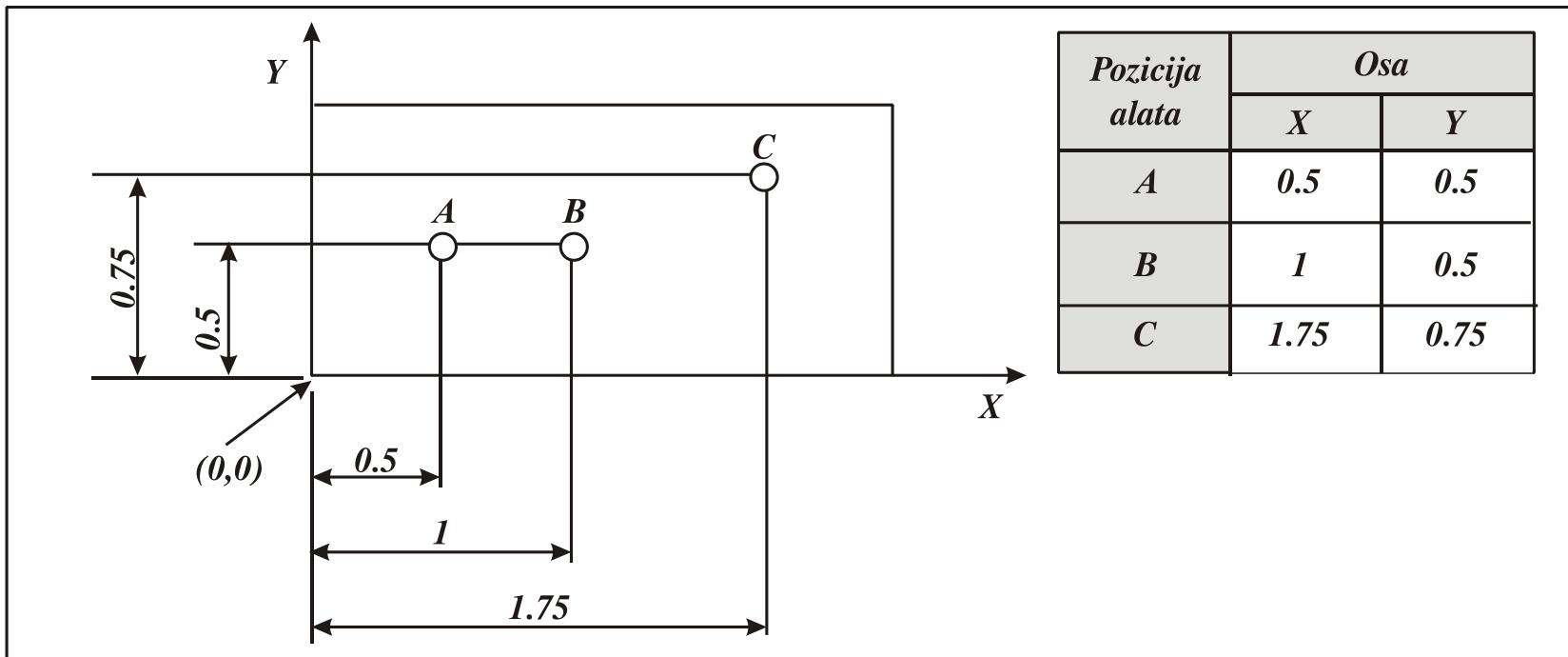
- Pozicioniranje se koristi za određivanje položaja karakterističnih tačaka na radnom predmetu na koje se dovodi rezni alat.
- **Pri pisanju programa koriste se dve metode pozicioniranja:**
 - inkrementalna i
 - absolutna.

Metode pozicioniranja

- **Apsolutni metod pozicioniranja** karakterišu odstojanja – dužine mera karakteristične tačke radnog predmeta u odnosu na predviđeni koordinatni početak



Metode pozicioniranja

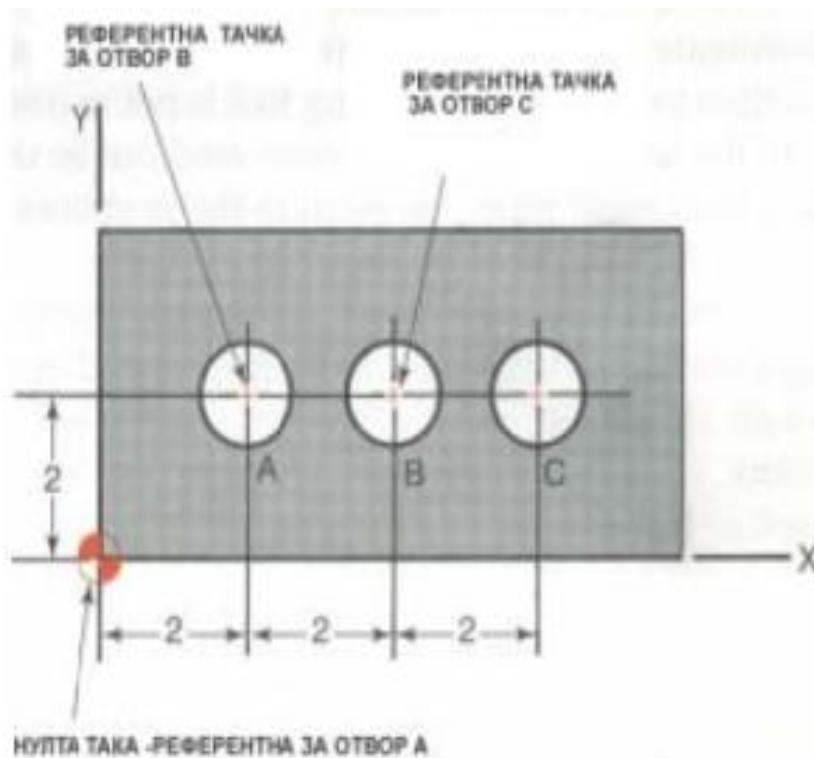


Apsolutni metod pozicioniranja

Metode pozicioniranja

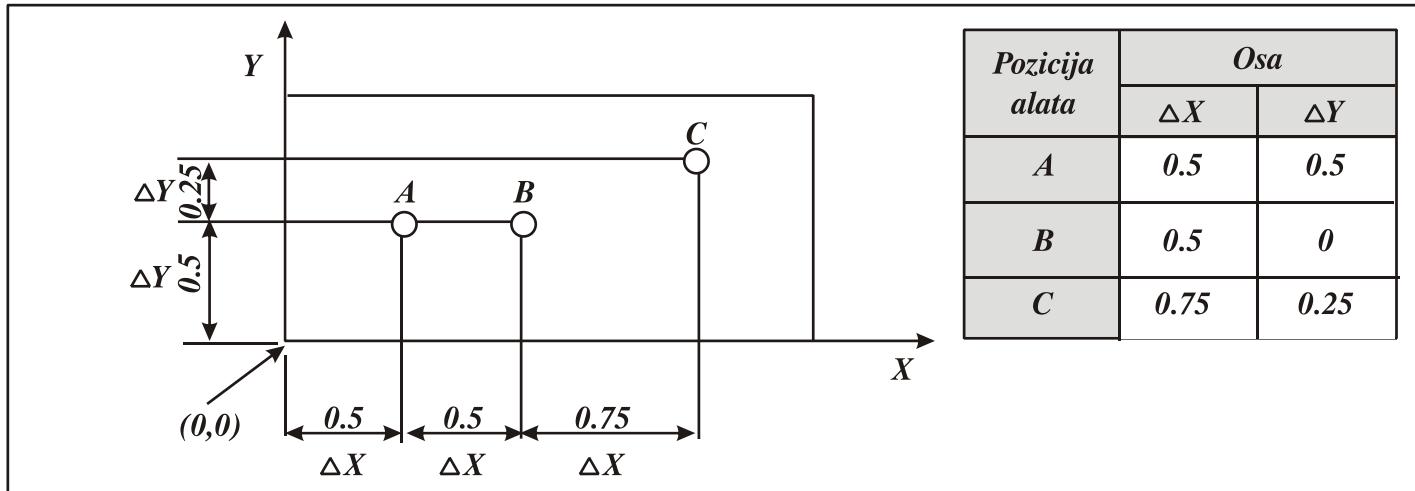
- **Inkrementalni (relativni) metod pozicioniranja** karakterišu odstojanja – dužine mera karakteristične tačke u odnosu na prethodnu poziciju (tačku)
- Svaka pozicija se računa u odnosu na prethodnu tako što se koordinatni sistem translatorno pomera u poziciju prethodno definisane tačke

Metode pozicioniranja



Inkrementalni metod pozicioniranja

Metode pozicioniranja



Inkrementalni (relativni) metod pozicioniranja

Metode pozicioniranja

- Upotreba **apsolutnog metoda pozicioniranja** pri pisanju programa **preporučuje se iz sledećih razloga:**
 - Greška u pozicioniranju otkriva se kod individualne tačke i ne utiče na naredne pozicije (greška se ne prenosi na ostatak programa)
 - Kod inkrementalne metode pozicioniranja složena greška se eksponencijalno uvećava (ukoliko je napravljeno više od jedne greške)
 - Kod intrementalne metode pozicioniranja veoma je teško proveriti bilo koju grešku u pozicioniranju, posebno kod dugačkih programa

G - funkcije

- Elektronski fajlovi koji služe za upravljanje CNC mašina su često u formatu koji se naziva G-kod po ***Gerber Scientific Instruments***, proizvođaču fotoplotera koji su i razvili ovaj format.
- Veliki broj linija u upravljačkom programu počinje sa slovom G, pa prema tome i naziv jednog od najpopularnijih jezika za programiranje CNC mašina.

Opšte programske oznake i njihovo značenje

Reč	Značenje
O	Broj programa – korisiti se za identifikaciju programa
N	Broj sekvence – koristi se za identifikaciju linije
G	Pripremna funkcija
X	Označavanje X ose
Y	Označavanje Y ose
Z	Označavanje Z ose
R	Označavanje radijusa
F	Označavanje koraka
S	Oznalavanje brzine vretena
H	Označavanje ofseta dužine alata
D	Označavanje ofseta radijusa alata
T	Označavanje alata
M	Ostale funkcije

G funkcije

- Glavne funkcije ili funkcije uslova kretanja označavaju se slovnim simbolom G i dvocifrenim brojem.
- Kako postoji razlika između pojedinih upravljačkih jedinica, tako postoji i razlika u značenju glavnih funkcija.

G funkcije

- **Glavne funkcije se dele na funkcije jednostavnog kretanja i funkcije složenog kretanja tzv. cikluse.**
- **Jednostavne funkcije** su funkcije pomoću kojih mašina izvršava jedno kretanje ili operaciju – linearno, kružno, odlazak u referentnu tačku, čekanje u mestu itd.

G funkcije

- Složene funkcije ili ciklusi su funkcije pomoću kojih mašina izvršava niz kretanja i radnji u okviru jedne oblasti (ciklus dubokog bušenja, ciklus rezanja navoja, ciklus obrade žljebova itd.)

G funkcije

- Modalne funkcije su funkcije koje važe kroz više blokova, sve dok se ne ukinu nekom funkcijom iz iste klase.
- Modalne funkcije se primenjuju u cilju ubrzavanja programiranja i preskakanja ponovnog pisanja funkcija i koordinata koje su date u prethodnim blokovima, a koje nisu ukinete nekom funkcijom iz iste klase.

G funkcije

- Funkcije koje imaju značenje samo u jednom bloku nisu modalne i u njih spadaju pomoćne funkcije i G funkcije iz klase 0.
- Kada se daje prikaz G funkcija pored značenja određene funkcije daje se i pripadnost modalnoj klasi.

G funkcije

- Primer upotrebe modalnih funkcija:

N20 G01 X45. Y130. F600

N30 Y80.

- Blok N20 sadrži modalne funkcije G01, F600 i X45.

- Kada bi blok N30 bio u potpunosti isписан гласио би:

N30 G01 X45. Y80. F600

G funkcije

- Imajući u vidu da se u bloku N30 menja samo vrednost Y, u cilju bolje preglednosti nije potrebno pisati vrednosti koje se ne menjaju

G funkcije

- U jednom programskom bloku može se naći više od jedne G funkcije:

N40 G90 G00 X50. Y100. Z150.

- Neophodno je voditi računa da se u istom bloku ne pojave funkcije koje ne mogu biti aktivne u istom vremenskom intervalu:

N50 **G00 G01** X55. Y105. Z155.

ALARM! Upozorenje na grešku

G funkcije

- Blok N50 sadrži funkciju G00 kojom se definiše brzi hod i funkciju G01 kojom se definiše radni hod.
- Navedene dve funkcije su međusobno u suprotnosti i ne mogu biti aktivne u istom vremenskom intervalu

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
1.	G00	Brzi hod, pozicioniranje	01
2.	G01	Linearna interpolacija	01
3.	G02	Kružna interpolacija u smeru kazaljke na satu(CLW)	01
4.	G03	Kružna interpolacija u suprotnom smeru kazaljke na satu(CCLW)	01
5.	G04	Vreme čekanja	00
6.	G09	Tačno zaustavljanje	00
7.	G10	Programsko zadavanje korekture alata i nulte tačke	00

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
8.	G12	Kružno glodanje džepova (CW)	00
9.	G13	Kružno glodanje džepova(CCW)	00
10.	G17	Izbor ravni obrade XY	02
11.	G18	Izbor ravni obrade XZ	02
12.	G19	Izbor ravni obrade YZ	02
13.	G20	Programiranje u inčnom sistemu	06
14.	G21	Programiranje u metričkom sistemu	06

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
15.	G28	Odlazak u mašinsku referentnu tačku	00
16.	G29	Odlazak u međupoložaj pre referentne tačke	00
17.	G31	Funkcija preskoka	00
18.	G35	Automatsko merenje prečnika alata	00
19.	G36	Automatsko merenje nulte tačke	00
20.	G37	Automatsko merenje dužine alata	00
21.	G40	Poništavanje korekture prečnika alata	07

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
22.	G41	Korekcija prečnika alata - leva	07
23.	G42	Korekcija prečnika alata - desna	07
24.	G43	Kompenzacija dužine alata – pozitivna	08
25.	G44	Kompenzacija dužine alata – negativna	08
26.	G47	Graviranje teksta	00
27.	G49	Poništavanje funkcija G43 i G44	08
28.	G50	Poništavanje funkcije G51	11

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
29.	G51	Skaliranje	11
30.	G52	Postavljanje koordinatnog sistema	00
31.	G53	Opoziv tekućeg koordinatnog sistema	00
32.	G54-G59	Nulte tačke od 1. do 6.	12
33.	G60	Pozicioniranje uvek iz istog smera	00
34.	G61	Tačno zaustavljanje	15
35.	G64	Ukidanje funkcije G61	15

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
36.	G65	Poziv makro podprograma	00
37.	G68	Rotacija	16
38.	G69	Poništavanje G68	16
39.	G70	Obrada otvora po krugu	00
40.	G71	Obrada otvora po kružnom luku	00
41.	G72	Obrada otvora po pravcu	00
42.	G73	Duboko bušenje	09

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
43.	G74	Urezivanje navoja – levi navoj	09
44.	G76	Fino razbušivanje	09
45.	G77	Razbušivanje borštanglom dna rupe	09
46.	G80	Poništavanje zatvorenih ciklusa	09
47.	G81	Ciklus bušenja	09
48.	G82	Ciklus bušenja sa zadržavanjem na dnu rupe	09
49.	G83	Ciklus dubokog bušenja sa izvlačenjem strugotihe	09

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
50.	G84	Ciklus urezivanja navoja - desni	09
51.	G85	Ciklus razbušivanja, razvrtanja sa povratnim hodom	09
52.	G86	Ciklus razbušivanja, razvrtanja sa zaustavljanjem radnog vretena	09
53.	G87	Ciklus razbušivanja, razvrtanja sa ručnim povratnim hodom	09
54.	G88	Ciklus razbušivanja sa zadrškom na dnu rupe i ručnim povratnim hodom	09
55.	G89	Ciklus razbušivanja sa zadrškom na dnu rupe	09
56.	G90	Programiranje u apsolutnim koordinatama	03

G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
57.	G91	Programiranje u inkrementalnim koordinatama	03
58.	G92	Zadavanje radnog koordinatnog sistema promenom vrednosti	00
59.	G94	Pomoćno kretanje dato kao pomeraj u minuti	05
60.	G98	Povratak alata u startnu tačku ciklusa	10
61.	G99	Povratak alata u referentnu tačku ciklusa	10
62.	G100	Poništavanje funkcije preslikavanja oko ose	00
63.	G101	Aktiviranje funkcije preslikavanja oko ose	00

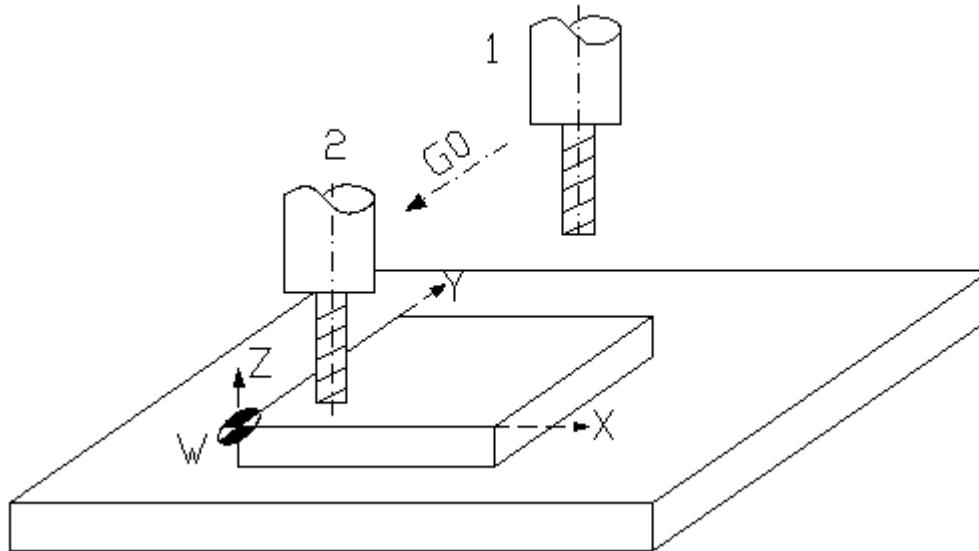
G funkcije

Redni broj	Oznaka G funkcije	Značenje funkcije	Modalna klasa
64.	G102	Programiranje izlaza RS- 232	00
65.	G103	Limitiranje pregleda blokova unapred	00
66.	G110-G129	Nulte tačke od 7. do 26.	12
67.	G150	Opšte rešenje glodanja džepova	00
68.	G154	Koordinatni sistemi (nulte tačke) P1- P99	12
69.	G187	Kontrola tačnosti obrade uglova	00

G00 – Brzi hod, pozicioniranje

- Pozicioniranje je kretanje u brzom hodu (m/min) od trenutne pozicije do programirane pozicije. Programira se funkcijom G00 i krajnjom pozicijom alata X, Y, Z.
- Za definisanje krajnje pozicije alata X, Y, Z može se koristiti apsolutni koordinatni sistem (u odnosu na koordinatni početak) ili inkrementalni koordinatni sistem (u odnosu na prethodnu poziciju)

G00 – Brzi hod, pozicioniranje



N10 G00 X10. Y20. Z05.

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)

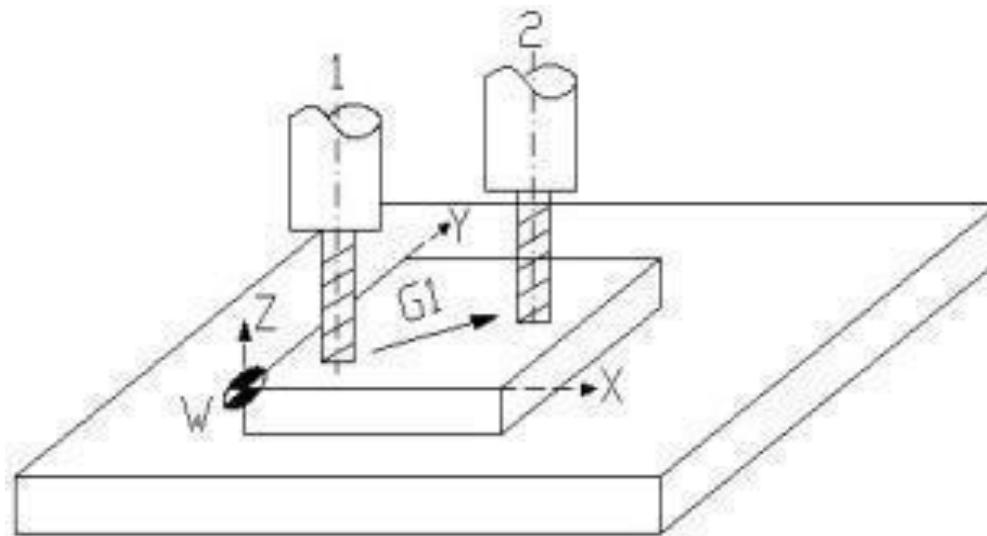
G01, G02, G03 - Interpolacije

- Postoje sledeće vrste interpolacija:
 - Linearna interpolacija i
 - Kružna interpolacija.

