

ANALIZA POSTUPKA PROGRAMIRANJA OBRADNIH CENTARA ZA STRUGANJE-GLODANJE**ANALYSIS OF THE PROGRAMMING PROCEDURE OF TURN-MILL MACHINING CENTERS**Nebojša Mandić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – *Savremeni trendovi gradnje mašina alatki ogledaju se u razvoju višefunkcionalnih mašina alatki, kao što su obradni centri za struganje-glodanje, koji imaju mogućnost izvođenja više pomoćnih kretanja alata u odnosu na obradak. U radu su opisani karakteristični postupci obrade na obradnim centrima za struganje-glodanje kroz tri grupe zahvata. Verifikacija postupaka programiranja kao i analiza karakteristika tehnoloških zahvata su izvršeni na obradnom centru za struganje-glodanje sa četiri numerički upravljane ose.*

Ključne reči: *Mašine alatke, Obradni centri za struganje-glodanje, Zahvati obrade, CAM programski sistemi, SolidCAM*

Abstract – *Modern trends in the construction of machine tools are reflected in the development of multifunctional machine tools, such as turn-mill machining centers, which have the ability to perform more auxiliary tool movements in relation to the workpiece. The paper describes the characteristic machining procedures at turn-mill machining centers through three groups of operations. Verification of programming procedures as well as analysis of the characteristics of technological operations were performed on a turn-mill machining center with four numerically controlled axes*

Keywords: *Machine tools, Turn-Mill machining centers, Processing operations, CAM software systems, SolidCAM*

1. UVOD

Čovek je oduvek težio obavljanju delatnosti sa što manje napora. Rezultat tih težnji jeste mehanizacija i automatizacija procesa proizvodnje, odnosno mašina i sistema. Osnovni ciljevi mehanizacije i automatizacije su smanjenje psihičkog i fizičkog naprezanja, posluživanje mašina sa veće udaljenosti, povećanje proizvodnosti i kvaliteta proizvoda [1].

Tehnologija numeričkog upravljanja (engl. *Numerical Control*) pojavila se sredinom dvadesetog veka sa ciljem automatizacije serijske proizvodnje proizvoda složene geometrije i unapređenja tačnosti i kvaliteta [3].

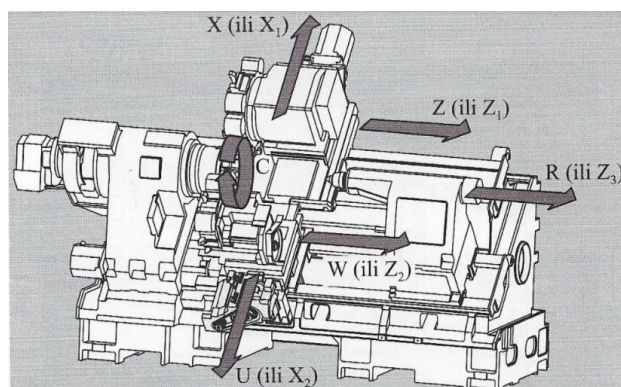
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Tabaković, red. prof.

Zadatak rada jeste da se kroz automatizovano programiranje četveroosnog obradnog centra za struganje-glodanje izvrši analiza karakteristika tehnoloških zahvata i da se na taj način uoče razlike određenih zahvata obrade. Shodno tome, osmišljen je test radni predmet, čija se izrada izvodi u dve podoperacije, tj. iz dva stezanja. Kroz simulaciju i verifikaciju obradnog procesa prilikom programiranja primenom savremenog CAM programskog sistema, obezbeđena je provera svih putanja alata, čime je omogućeno otkrivanje neželjenih pojava i njihovo eliminisanje uz brzo vidljive efekte sprovedenih izmena.

2. OBRADNI CENTRI ZA STRUGANJE-GLODANJE

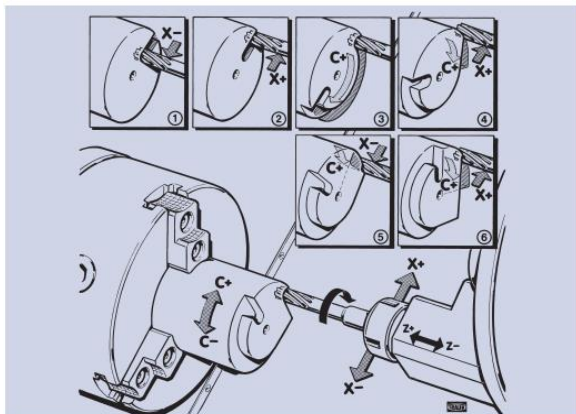
Prve mašine za obradu struganjem sa numeričkim upravljanjem su koncipirane i izvedene kao mašine sa dve numerički upravljane ose. Povećanjem broja upravljanih osa i opremanjem višepozicionih nosača alata gonjenim alatima, dolazi do nastanka obradnih centara za struganje-glodanje, koje su vrlo fleksibilne, tačne i ekonomične. Time su na jednu mašinu integrisane operacije struganja, bušenja, glodanja, izrade ozubljenja, kao i određene merno-kontrolne operacije. Na slici 2.1 je prikazan obradni centar za struganje-glodanje sa šest numerički upravljanih osa [2,4].



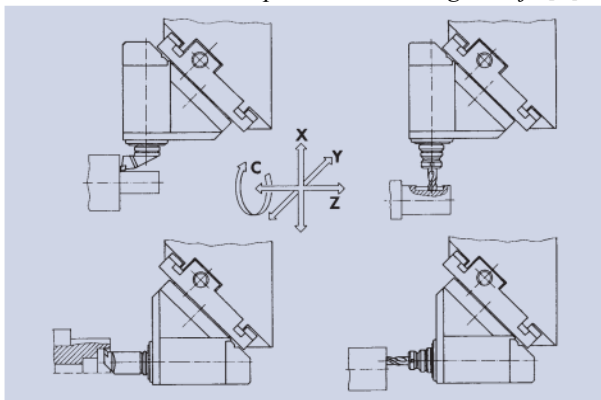
Slika 2.1 Obradni centar za struganje-glodanje sa šest NU osa [4]

Višefunkcionalne mašine alatke danas se uspešno koriste za obradu delova sa ravnim, cilindričnim i prostorno složenim površinama, obezbeđujući pri tome visok nivo produktivnosti i ekonomičnosti. Na slici 2.2 je prikazan strug sa tri numerički upravljane ose, na kom se izvodi obrada čela pomoću alata za glodanje, dok su na slici 2.3 prikazani od strugarskih zahvata, spoljašnje uzdužno i unutrašnje uzdužno struganje i od glodačkih zahvata,

radijalno i aksijalno glodanje na obradnom centru za struganje-glodanje sa četiri numerički upravljane ose.



Slika 2.2 Obrada čela pomoću alata za glodanje [5]



Slika 2.3 Zahvati obrade na obradnom centru za struganje-glodanje sa četiri NU ose [5]

3. PODELA ZAHVATA OBRADNE

Karakteristični zahvati obrade na obradnim centrima za struganje-glodanje se mogu opisati kroz tri grupe zahvata obrade i tu spadaju: struganje, bušenje i glodanje.

Struganje je postupak obrade kod koga je glavno kretanje kružno i izvodi ga obradak, dok pomoćno kretanje izvodi alat. Grupa strugarških