G01 – Linearna interpolacija

- Linearna interpolacija je pravolinijsko kretanje sa definisanim brzinom pomoćnog kretanja, odnosno alat se kreće po pravoj liniji određenom brzinom do programirane tačke
- Sve ose dostižu istovremeno krajnju tačku
- Programira se funkcijom G01, krajnjom pozicijom alata X, Y, Z i veličinom F koja predstavlja brzinu pomoćnog kretanja

G01 – Linearna interpolacija



N20 G01 X30. Y20. Z05. F100

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)

F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G02- Kružna interpolacija CLW (u smeru kazaljke na satu)

- Kod kružne interpolacije alat se kreće po kružnom luku određenom brzinom do programirane (krajnje tačke)
- Kretanje po kružnom luku izvodi se u smeru kazaljke na satu pozivanjem funkcije G02
- Programira se funkcijom G02, krajnjom pozicijom alata X, Y, Z radijusom kružnog luka R ili položajem centra kružnog luka I, J, K i veličinom F koja predstavlja brzinu pomoćnog kretanja

G02- Kružna interpolacija CLW (u smeru kazaljke na satu)

- Za pravilnu primenu funkcije G02 neophodno je obratiti pažnju na ravan u kome se izvodi kružna interpolacija.
- Po uključivanju mašine aktivna je funkcija G17 (ravan XY) tako da nije potrebno naglašavati ukoliko se obrada vrši u ravni XY
- Ukoliko se obrada vrši u ravni XZ ili YZ neophodno je u bloku (rečenici) pored funkcije G02 dodati i funkciju G18 ili G19 koja označava ravan obrade

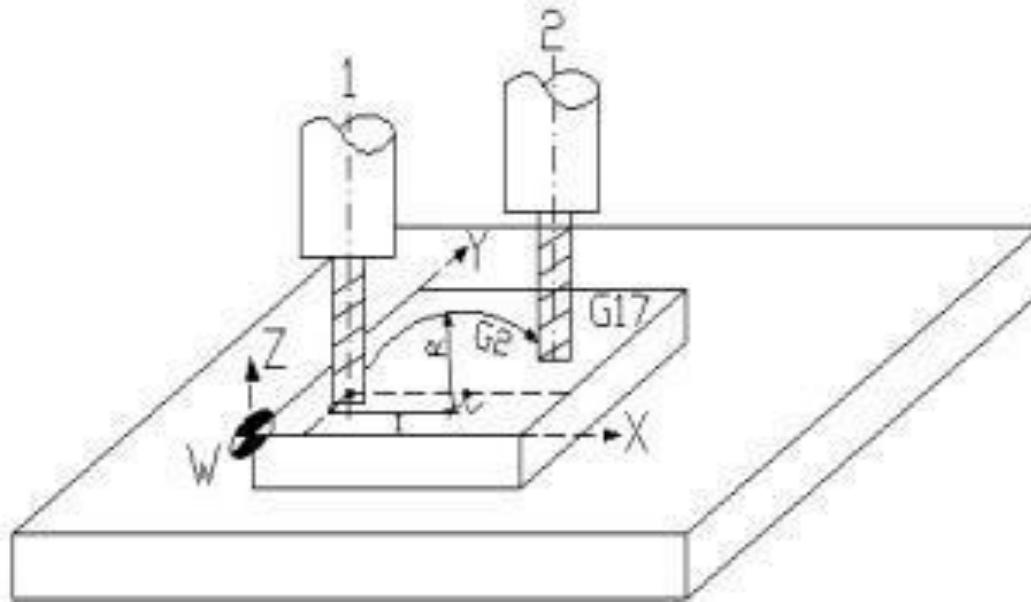
G02- Kružna interpolacija CLW (u smeru kazaljke na satu)

- Postoje dve mogućnosti programiranja kretanja po kružnici.
- Prva mogućnost programiranja kretanja po kružnici data je definisanjem poluprečnika kružnog luka R po kojem se kreće alata. U navedenom slučaju nulta tačka mora biti u centru kružnice

G02- Kružna interpolacija CLW (u smeru kazaljke na satu)

- Druga mogućnost programiranja kretanja po kružnici data je definisanjem rastojanja početne tačke kretanja alata od centra kružnice I, J, K.

G02- Kružna interpolacija CLW (u smeru kazaljke na satu)

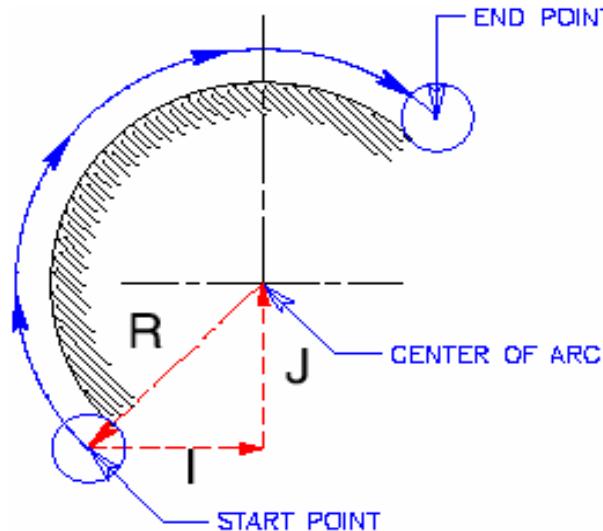


N30 G02 X15. Y60. R30. F70

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)

R- poluprečnik kružnog luka
F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G02- Kružna interpolacija CLW (u smeru kazaljke na satu)



N40 G02 X30. Y20. I20. J20. F70

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)

I – rastojanje početne tačke kretanja i centra kružnice mereno po X-osi

J – rastojanje početne tačke kretanja i centra kružnice mereno po Y-osi

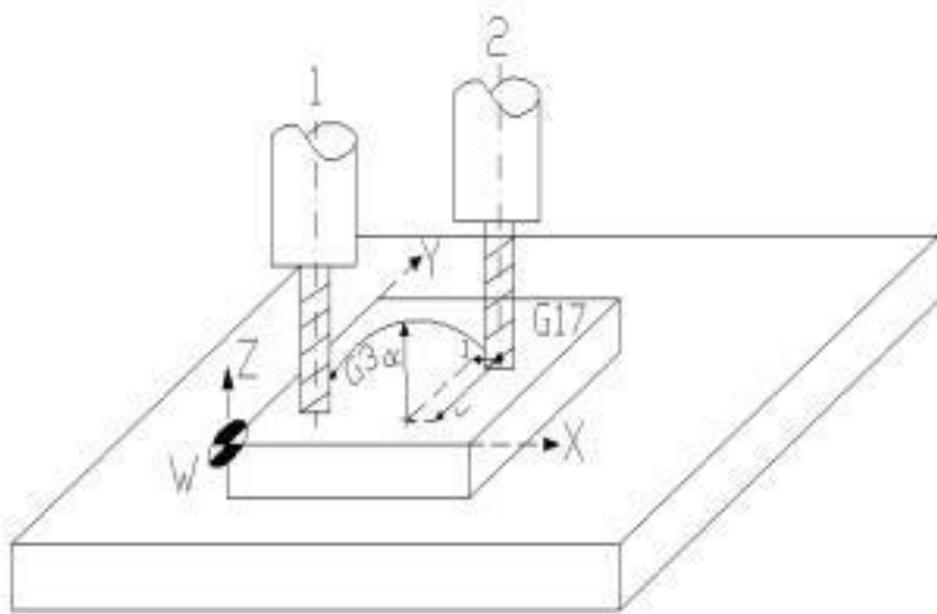
K – rastojanje početne tačke kretanja i centra kružnice mereno po Z-osi

F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G03- Kružna interpolacija CCLW (u suprotnom smeru kazaljke na satu)

- Kod kružne interpolacije alat se kreće po kružnom luku određenom brzinom do programirane (krajnje tačke)
- Kretanje po kružnom luku izvodi se u suprotnom smeru kazaljke na satu pozivanjem funkcije G03
- Programira se funkcijom G03, krajnjom pozicijom alata X, Y, Z radijusom kružnog luka R ili položajem centra kružnog luka I, J, K i veličinom F koja predstavlja brzinu pomoćnog kretanja

G03- Kružna interpolacija CCLW (u suprotnom smeru kazaljke na satu)

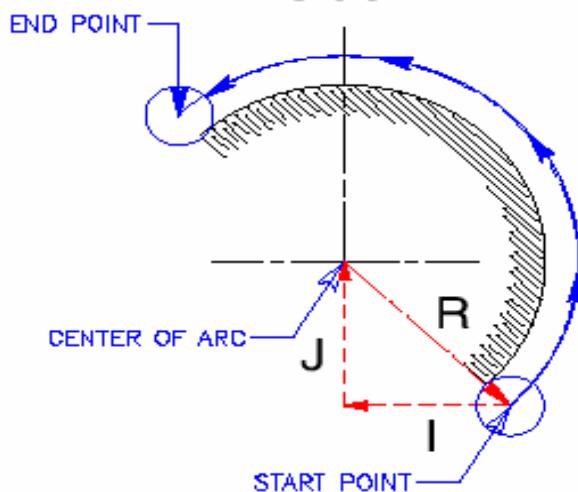


N50 G03 X25. Y80. R40. F60

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)

R- poluprečnik kružnog luka
F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G03- Kružna interpolacija CCLW (u suprotnom smeru kazaljke na satu)



N60 G03 X40. Y50. I15. J25. F90

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)

I – rastojanje početne tačke kretanja i centra kružnice mereno po X-osi

J – rastojanje početne tačke kretanja i centra kružnice mereno po Y-osi

K – rastojanje početne tačke kretanja i centra kružnice mereno po Z-osi

F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

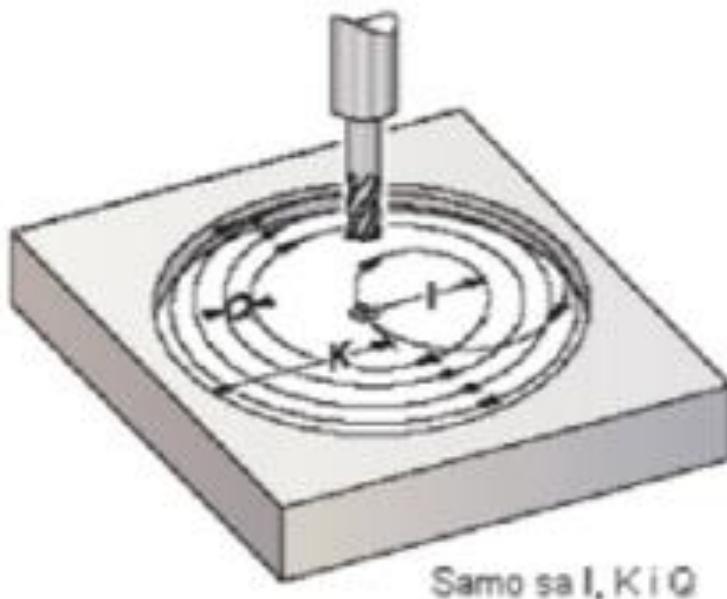
G12,G13 – Kružno glodanje džepova (CW, CCLW)

- Pozivanjem funkcija G12 i G13 sprovodi se glodanje kružnih džepova kružnom interpolacijom.
- Po uključivanju mašine aktivna je funkcija G17 (ravan XY) tako da nije potrebno naglašavati ukoliko se obrada vrši u ravni XY
- Ukoliko se obrada vrši u ravni XZ ili YZ neophodno je u bloku (rečenici) pored funkcije G02 dodati i funkciju G18 ili G19 koja označava ravan obrade

G12,G13 – Kružno glodanje džepova (CW, CCLW)

- Za pravilno izvršenje ove funkcije neophodno je pozicionirati alat u središte džepa koji se obrađuje
- Kada je početni radius I zapravo i poslednji, nije potrebno navoditi parametre K i Q

G12,G13 – Kružno glodanje džepova (CW, CCLW)



Samo sa I, K i Q

N70 G12 I09. K15. Q5. F100. Z-1.

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)

I – radijus prvog kruga (ili zadnjeg ukoliko nema K)

Q – inkrement radijusa (neophodno je definisati ovaj parametar uz K)

Z – dubina glodanja po Z osi

F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G17, G18, G19 – Izvor ravni obrade

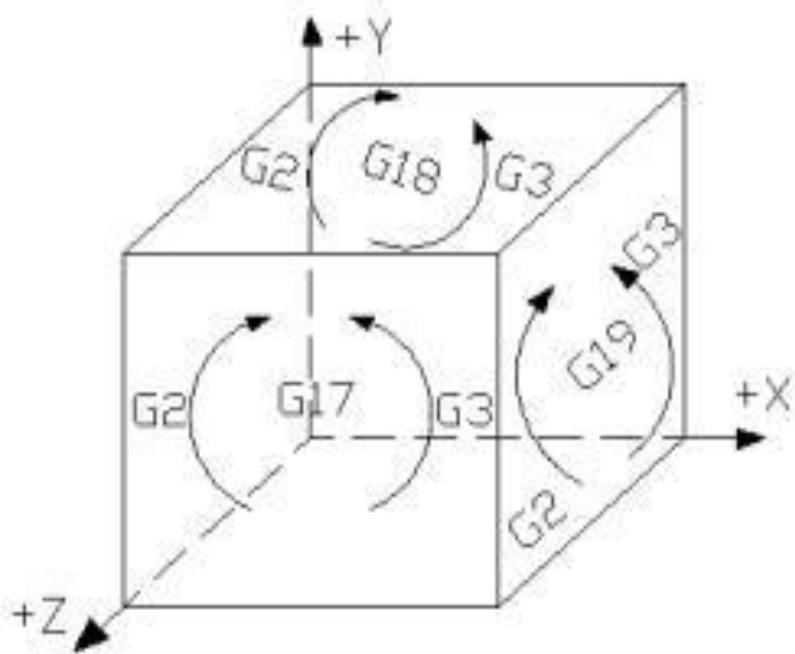
XY, XZ, YZ

- Funkcije G17, G18 i G19 primenjuju se za naznačavanje radne ravni pri kružnom kretanju.
- Navedene funkcije su modalnog tipa i poništavaju se pozivanjem druge funkcije odnosno promenom izbora ravni.
- G17 – XY
- G18 – XZ
- G19 - YZ

G17, G18, G19 – Izvor ravni obrade XY, XZ, YZ

- Po uključenju mašine aktivna je ravan obrade XZ odnosno funkcija G17
- Kompenzacija alata G41 i G42 aktivna je samo u XY ravni, odnosnokada je aktivna funkcija G17

G17, G18, G19 – Izvor ravni obrade XY, XZ, YZ



N80 G17 G03 X35. Y45. R60. F110

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje (krajnja pozicija alata)
R- poluprečnik kružnog luka
F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G41, G42, G40 – Kompenzacija prečnika alata

- Kada se definiše putanja alata programer prati konturu predmeta obrade, dok upravljačka jedinica automatski uzima u obzir prečnik alata odnosno sprovodi neophodne kompenzacije
- Programer ima zadatak da u memoriju upravljačke jedinice, u polje gde se definišu alati unese informacije o prečniku alata

G41, G42, G40 – Kompenzacija prečnika alata

- Kompenzacija prečnika alata se primenjuje pri ubradi usled toga što dolazi do habanja u određenoj meri vrhova reznog alata.
- Habanjem vrhova reznog alata dolazi do promene stvarne putanje alata u odnosu na programiranu, pa je neophodno izvršiti njenu korekciju

G41, G42, G40 – Kompenzacija prečnika alata

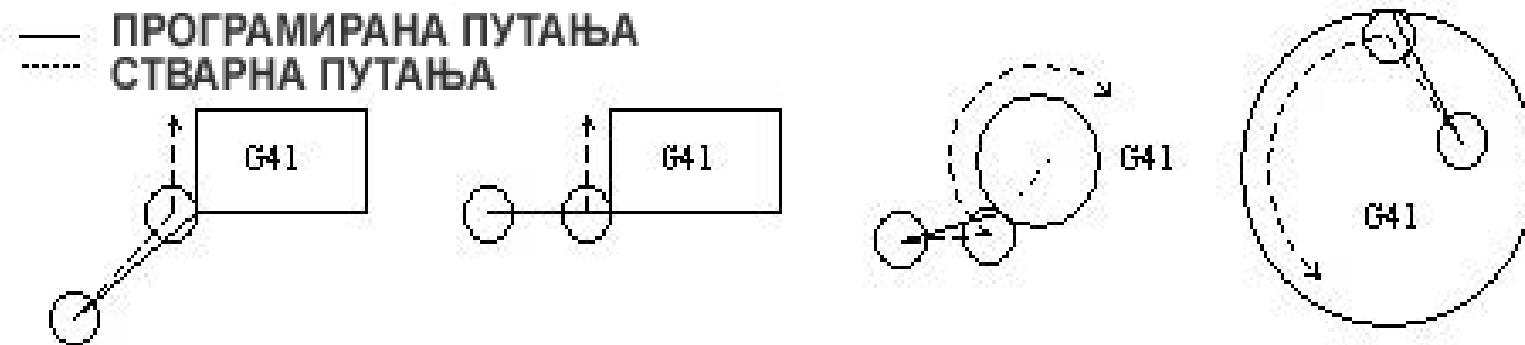
- Jedna od važnih prednosti sistema upravljanja je i mogućnost korekcije vrha alata, čime se otklanjaju sve moguće greške usled zatupljenosti alata
- Korekcije alata mogu se vršiti i u toku procesa izvršenja programa, unosom korektivnih vrednosti preko tastature

G41 – Kompenzacija prečnika alata leva

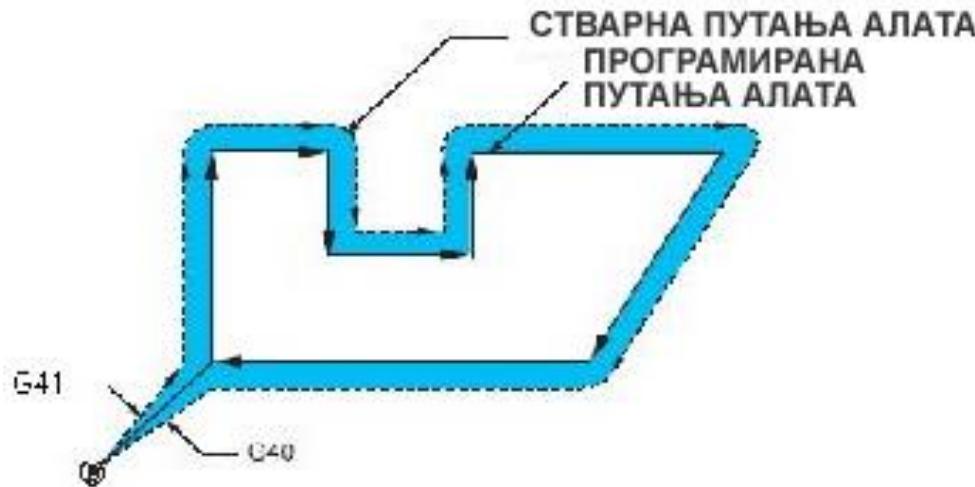
- Funkcija G41 spada u modalne funkcije i nakon aktiviranja važi do ukidanja sa funkcijom G40 ili do aktiviranja funkcije G42.
- Kada se aktivira uzima se u obzir vrednost D iz ofseta memorije mašine, a upotrebom negativne vrednosti za parametar D ponaša se kao funkcija G42

G41 – Kompenzacija prečnika alata leva

- Kompenzacija prečnika alata se najlakše određuje posmatranjem samog kretanja alata
- Posmatrač se postavi u položaj alata i kreće se datom putanjom obrade, alat se nalazi sa leve strane predmeta obrade



G41 – Kompenzacija prečnika alata leva



N90 G01 G41 X85. Y75. D01. F120

G01- linearna interpolacija (radni hod)

G41 – aktiviranje kompenzacije prečnika alata (leva)

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje
(krajnja pozicija alata)

D - vrednost ofseta iz memorije

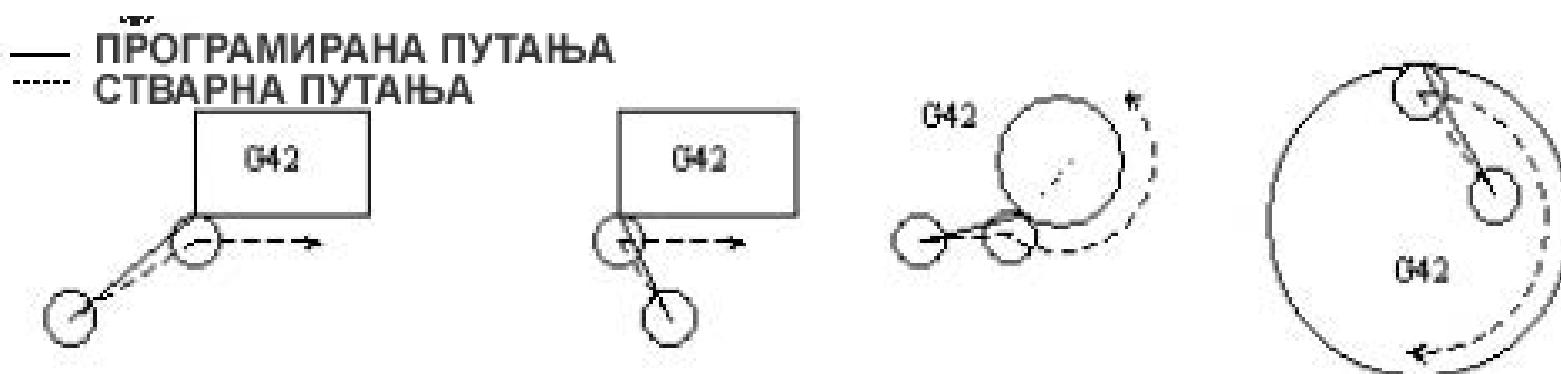
F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G42 – Kompenzacija prečnika alata desna

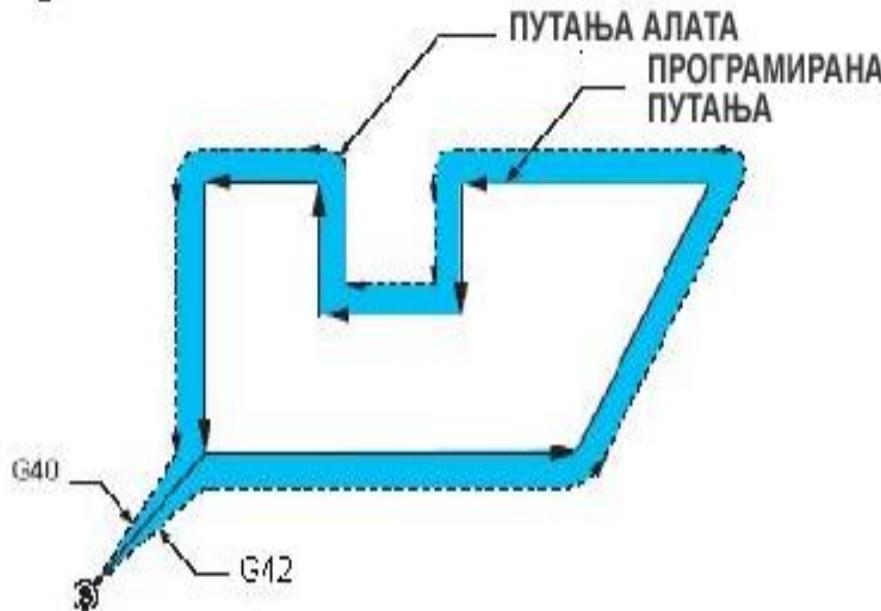
- Funkcija G42 spada u modalne funkcije i nakon aktiviranja važi do ukidanja sa funkcijom G40 ili do aktiviranja funkcije G41.
- Kada se aktivira uzima se u obzir vrednost D iz ofseta memorije mašine, a upotrebom negativne vrednosti za parametar D ponaša se kao funkcija G41

G42 – Kompenzacija prečnika alata desna

- Kompenzacija prečnika alata se najlakše određuje posmatranjem samog kretanja alata
- Posmatrač se postavi u položaj alata i kreće se datom putanjom obrade, alat se nalazi sa desne strane predmeta obrade



G42 – Kompenzacija prečnika alata desna



N100 G01 G42 X95. Y65. D01. F40

G01- linearna interpolacija (radni hod)

G42 – aktiviranje kompenzacije prečnika alata (desna)

X, Y, Z – koordinate tačke u kojoj alat završava kretanje
(krajnja pozicija alata)

D - vrednost ofseta iz memorije

F – brzina pomoćnog kretanja alata (mm/min)

G40 – Poništavanje kompenzacije prečnika alata

- Funkcijom G40 izvršava se poništavanje aktuelne kompenzacije prečnika alata G41 ili G42.
- Funkcija G40 je modalna funkcija i aktivna je sve dok se ne aktivira neka od funkcija G41 ili G42

G43, G44, G49 – Kompenzacija dužine alata

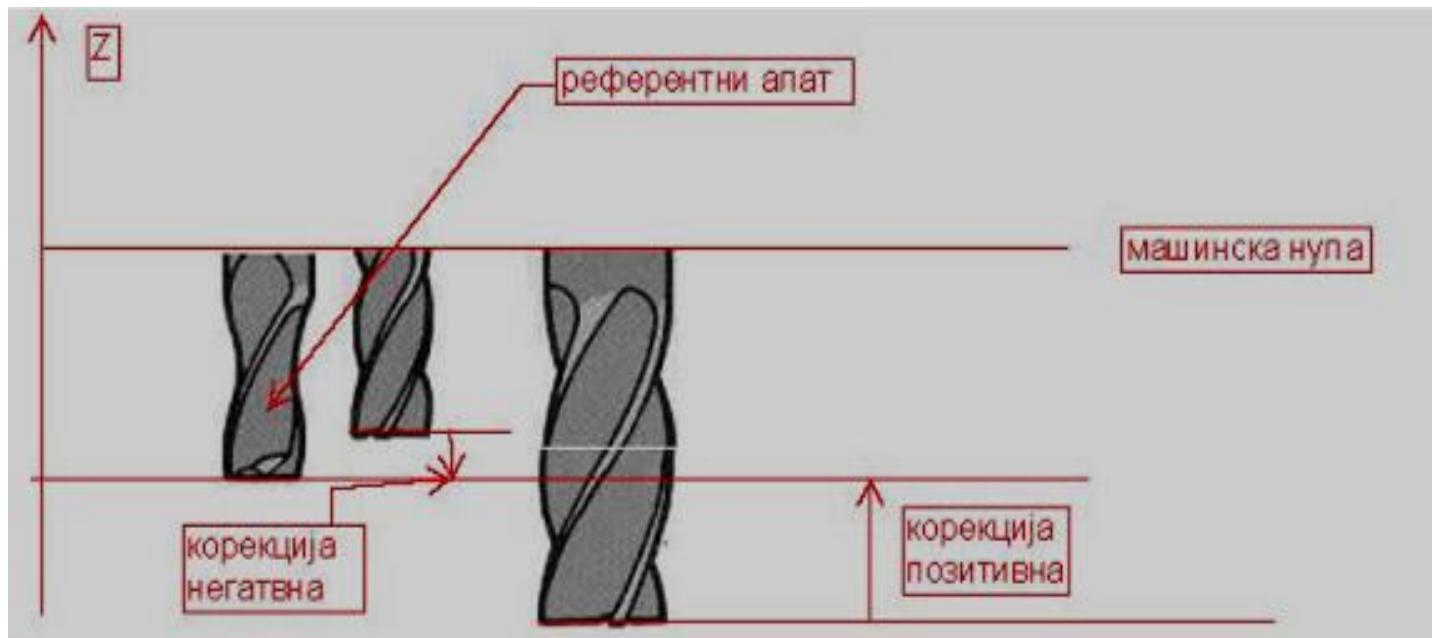
- Merenje razlike u dužini alata može se sprovesti:
 - Na mašini
 - Van maštine
- Merenje razlike u dužini alata može se sprovesti sledećim metodama:
 - Metoda tangiranjem (alat tangira pripremak)
 - Pomoću komaratera
 - Pomoću tastera

G43, G44, G49 – Kompenzacija dužine alata

- Tangiranje vrha prvog alata se registruje kao referentni položaj prvog alata i tu se upisuje vrednost po Z osi i izjednačava se sa nulom.
- Za svaki naredni alat nakon referentnog upisuje se dužina koja predstavlja vrednost razlike između postavljenog i referentnog alata

G43, G44, G49 – Kompenzacija dužine alata

- Funkcijama G43 i G44 eliminiše se razlika između tražene i stvarne vrednosti



G43 – Kompenzacija dužine alata (pozitivna)

- Funkcija G43 je modalna i važi za navedeni alat do ukidanja sa funkcijom G49 ili promene na funkciju G44
- Kada se aktivira funkcija G43 očitava se vrednost korekcije (izmerene dužine alata) iz tabele dužine alata koja se nalazi u OFFSET-u mašine

G43 – Kompenzacija dužine alata (pozitivna)

- Nulta tačka mašine se nalazi na čeonom delu glavnog vretena.
- Da bi mašina pravilno znala kolika je dužina od njene nulte tačke do kraja alata mora se pravilno uneti vrednost u tabelu dužine alata
- Navedeni postupak merenja sprovodi se ili ručno ili uređajima na samoj mašini

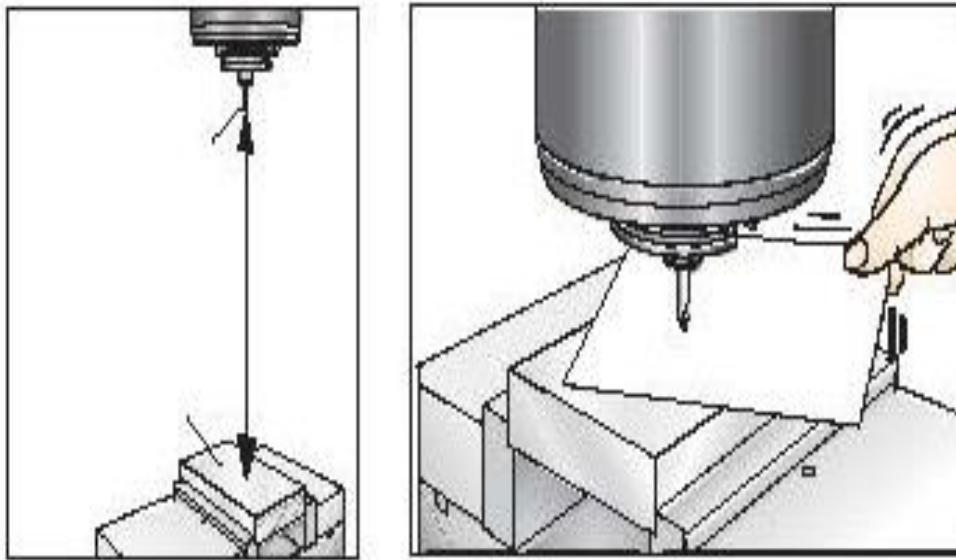
G43 – Kompenzacija dužine alata (pozitivna)

- Ukoliko se na mašini koristi taster TOOL OFFSET MEASURE za uračunavanje kompenzacije dužine alata u odnosu na površinu radnog komada, vrhom alata treba tangirati površinu radnog predmeta i pritisnuti taster
- U tom slučaju je postavljena nulta tačka na površinu radnog predmeta po Z osi i uzeta u obzir dužina alata

G43 – Kompenzacija dužine alata (pozitivna)

- Ukoliko se mašini koristi taster PART ZERO SET za uračunavanje korekcije dužine alata u odnosu na površinu radnog predmeta, vrhom alata potrebno je dodirnuti površinu radnog predmeta i pritisnuti pomenuti taster
- Tada je nulta tačka postavljena na površinu radnog predmeta i uzeta u obzir dužina alata pa nije potrebno koristiti u programu funkciju G43

G43 – Kompenzacija dužine alata (pozitivna)



Način tangiranja vrha alata i površine radnog predmeta pomoću papira
PART ZERO SET

G44 – Kompenzacija dužine alata (negativna)

- Funkcija G44 je modalna i važi za navedeni alat do ukidanja sa funkcijom G49 ili promene na funkciju G43
- Namena funkcije G44 je ista kao i G43 samo što je kompenzacija dužine alata suprotnog smera

G49 – Poništavanje kompenzacija dužine alata

- Funkcija G49 je modalna i primenjuje se za poništavanje funkcije G43 i funkcije G44

G54 do G59 – Radni koordinatni sistemi

- Funkcije G54 do G59 predstavljaju memorisane pozicije korisničkih koordinatnih sistema koji se mogu aktivirati po potrebi
- Navedene funkcije su modalnog tipa i nakon aktiviranja ostaju aktivne dok se ne zamene funkcijom iz iste modalne grupe
- Jednostavnim upisivanjem pozicije u OFFSET memoriji mašine postaju raspoložive za korišćenje

G54 do G59 – Radni koordinatni sistemi

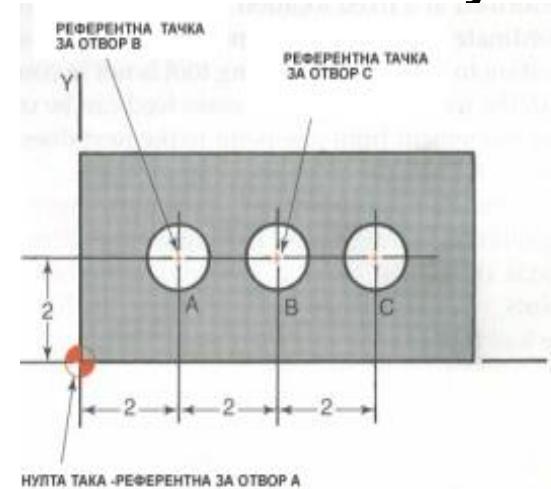
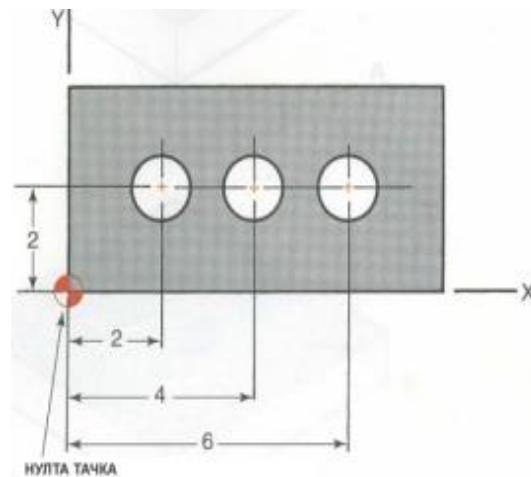
- Funkcije G54 do G59 imaju veoma bitnu primenu u okviru jednog programa kod mašina koje poseduju mogućnost automatske izmene alata, kod više radnih delova na paleti itd.

G90 / G91 – Apsolutne i inkrementalne koordinate

- Pri programiranju dimenzije obradka mogu se vezati za koordinatni sistem u absolutnom ili inkrementalnom obliku, pa tako nastaju dva različita načina programiranja (apsolutno i inkrementalno)
- Kod absolutnog sistema programiranja, kada se aktivira funkcija G90, sve naredbe kretanja se odnose na jednu referentu tačku

G90 / G91 – Apsolutne i inkrementalne koordinate

- Kod inkrementalnog sistema programiranja, kada se aktivira funkcija G91, referentna tačkva svakog novog kretanja je završna tačka prethodnog kretanja
- Funkcije G90 i G91 su modalne funkcije



M funkcije

- Pomoćne funkcije isključivo služe za davanje instrukcija mašini alatki.
- Broj pomoćnih funkcija je različit, što zavisi od upravljačke jedinice, od namene mašine alatke, od obima pomoćnih instrukcija, dodatnih uređaja i sl.

M funkcije

- Pomoćne funkcije su definisane kao i glavne funkcije, adresom, slovnim simbolom M i dvocifrenim brojem.

M funkcije

Redni Broj	Oznaka M funkcije	Značenje M funkcije
1.	M0	Obavezan prekid programa
2.	M1	Opcioni prekid programa
3.	M2	Kraj programa i zaustavljanje mašine
4.	M3	Obrtanje vretena u negativnom matematičkom smeru
5.	M4	Obrtanje vretena u pozitivnom matematičkom smeru
6.	M5	Zaustavljanje vretena
7.	M6	Izmena alata
8.	M7	Uključivanje SHP sredstava u mlazu
9.	M8	Uključivanja SHP sredstava u spreju
10.	M9	Isključivanje SHP sredstava

M funkcije

Redni Broj	Oznaka M funkcije	Značenje M funkcije
11.	M10	Aktiviranje kočnice za èetvrstu osu
12.	M11	Deblokiranje kočnice za èetvrstu osu
13.	M12	Aktiviranje očnice za petu osu
14.	M13	Deblokiranje kočnice za petu osu
15.	M16	Izmena alata (opciona)
16.	M17	Otpuštanje izmenljive palete i otvaranje vrata za pale.
17.	M18	Stezanje izmenljive palete i zatvaranje vrata za palete
18.	M19	Orijentacija vretena
19.	M21-M28	Opcione korisnièki definisane M reèi
20.	M30	Kraj programa sa povratkom na poèetak

M funkcije

Redni Broj	Oznaka M funkcije	Značenje M funkcije
21.	M31	Aktiviranje sistema za odvođenje strugotine
22.	M33	Deaktiviranje sistema za odvođenje strugotine
23.	M34	Pomeranje rashladne cevi na gore
24.	M35	Pomeranje rashladne cevi na dole
25.	M36	Spremnost palete delova
26.	M39	Obrtanje magacine alata
27.	M41	Niži stepen prenosa
28.	M42	Viši stepen prenosa
29.	M50	Izmena palete
30.	M51-M58	Aktivne korisnièki definisane M re¢i

M funkcije

Redni Broj	Oznaka M funkcije	Značenje M funkcije
31.	M59	Direktno ukljuèenje diskretnog izlaznog releja
32.	M61-M68	Neaktivne korisnièki definisane M reèi
33.	M69	Zatvaranje izlaznog releja
34.	M75	Davanje referentne taèke
35.	M76	Gašenje displeja
36.	M77	Aktiviranje displeja
37.	M78	Aktiviranje alarma u sluèaju signala preskakanja
38.	M79	Aktiviranje alarma u sluèaju da ne postoji signal pres.
39.	M80/M81	Automatska vrata otvorena\zatvorena
40.	M82	Alat otpušten

M funkcije

Redni Broj	Oznaka M funkcije	Značenje M funkcije
41.	M83/M84	Automatski vazdušni pištolj ukljuèen-iskluèen
42.	M86	Stezanje alata
43.	M88	Ukljuèivanje hlaðenja kroz vreteno
44.	M89	Iskljuèivanje hlaðenja kroz vreteno
45.	M96	Skok ako nema ulaza signala
46.	M97	Pozivanje lokalnog potprograma
47.	M98	Pozivanje potprograma
48.	M99	Povratak iz potprograma ili petlje
49.	M109	Uzajamni ili korisnièi ulazni signal

M0 – Program stop

- M0 kod se koristi za zaustavljanje programa. Takođe zaustavlja obrtanje vretena, hlađenje i interpolaciju blokova koji se obrađuju unapred (G103). Sa ponovnim startovanjem (dugme “Cycle start”), program se nastavlja od sledećeg bloka.

M1 – Opcioni program stop

- M1 kod se koristi za zaustavljanje programa. Potpuno je isti kao i M0 osim što je potrebno aktivirati dugme sa kontrolnog panela. M1 kod se koristi za zaustavljanje programa. Potpuno je isti kao i M0 osim što je potrebno aktivirati dugme sa kontrolnog panela “Optional stop”, tako da kada mašina nađe na M1 – staje. Sa ponovnim startovanjem (dugme “Cycle start”), program se nastavlja od sledećeg blokana stop”, tako da kada mašina nađe na M1 – staje. Sa ponovnim startovanjem (dugme “Cycle start”), program se nastavlja od sledećeg bloka

M2 – Kraj programa

- M2 kod se koristi za zaustavljanje programa. Isto kao i M0, samo što nedozvoljava nastavak programa. Program se mora resetovati, inače se neće vratiti na početak. U tom slučaju radi kao kod M30.

M3 – Smer okretanja – CW

- M3 služi za davanje smera obrtanja glavnog vretena. Smer obrtanja je u smeru kazaljke na satu.

M4 – Smer okretanja– CCW

- M4 služi za davanje smera obrtanja glavnog vretena. Smer obrtanja je suprotan smeru kazaljke na satu.

M5 – Vreteno stop

- M5 služi za zaustavljanje glavnog vretena.

M6 – Izmena alata

- Pomoćnom funkcijom M6 započinjemo izmenu alata. Ukoliko se glavno vreteno obrće, biće zaustavljen. Z-osa automatski će se pomeriti ka mašinskoj nultoj tački, a alat će se zameniti onim koji smo zadali komandom Txx. Alat Txx mora biti zadat u istom ili predhodnom bloku u odnosu na M6. Izmena zahteva ponovno zadavanje broja obrtaja vretena Sxxxx.

M8 – Rashladno sredstvo uključeno

- Pomoćnom funkcijom M8 startujemo rashladno sredstvo. Obično se daje neposredno pre početka radnog hoda.

M9 – Rashladno sredstvo isključeno

- Pomoćnom funkcijom M9 gasimo rashladno sredstvo. Obično se daje neposredno posle poslednjeg radnog hoda.

M16 – Izmena alata (isto kao i M6)

- Pomoćnom funkcijom M16 započinjemo izmenu alata. U HAAS upravljanju ova funkcija radi potpuno isto kao i M6

M17 – Otpuštanje izmenljve palete i otvaranje vrata za palete

- Samo za mašine sa ovom opcijom.

M18 – Stezanje izmenljve palete i zatvaranje vrata za palete

- Samo za mašine sa ovom opcijom.

M30 – Kraj programa sa povratkom na početak

- Koristi se za zaustavljanje programa. Takođe zaustavlja vreteno i gasi hlađenje. Kursor se vraća na početak programa koji je spremam za ponovno startovanje. M30 poništava i korekturu dužine alata.

M31 – Izbacivač strugotine napred

- Startovanje motora izbacivača strugotine u smeru za izbacivanje. Konvejer neće startovati ako su vrata mašine otvorena. To se može regulisati setovanjem bita 17 parametra 209.

M33 – Izbacivač strugotine stop

- Zaustavlja kretanje konvejera strugotine

M34 – Pozicija rashladne cevke na dole, porast

- Funkcija M34 pomera rashladnu cev za jedan položaj više (inkrement), računajući od startne pozicije. Startna pozicija je proglašena za nulu. Ako je tekuća startna pozicija setovana na broj 5 i M34 startovano. onda će se cevka pomeriti na poziciju 6.

M35 – Pozicija rashladne cevke na gore, smanjenje

- Funkcija M34 pomera rashladnu cev za jedan položaj manje (dekrement), računajući od startne pozicije. Startna pozicija je proglašena za nulu. Ako je tekuća startna pozicija setovana na broj 5 i M34 startovano, onda će se cevka pomeriti na poziciju 4.

M36 – Paleta delova spremna

- Koristi se samo za horizontalno glodanje. Ovaj M-kod zahteva taster “PART READY” na komandnoj tabli.

M39 – Obrtanje magacina alata

- Funkcija M39 koristi se za rotiranje magacina alata bez izvršavanja izmene alata. Željeno mesto u magacinu Tn mora biti programirano pre koda M39.

M41 – Stepen prenosa – niži

- Koristi se za odabir nižeg stepena prenosa.
Vreteno staje kada se menja oblast brzina.
Funkcioniše samo u slučaju kada je mašina sa
zupčastim prenosom.

M42 – Stepen prenosa – viši

- Koristi se za odabir višeg stepena prenosa.
Vreteno staje kada se menja oblast brzina.
Funkcioniše samo u slučaju kada je mašina sa
zupčastim prenosom.

M50 – Izmena paleta

- To je signal za pozivanje programa i izvršenje sekvence izmene paleta.
- Od M51 do M58 su korisnički kodovi za opcijski interfejs. Njihovim aktiviranjem aktiviraju se neki od releja i ostaju aktivni. Kodovi postaju neaktivni zadavanjem M61-M68 ili pritiskom na reset.

M80/M81 – Automatska vrata otvorena / zatvorena

- Ovi kodovi kontrolišu automatska vrata, tj. njihovo otvaranje i zatvaranje. M80 je otvaranje, a M81 zatvaranje automatskih vrata. Seting 51 (Door Hold Override) mora biti setovan na ON, parametar 57 bit 31 (Door Stop SP) na 0 i seting 131 (Auto Door) na ON.

M82 – Alat otpušten

- Funkcija 82 koristi se za realizovanje otpuštanja alata iz vretena. Ovaj kod nije neophodan za realizaciju otpuštanja alata jer kod magacina, mašina to radi automatski, za mašine bez magacina radnik može koristiti taster TOOL RELEASE koji se nalazi na mašini. Ne preporučuje se za korišćenje.

M86 – Stezanje alata

- Funkcija 86 koristi se za realizovanje stezanja alata u vreteno. Ovaj kod nije neophodan za realizaciju stezanja alata jer kod magacina, mašina to radi automatski, za mašine bez magacina radnik može koristiti taster TOOL RELEASE koji se nalazi na mašini. Ne preporučuje se za korišćenje.

M88 – Uključivanje hlađenja kroz vreteno

- Služi za startovanje opcije hlađenja kroz vreteno. Kada je pozvana, funkcija M88 dovodi do zaustavljanja vretena, aktiviranja pumpe i ponovnog startovanja vretena.

M89 – Isključivanje hlađenja kroz vreteno

- Služi za poništavanje opcije hlađenja kroz vreteno. Kada je pozvana, funkcija M89 dovodi do zaustavljanja vretena, isključivanja pumpe i ponovnog startovanja vretena.

Tehnološka priprema za programiranje

- U cilju otklanjanja svih problema koji mogu da se javi pri izradi dela na CNC mašinama neophodno je izvršiti temeljnu analizu u fazi tehnološke razrade, odnosno pre početka izrade dela na CNC mašini.

Tehnološka priprema za programiranje

- Kvalitet izrade tehnološkog postupka a samim tim i obradnog procesa na CNC mašini zavise od iskustva CNC programera.

Tehnološka priprema za programiranje

- Pre početka izrade tehnološkog postupka neophodno je obratiti pažnju na sam radni predmet (deo) koji se obrađuje.
- Pri ovom procesu potrebno je uzeti u obzir karakteristike CNC mašina (kako prednosti tako i mane) na osnovu čega će se izvršiti selekcija i odabir radnih predmeta (delova) koji su pogodni za obradu na CNC mašinama

Tehnološka priprema za programiranje

- Najveći ekonomski efekti se postižu obradom radnih predmeta složene konfiguracije koji zahtevaju povećanu tačnost i visok kvalitet izrade.

Tehnološka priprema za programiranje

- Radni predmeti se biraju za obradu na CNC mašinama na osnovu karakteristike kao što su:
 - složena geometrijska konfiguracija
 - povećanu dimenziona tačnost i povećan kvalitet obrade
 - stepena složenosti za ručnu izradu
 - vrste materijala i oblika pripremka
 - gabaritnih dimenzija
 - broj komada u seriji

Tehnološka priprema za programiranje

- Zadatak programera nakon odabira radnog predmeta za obradu na CNC mašinama je prilagođavanje tehničkog crteža u cilju lakše izrade programa.
- Tokom izrade tehničke dokumentacije konstruktor ne obraća pažnju na kojoj mašini će se deo izraditi, pa je neophodno prilagoditi dobijenu tehničku dokumentaciju za obradu na CNC mašinama

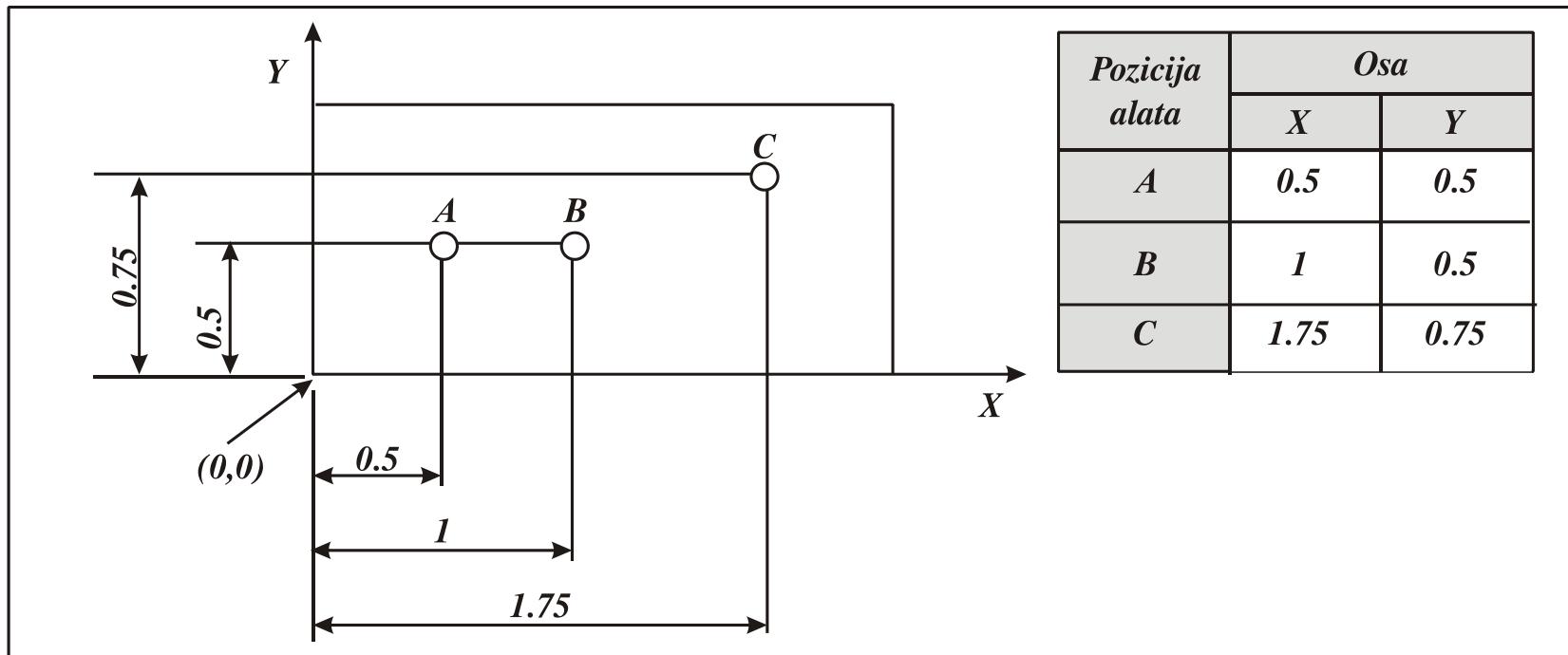
Tehnološka priprema za programiranje

- Ukoliko programer koristi tehničku dokumentaciju (konvencionalnog tipa) za pisanje programa neophodno je sprovesti preračunavanje dimenzija što može uticati na pojavu greške pri izradi dela.

Tehnološka priprema za programiranje

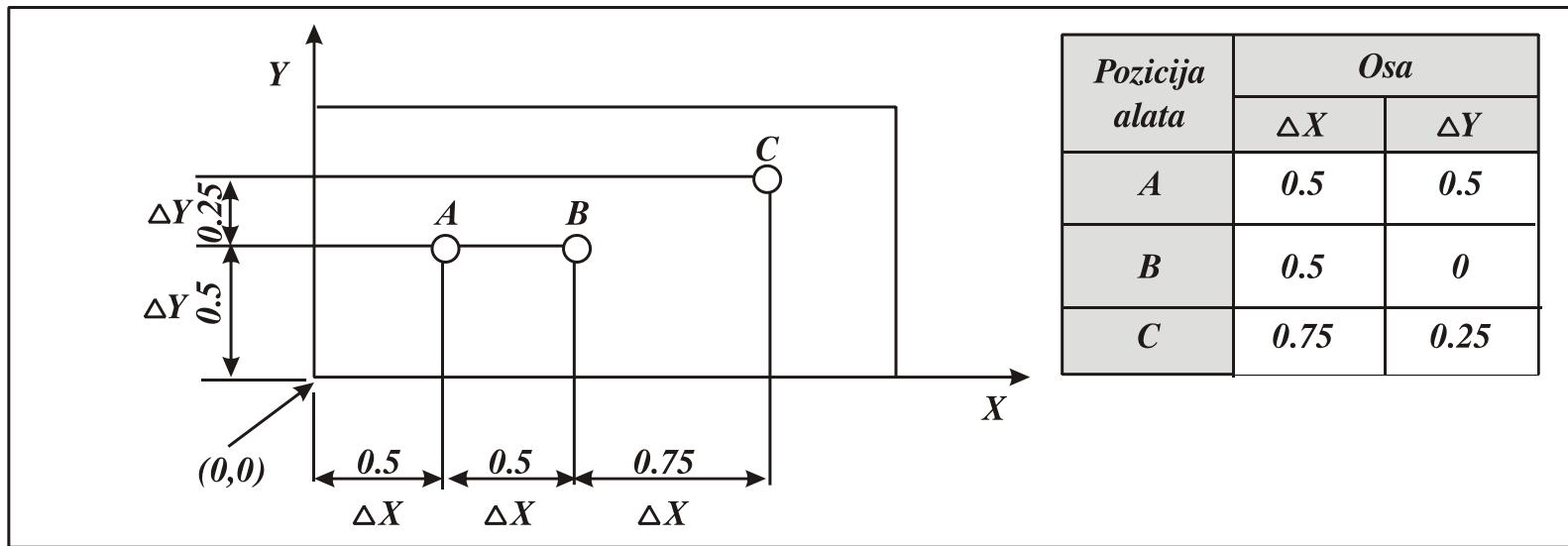
- U cilju otklanjanja grešaka neophodno je prilagoditi tehničku dokumentaciju odnosno način kotiranja radnog predmeta u zavisnosti od načina programiranja (apsolutna ili inkrementalna metoda pozicioniranja) pa tako postoji kotiranje u odnosu na zajedničku osu i redno kotiranje

Tehnološka priprema za programiranje



Apsolutni metod pozicioniranja

Tehnološka priprema za programiranje



Inkrementalni (relativni) metod pozicioniranja

Tehnološka priprema za programiranje

- Prilikom izrade dokumentacije za radni predmet složene geometrijske konfiguracije programer kotiranje izvodi tabelarno tako što unosi koordinate u odgovarajuću tabelu. Na taj način se definiše svaka tačka putanje alata.

Tehnološka priprema za programiranje

- U toku izrade obradnog procesa za CNC mašinu neophodno je da programer ima znanje o:
 - Karakteristikama mašine
 - Karakteristikama alata i pribora
 - Karakteristikama radnog predmeta

Tehnološka priprema za programiranje

- Projektovanje tehnološkog postupka za CNC mašine sasoji se od sledećih faza:
 - Izrada plana operacija i zahvata
 - Izrada plana alata
 - Izrada plana stezanja
 - Projektovanje putanje alata
 - Definisanje režima rezanja
 - Pisanje programa

Tehnološka priprema za programiranje

- Izrada plana i operacija sadrži detaljnu analizu tehničkog crteža na osnovu koje se definišu sve potrebne operacije za izradu posmatranog radnog predmeta
- Na osnovu plana operacija izrađuje se plan stezanja, plan alata i plan rezanja.

Tehnološka priprema za programiranje

- Plan operacija sadrži sledeće informacije:
 - Opis mašine na kojoj se vrši obrada
 - Spisak operacija
 - Spisak zahvata
 - Brzine glavnog i pomoćnog kretanja
 - Karakteristike SHP-a i mogućnost primene

Tehnološka priprema za programiranje

- Navedeni podaci se unose u plan operacija redosledom koji definiše tok obrade na mašini čime se značajno ubrzava i olakšava pisanje programa

Tehnološka priprema za programiranje

- Pri definisanju i izradi plana stezanja neophodna je sagledavanje i analiza kretanja alata u koordinatnom sistemu radnog predmeta odnosno:
 - Izboru karakterističnih tačaka
 - Izboru koordinatnog sistema
 - Priborima za stezanje

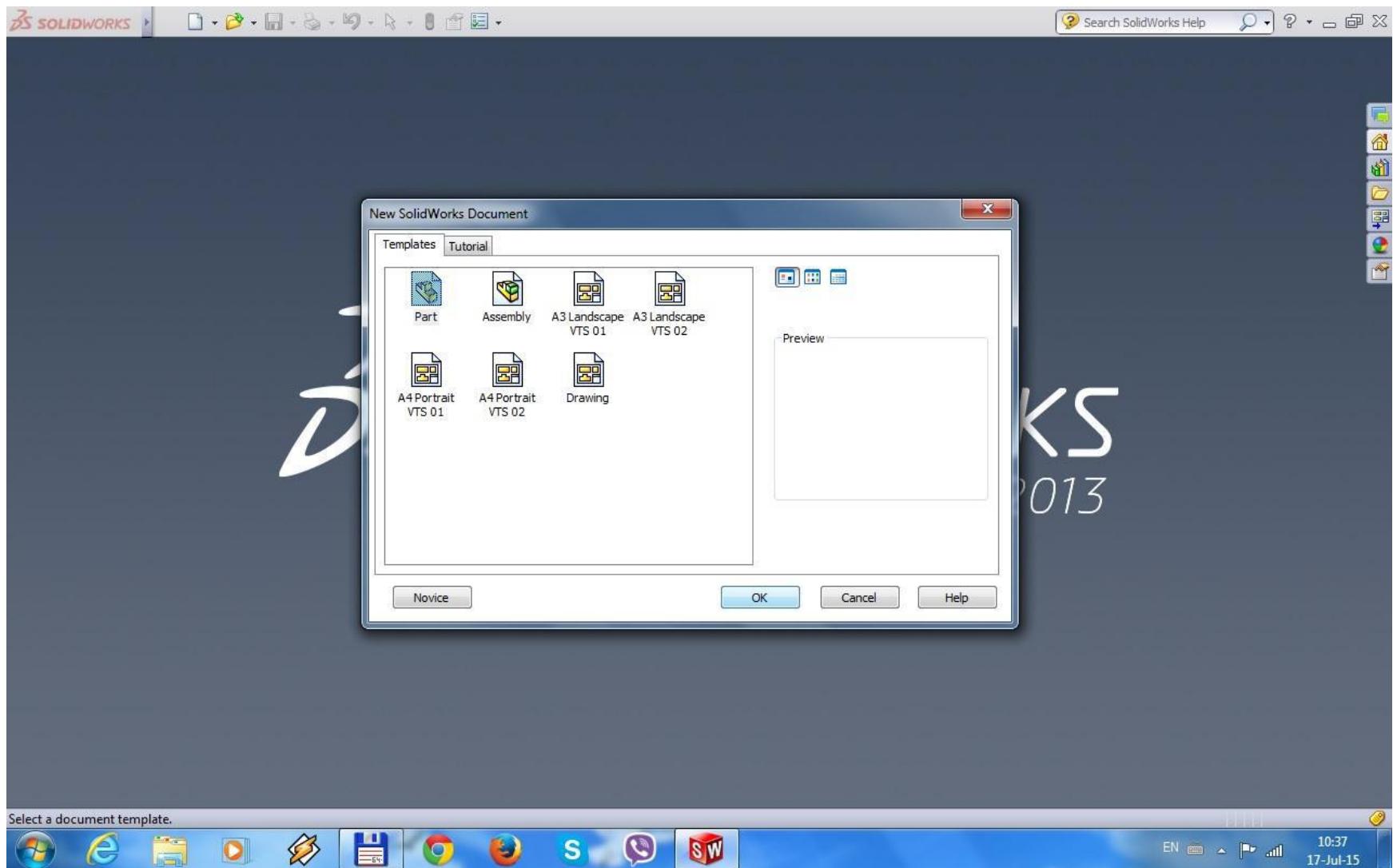
Tehnološka priprema za programiranje

- Pri izradi plana alata definišu se svi alati koji su potrebni za sprovođenje prethodno navedenih operacija.

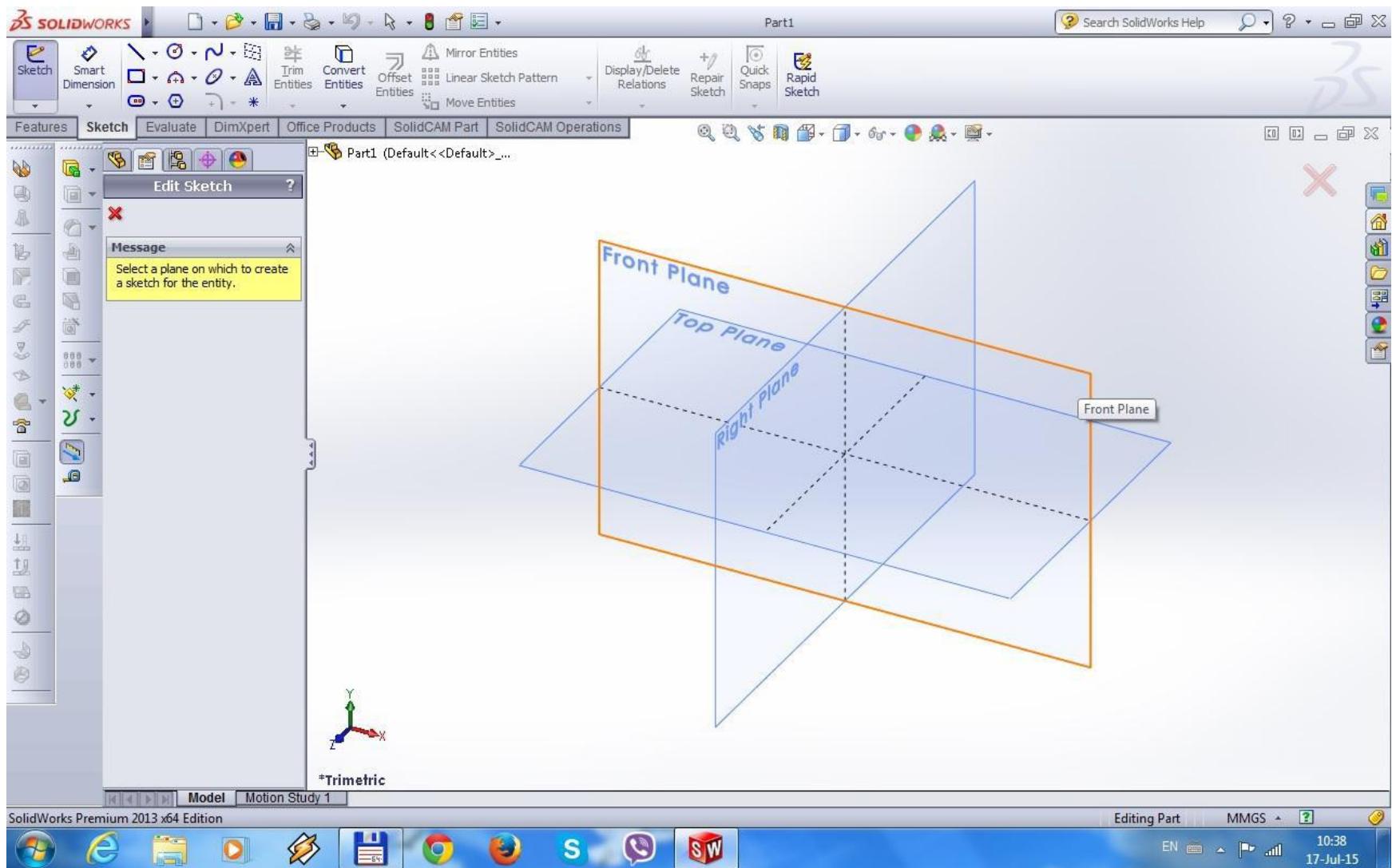
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



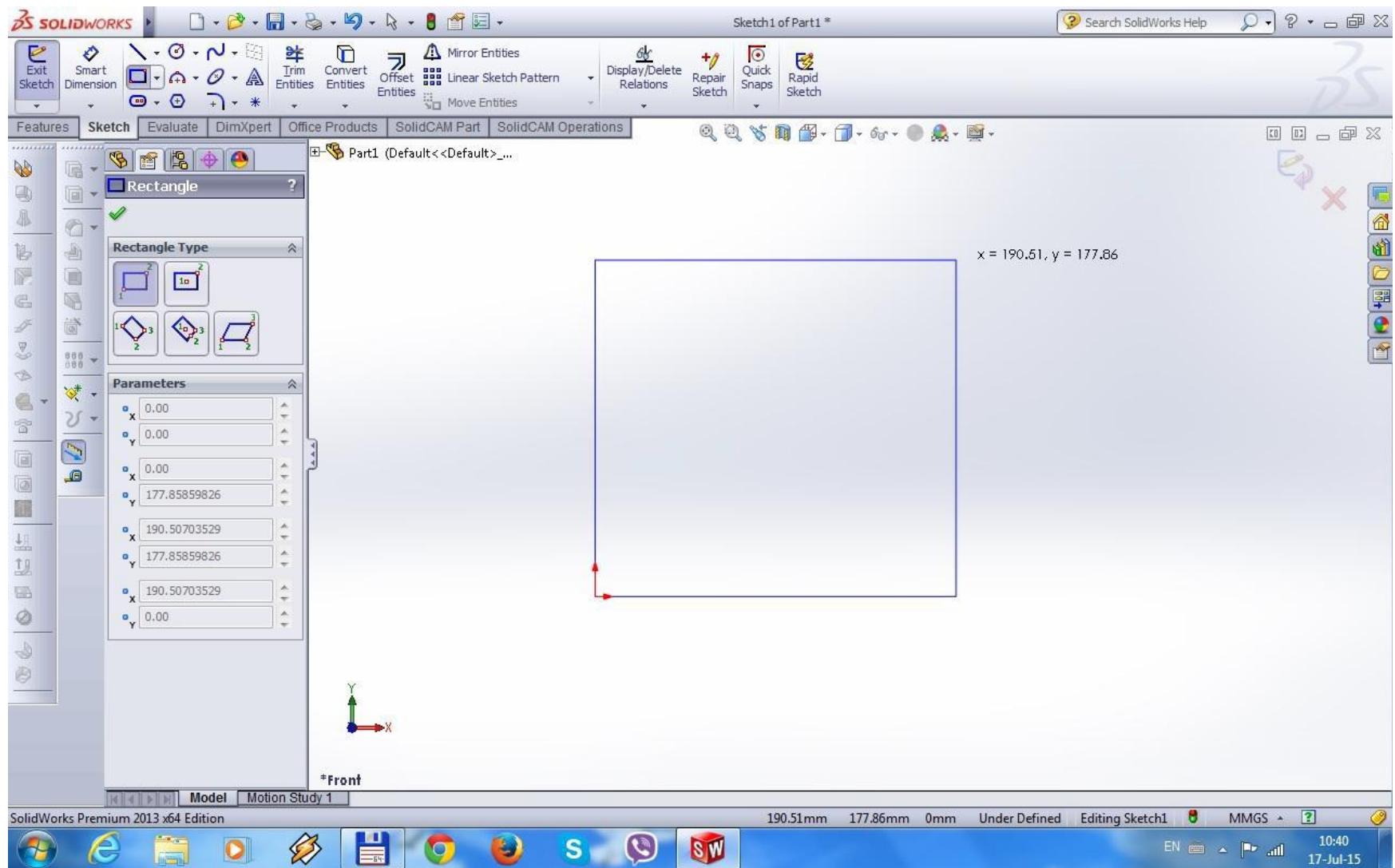
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



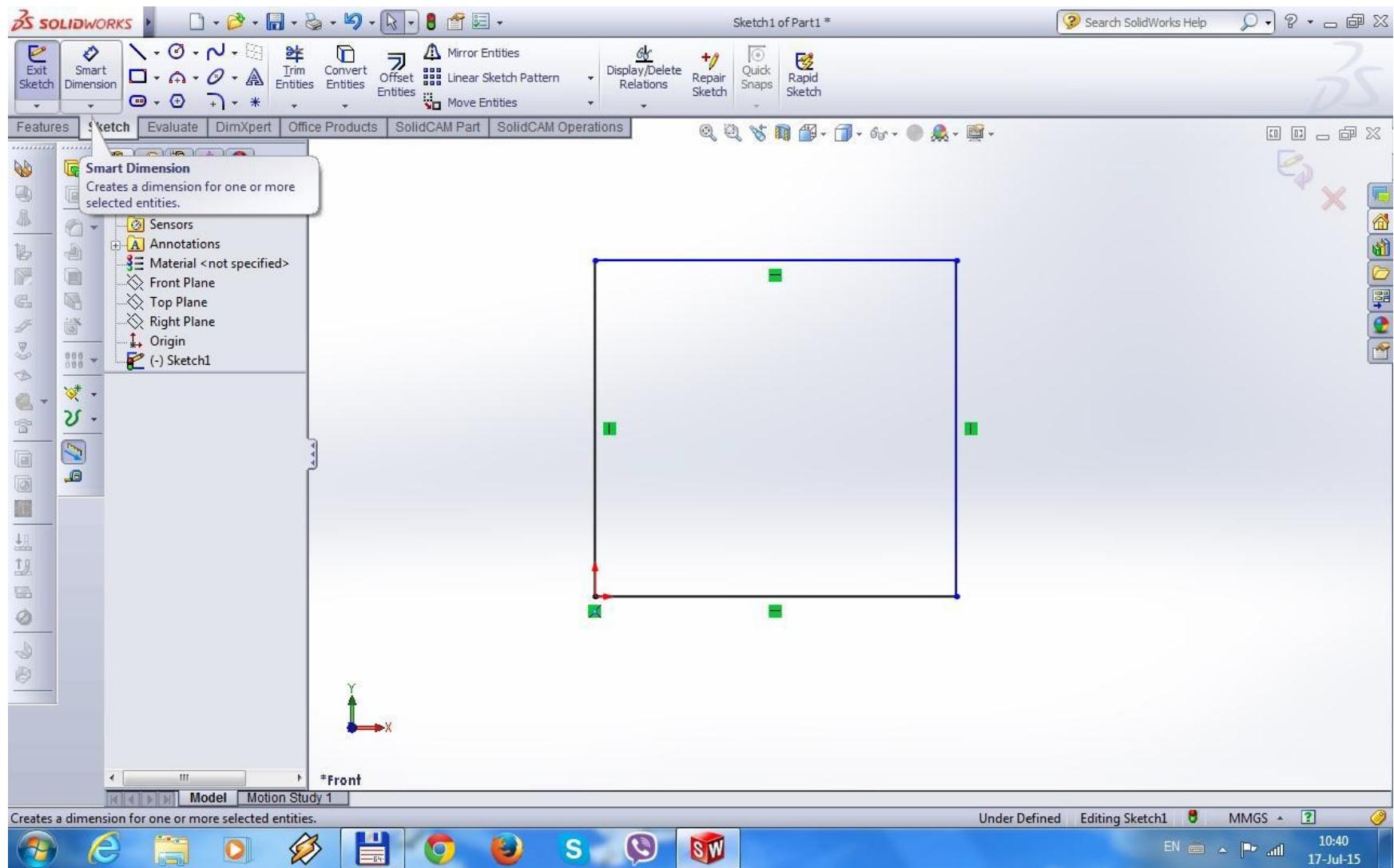
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



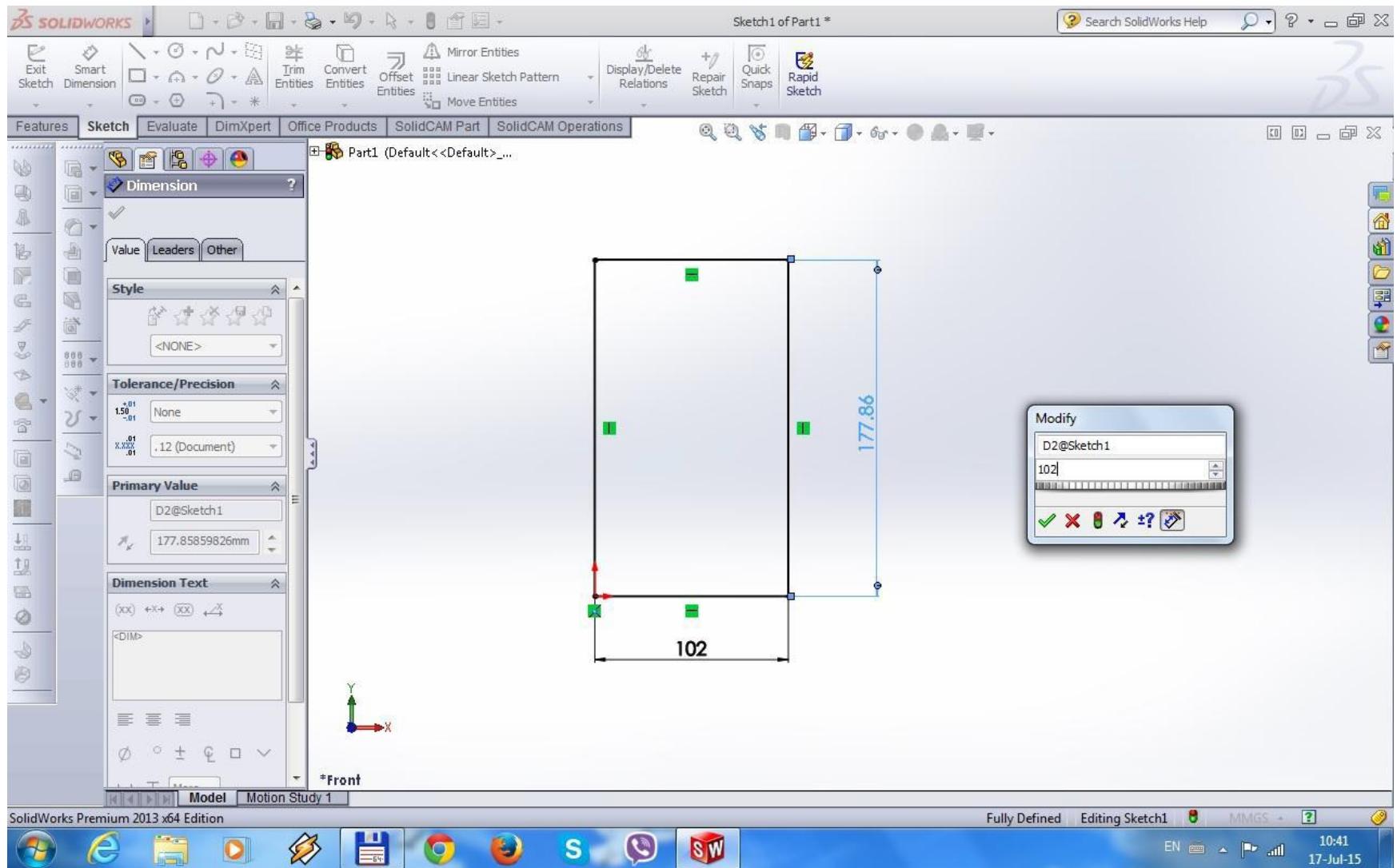
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



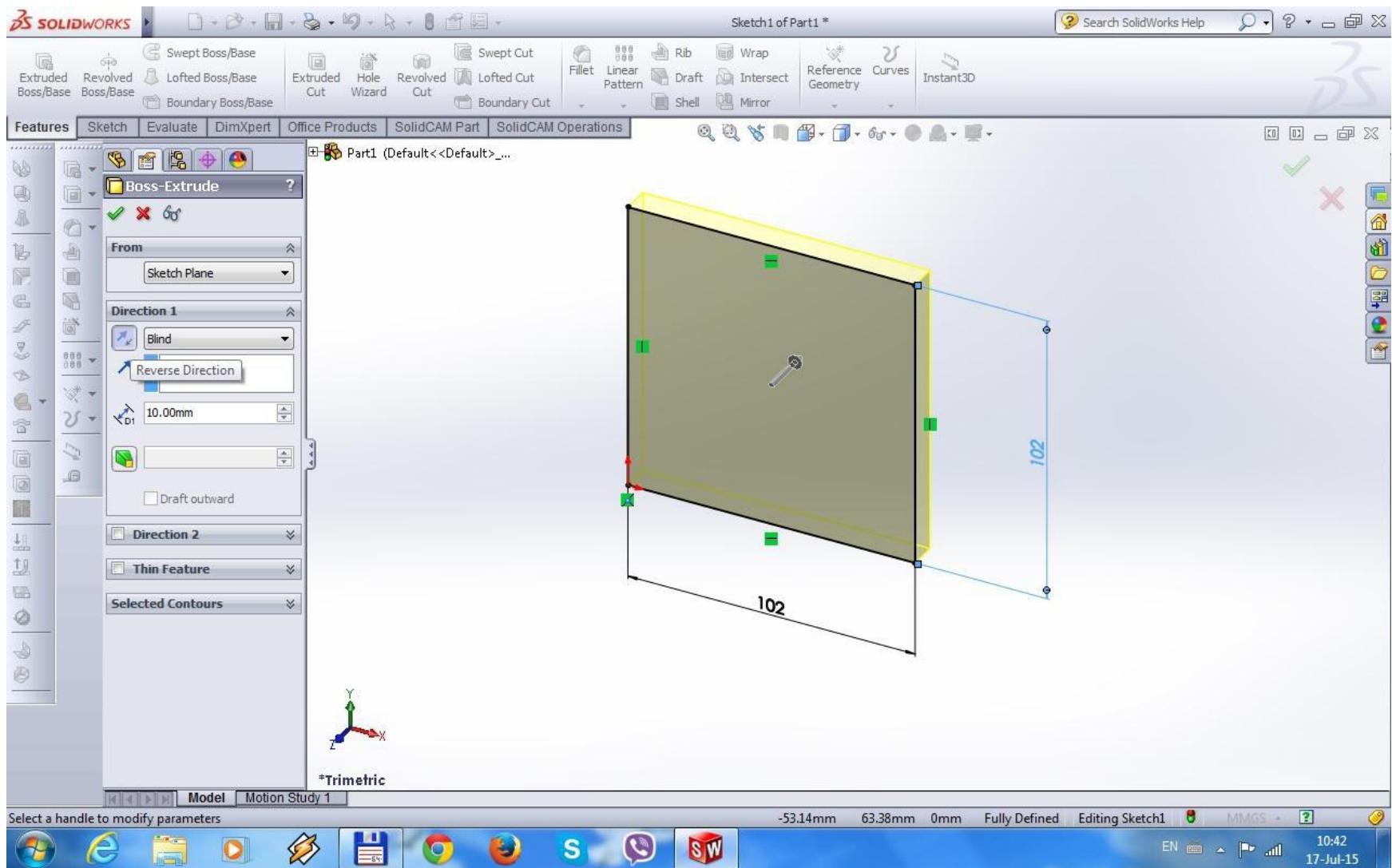
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



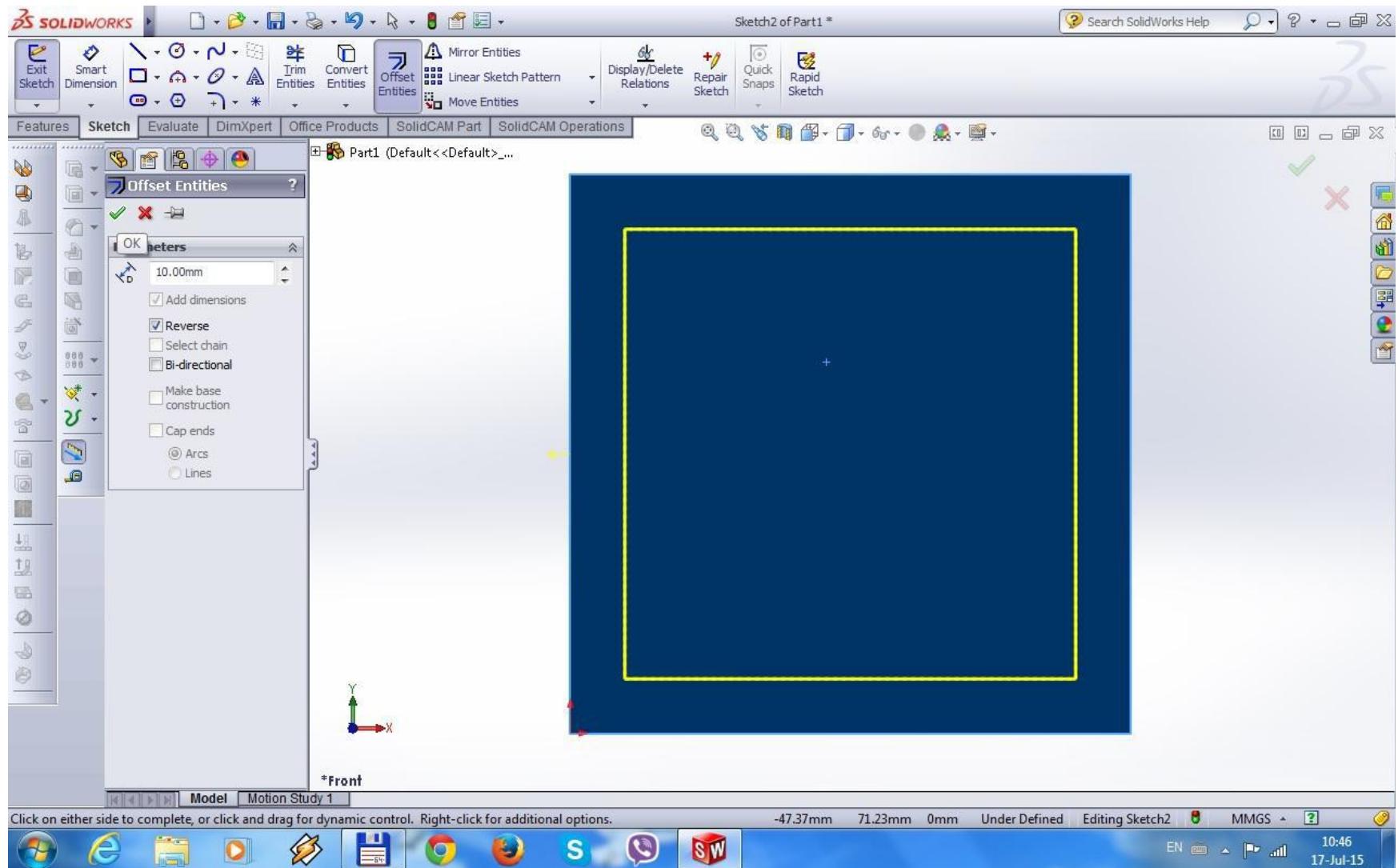
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



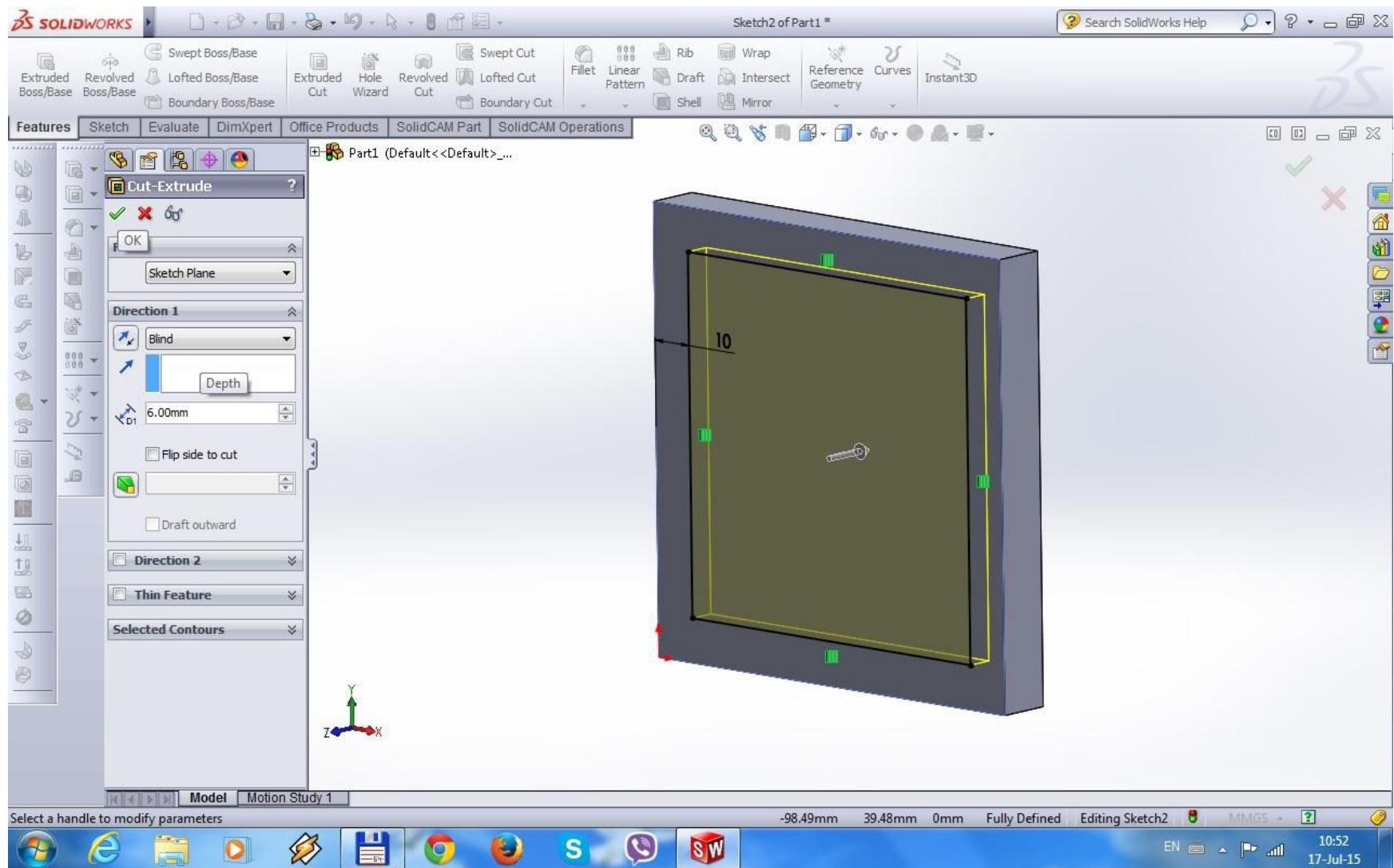
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



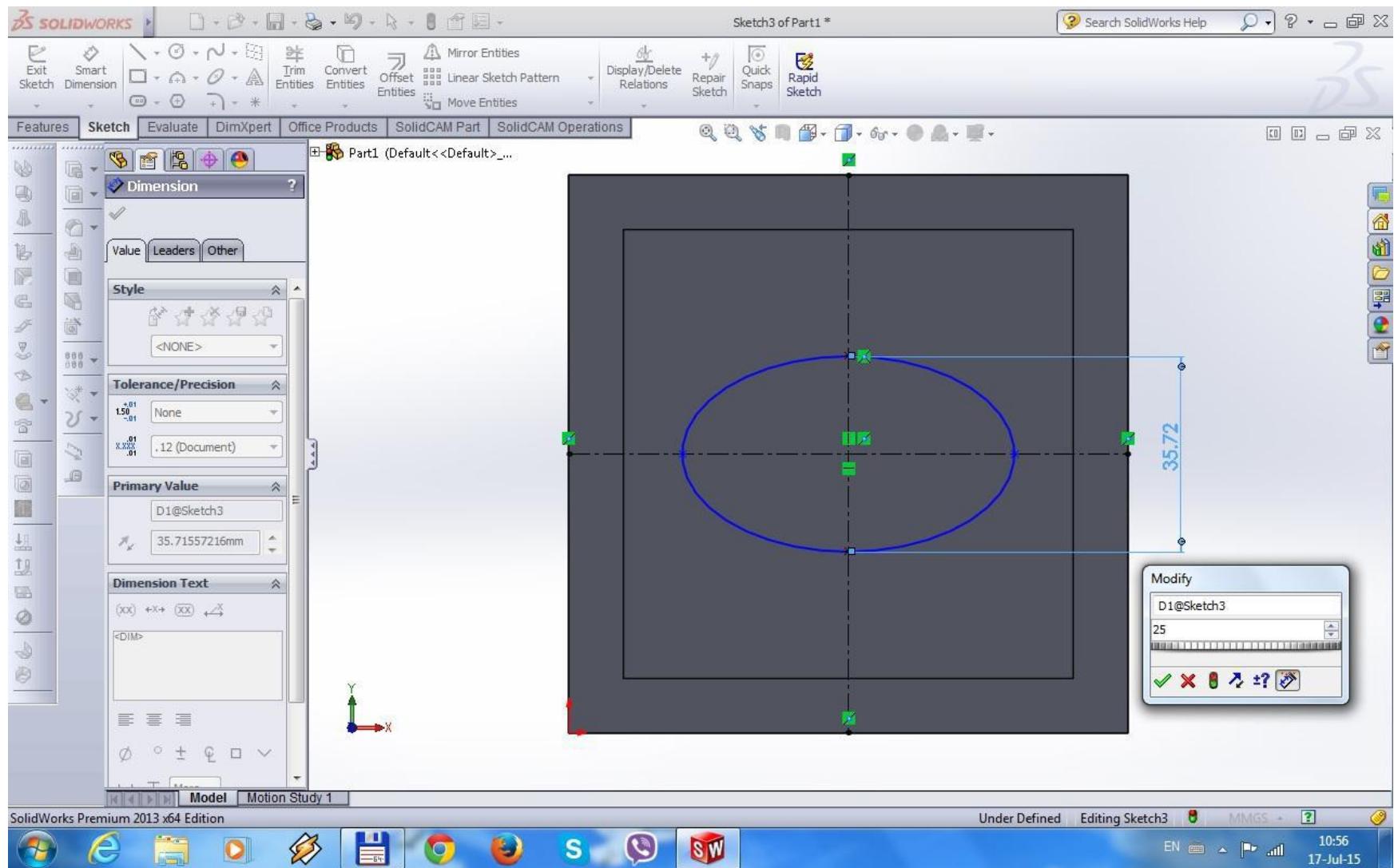
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



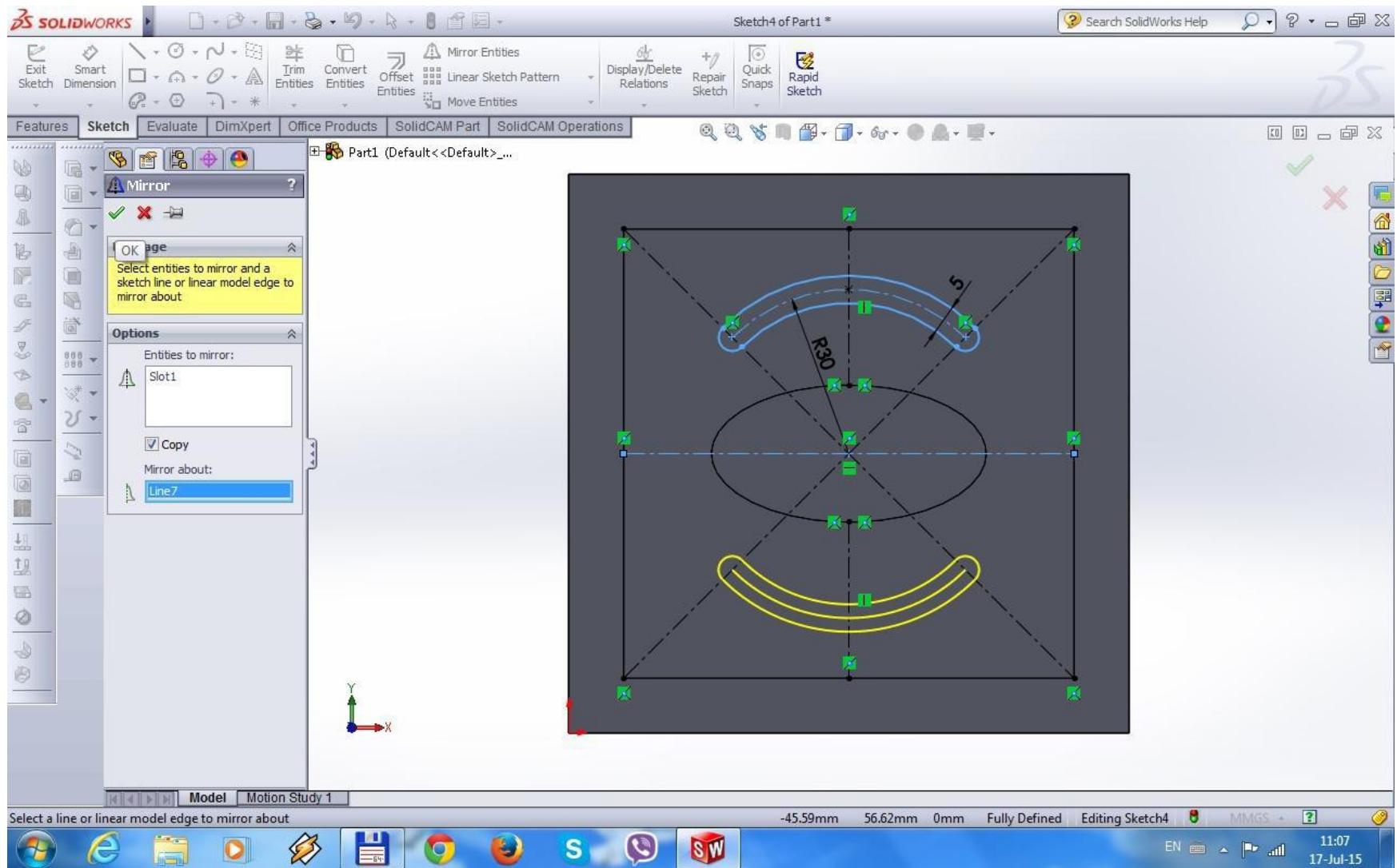
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



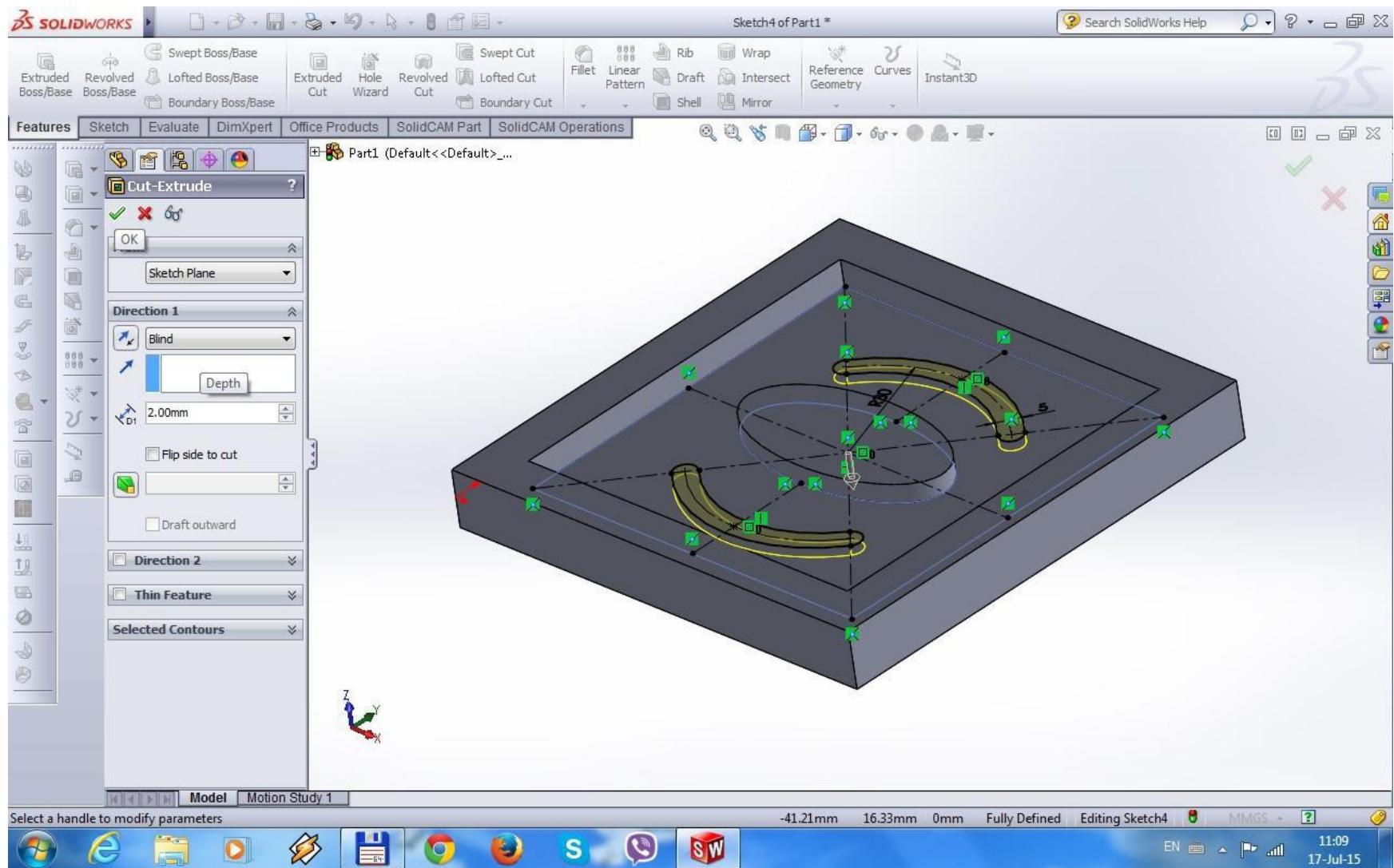
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



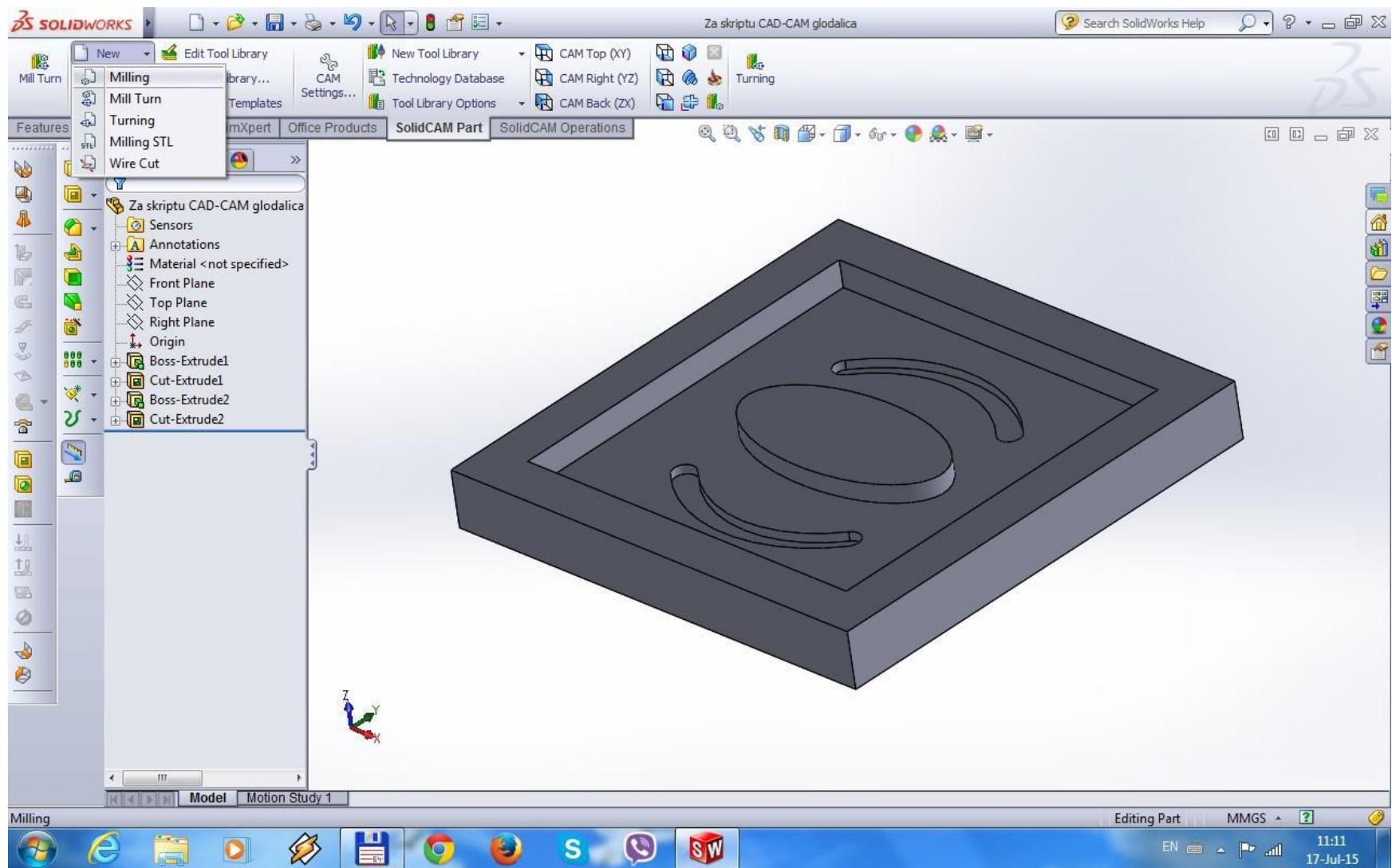
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



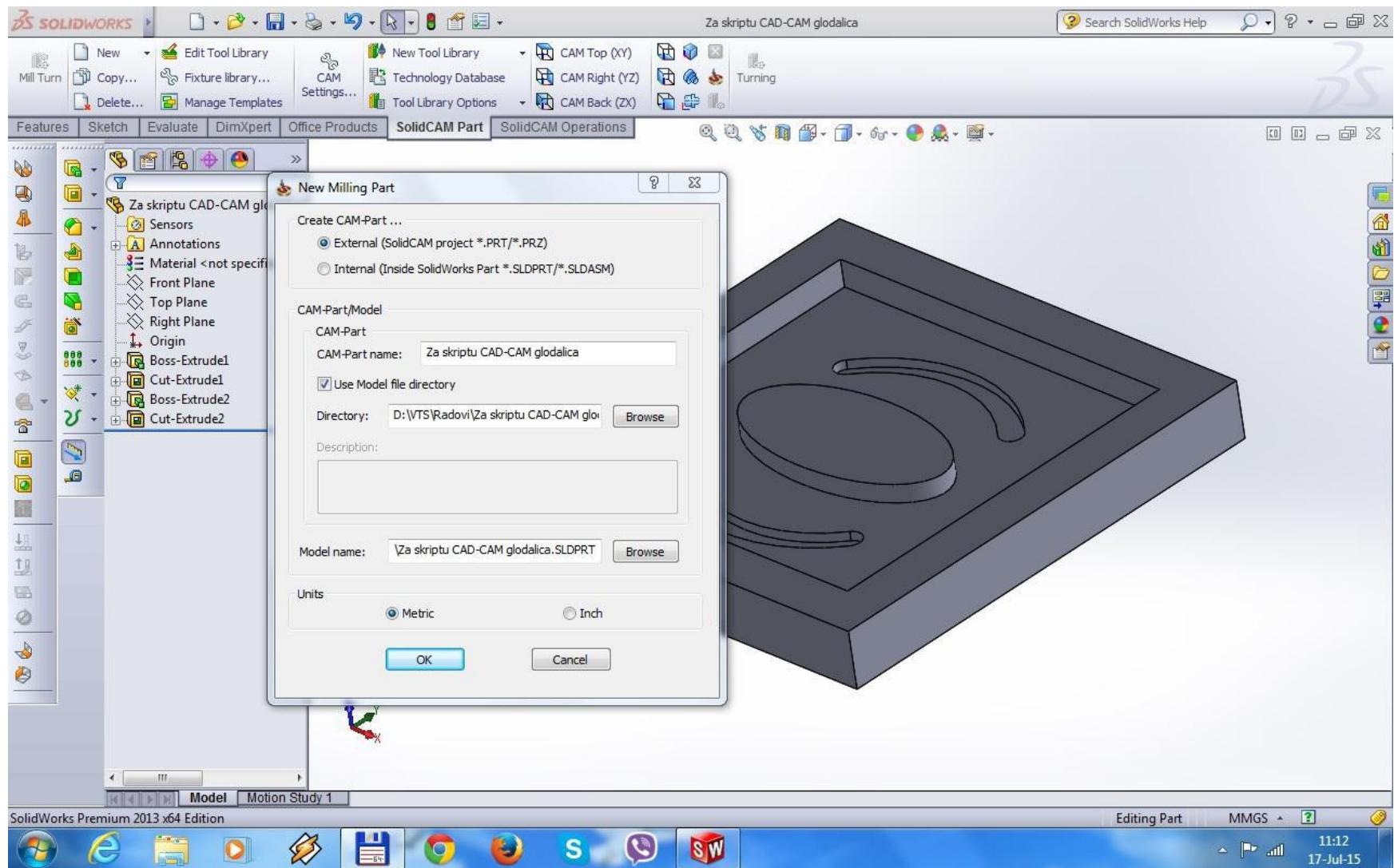
Primer modeliranja radnog komada primenom softverskog paketa SolidWorks



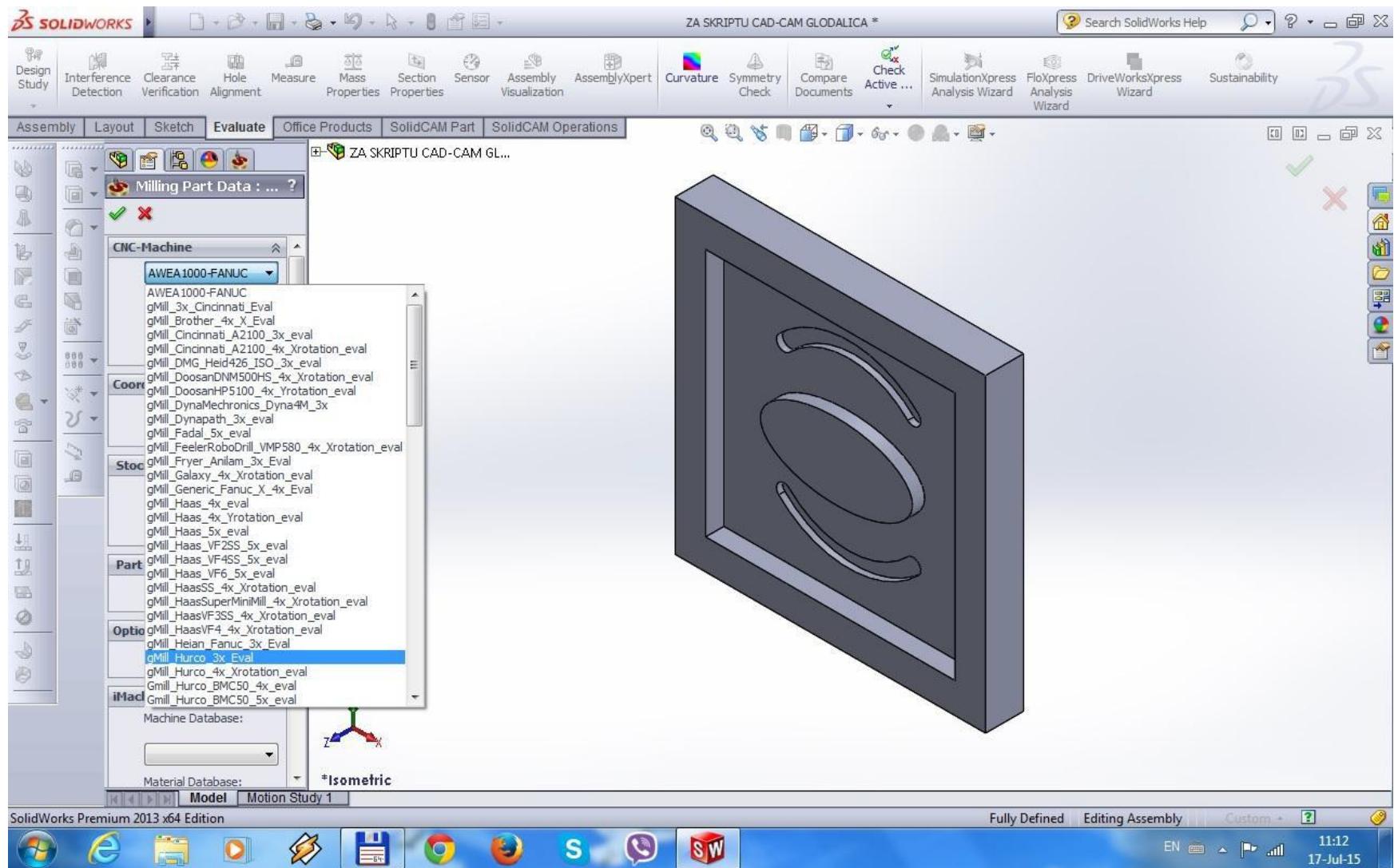
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



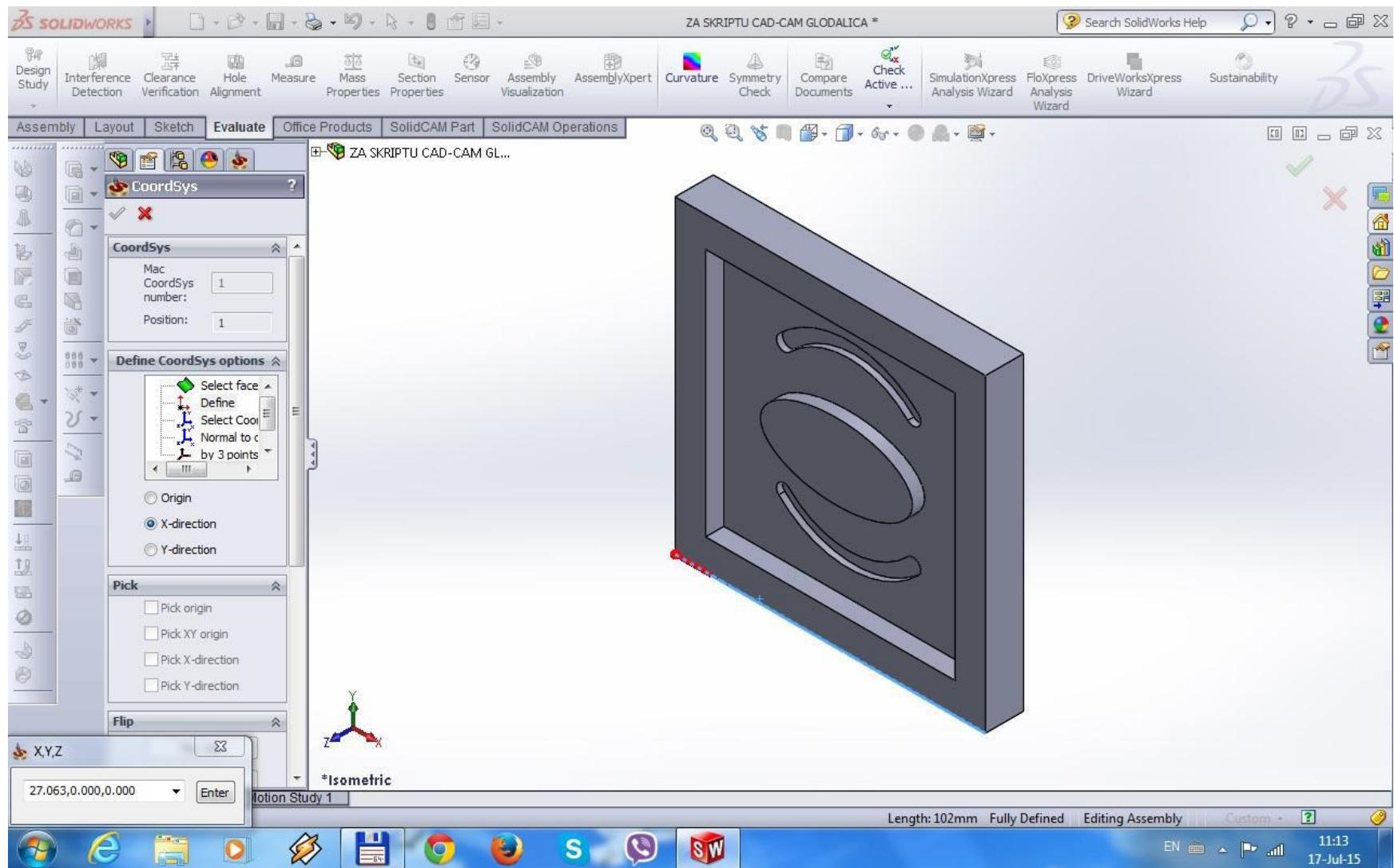
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



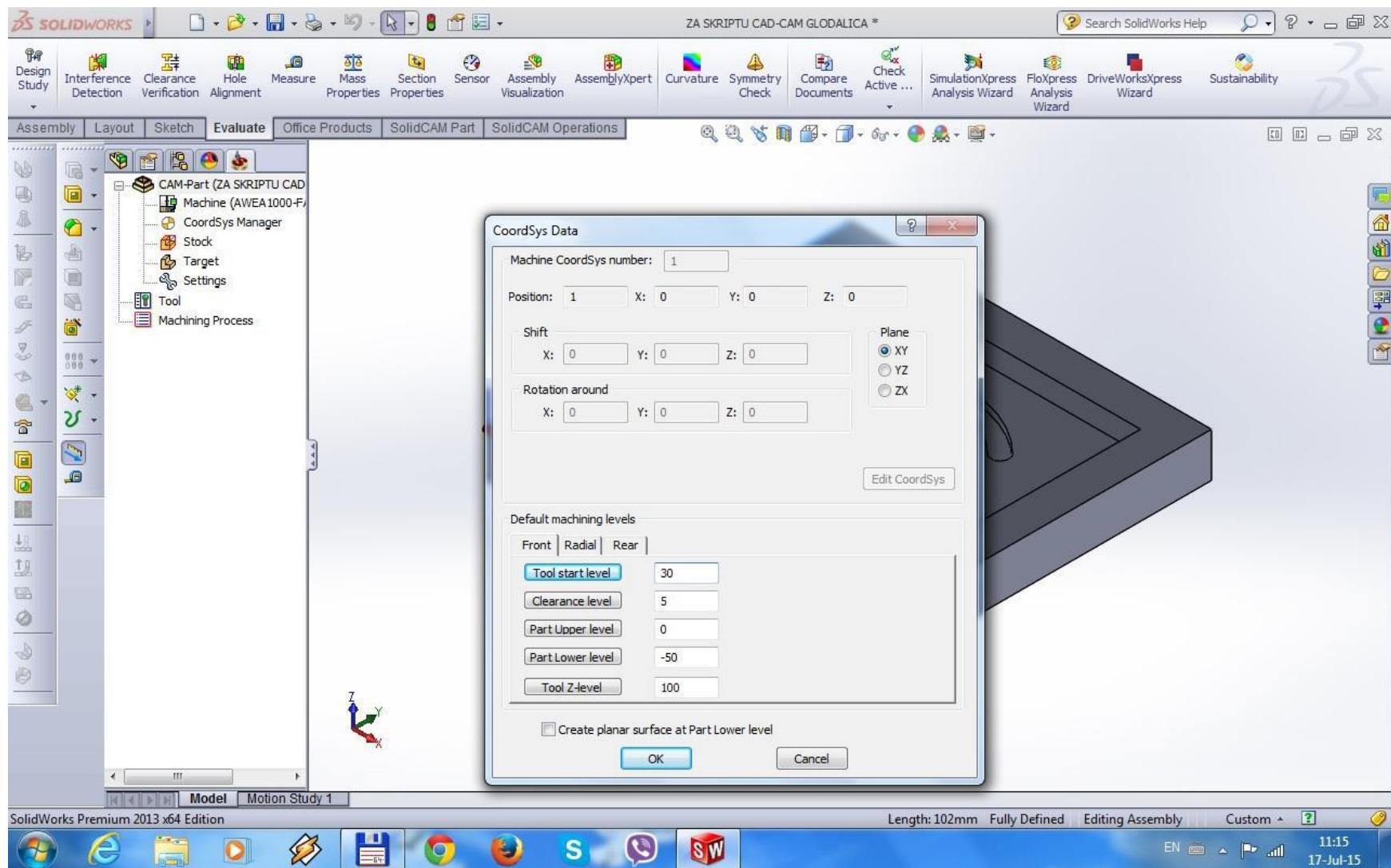
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



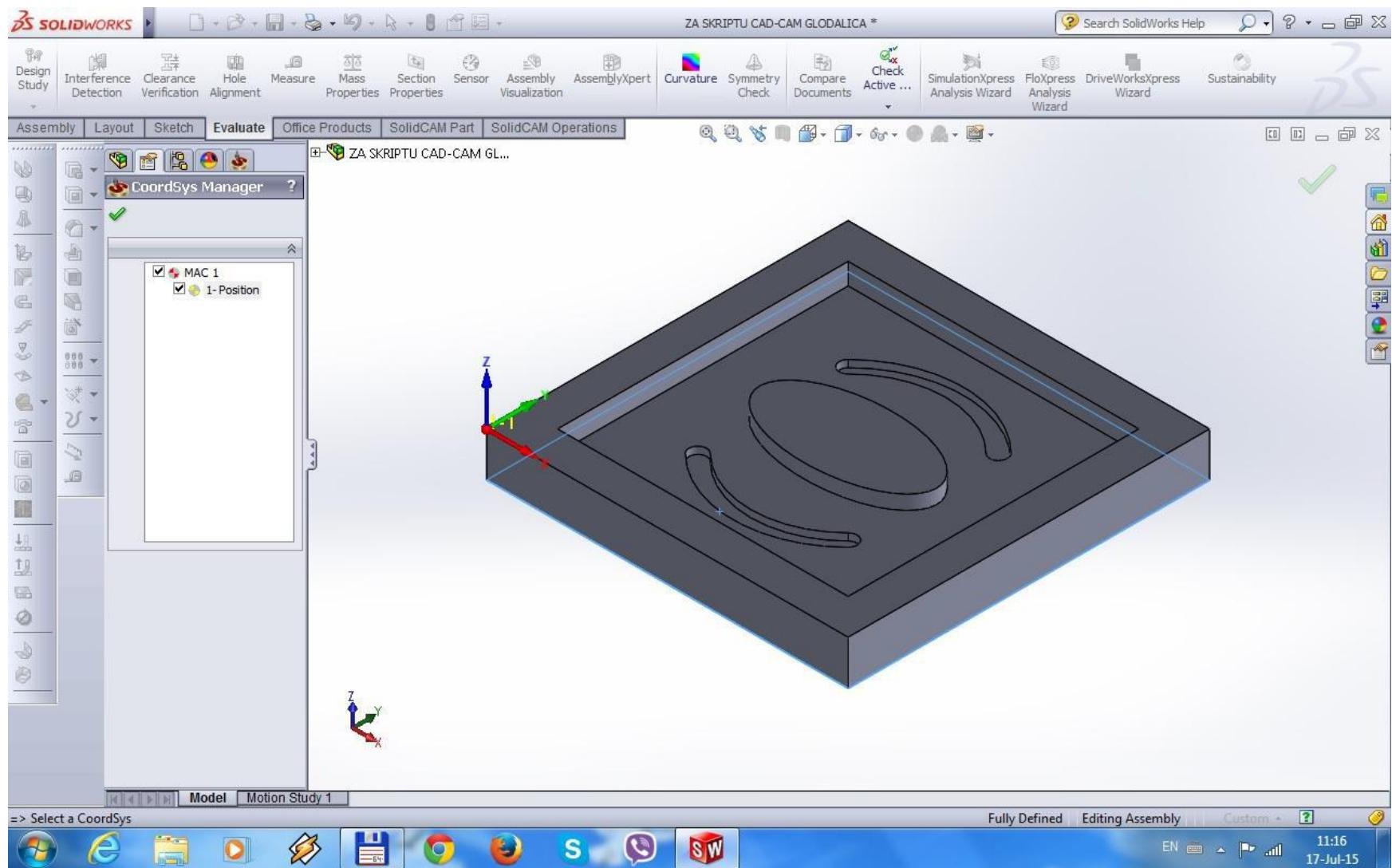
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



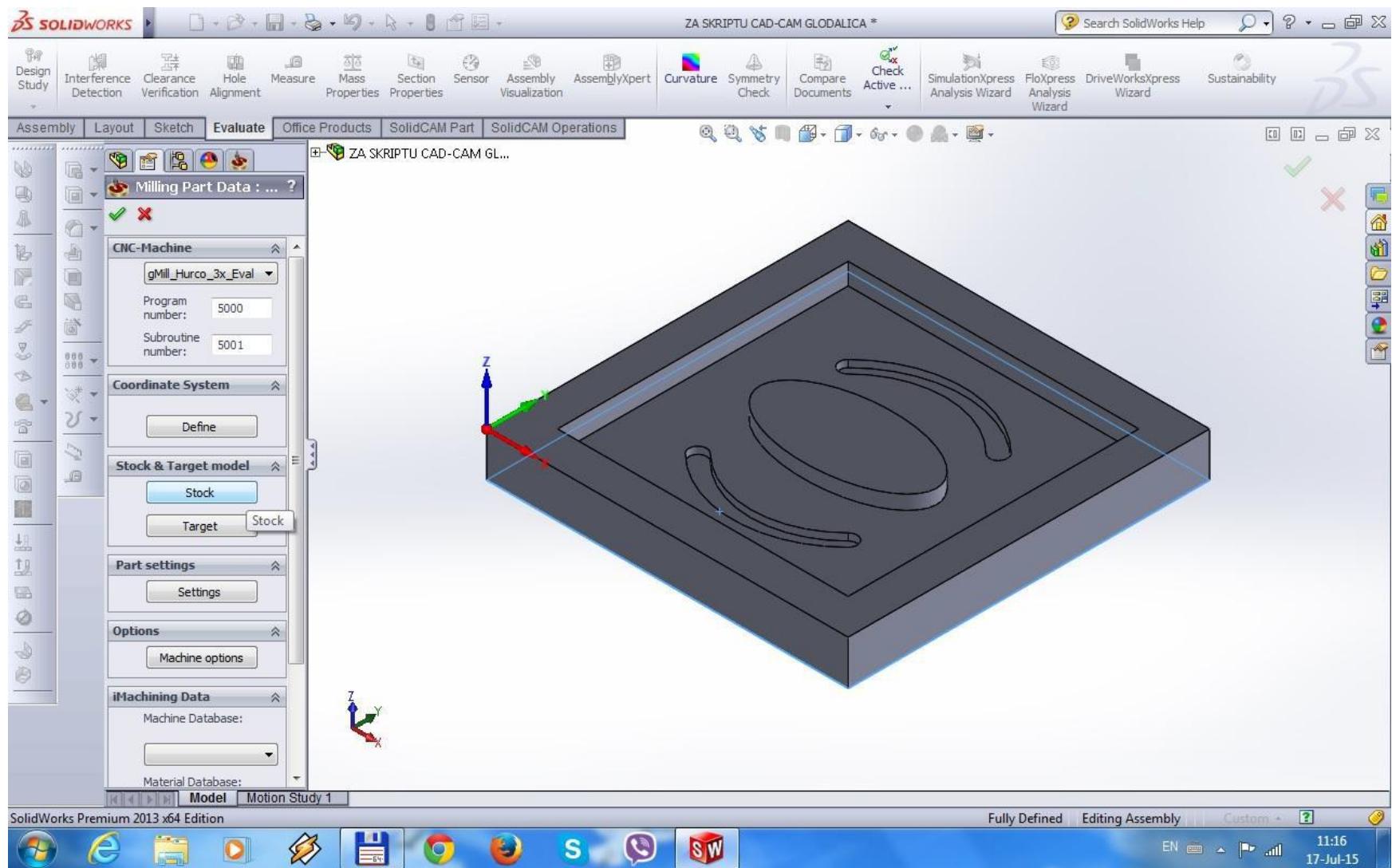
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



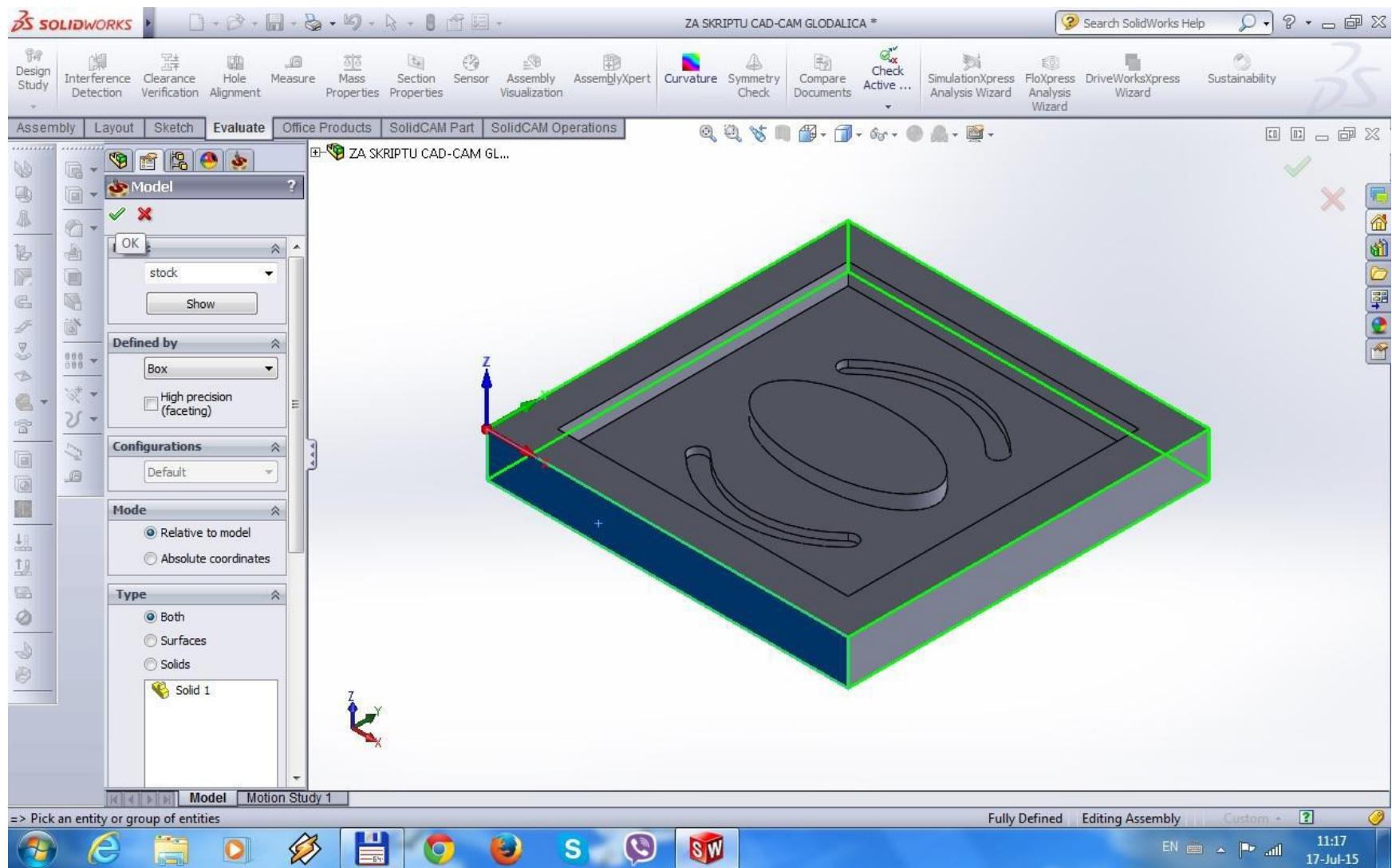
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



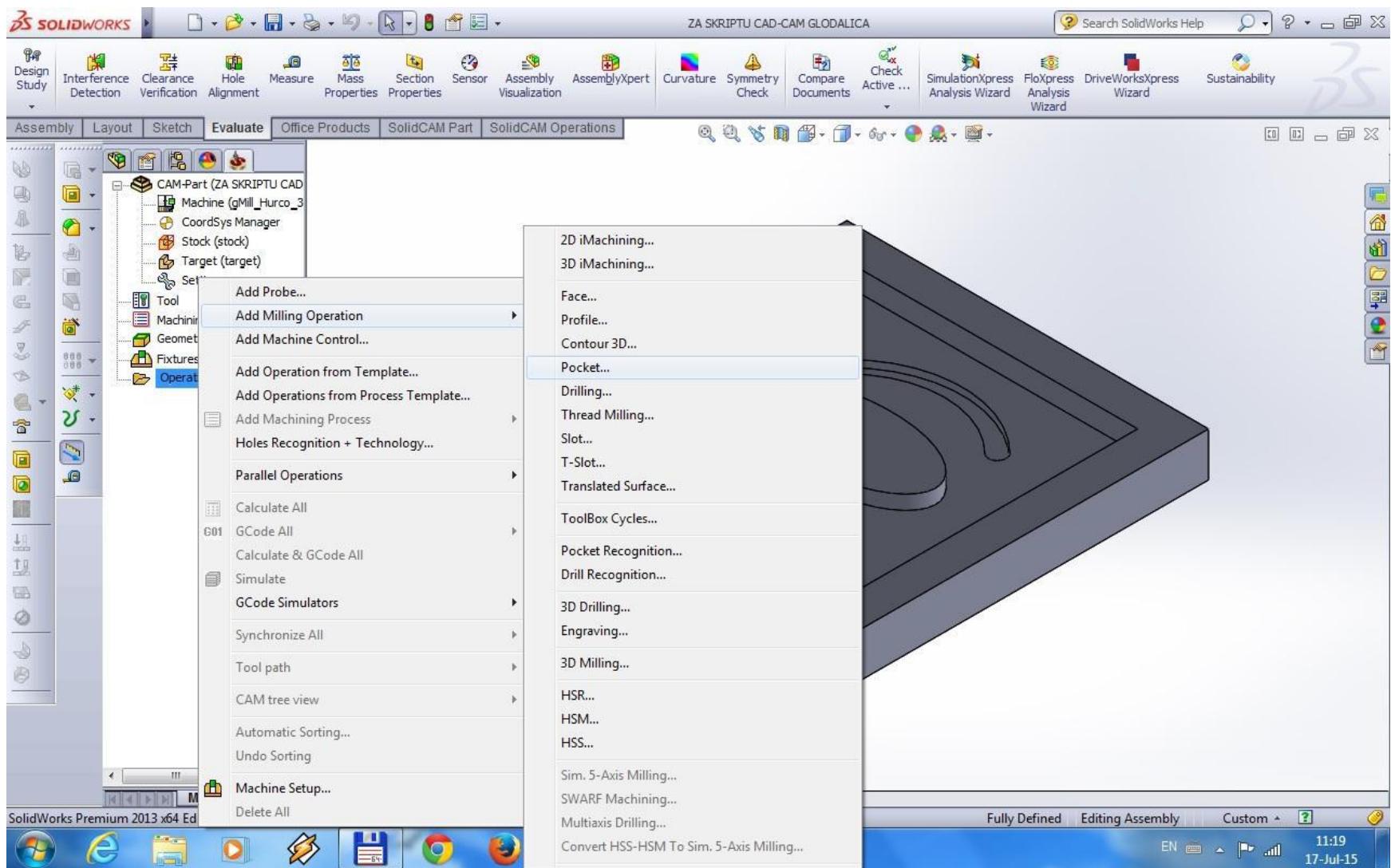
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



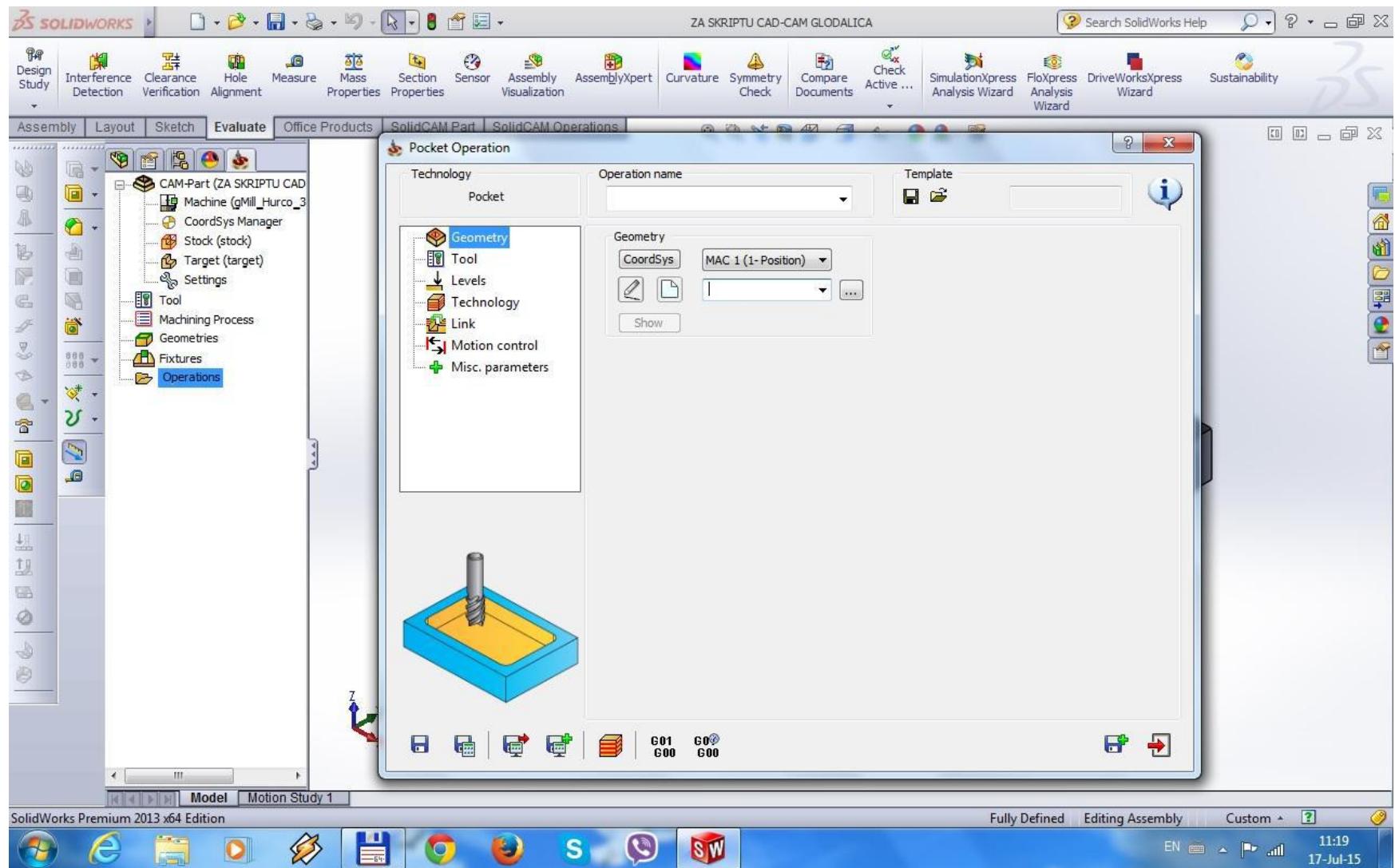
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



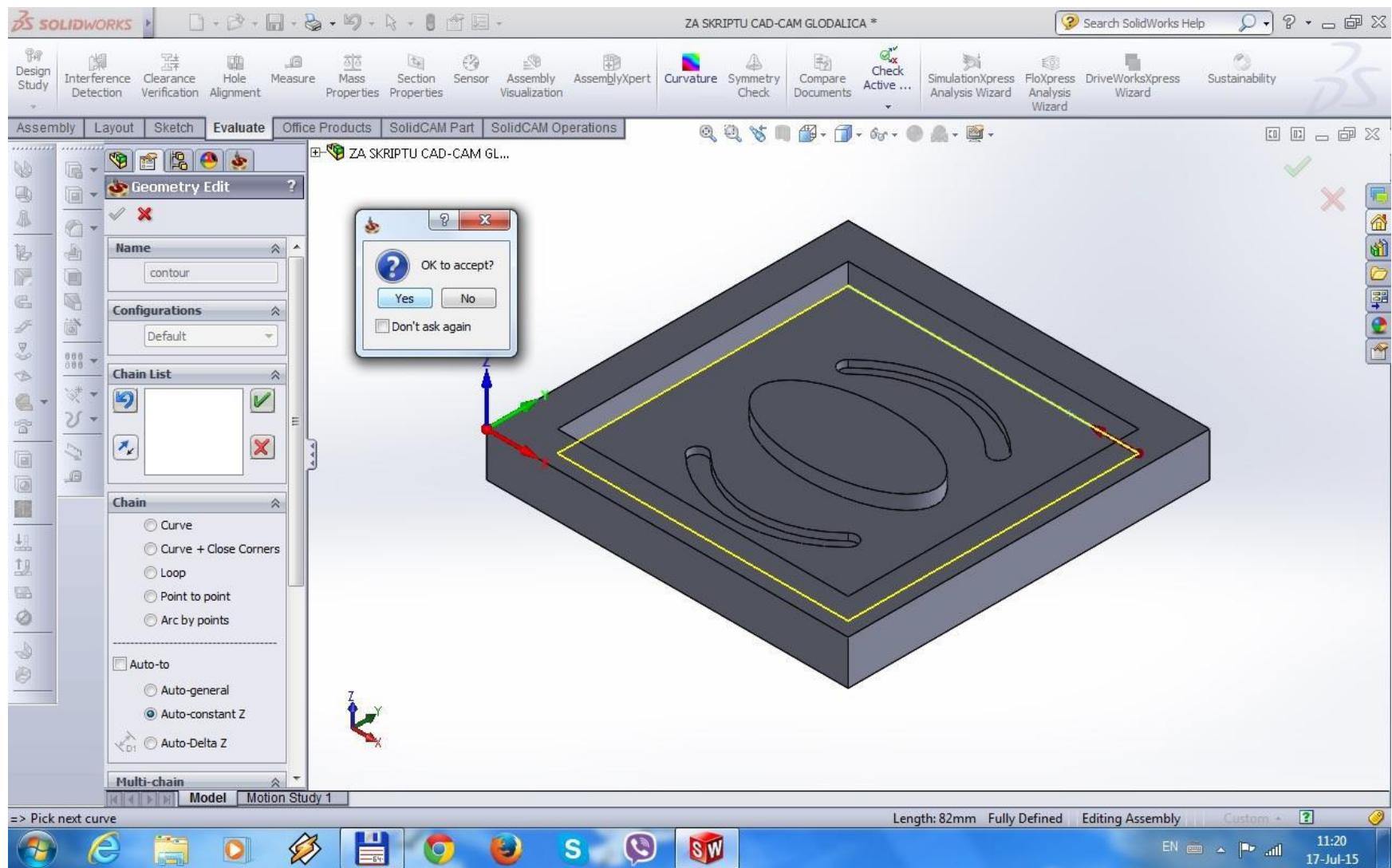
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



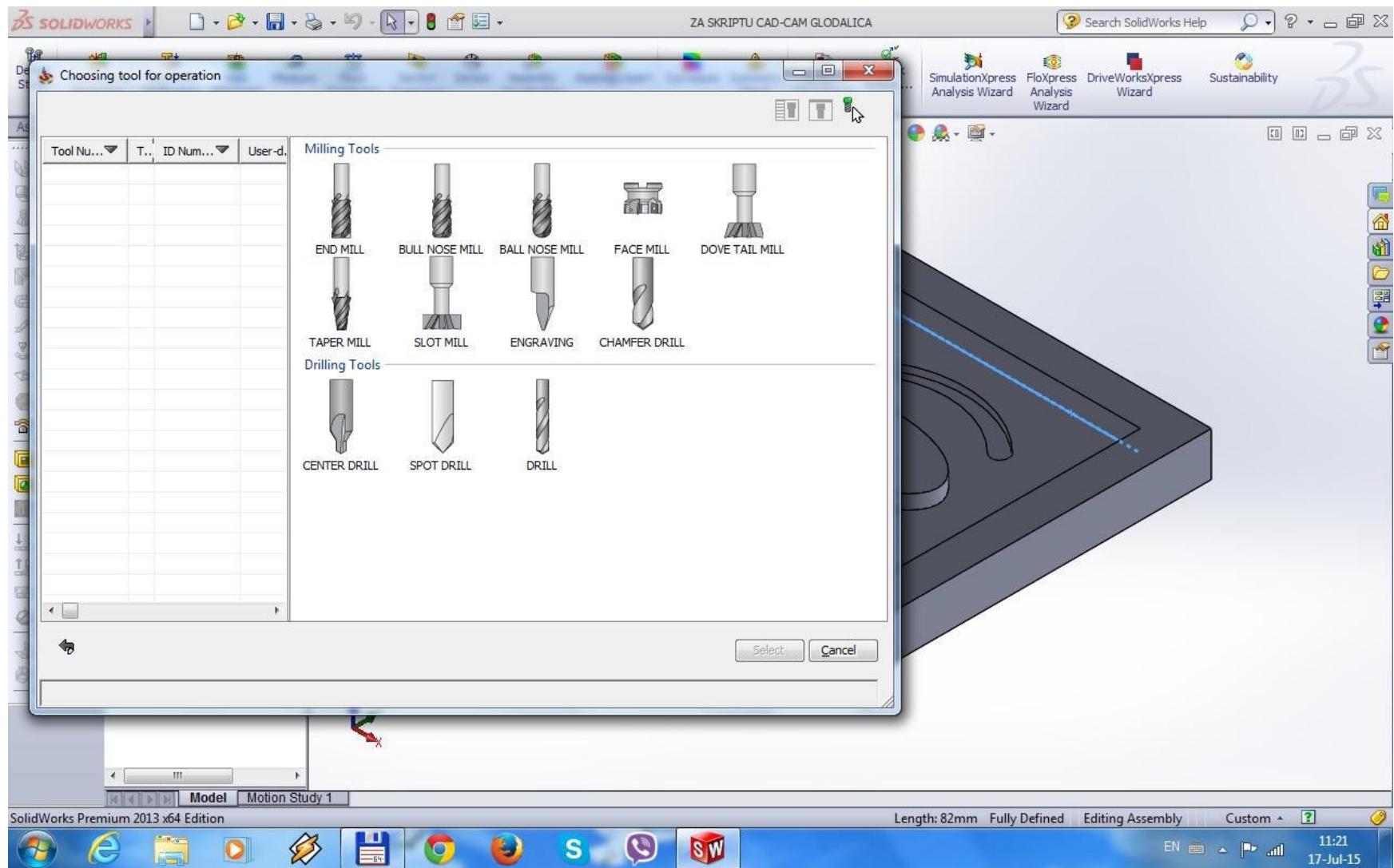
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



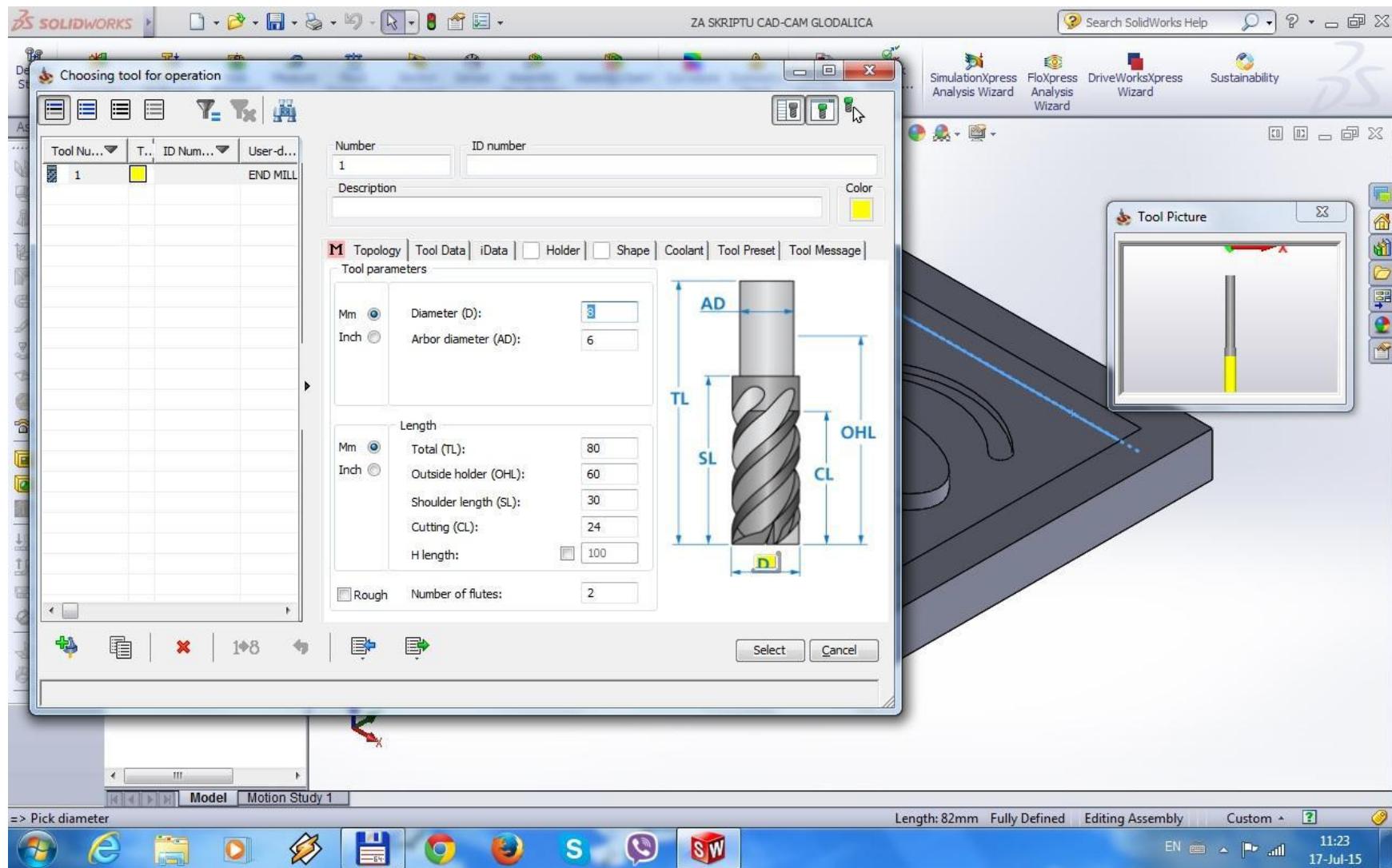
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



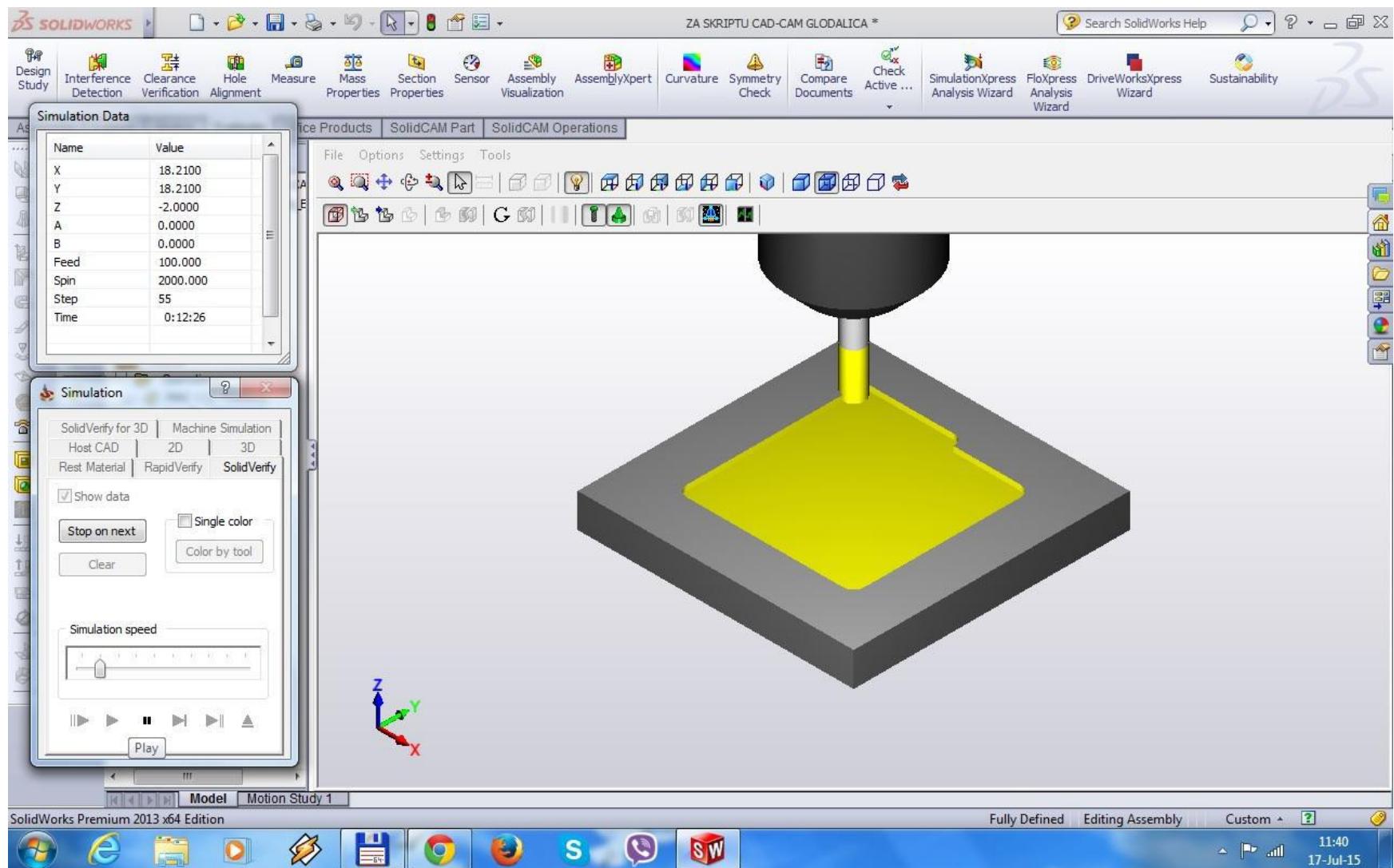
Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)



Primer generisanja G koda za izradu radnog komada na 3-osnim glodalicama primenom SolidWorks softverskog paketa (CAM)

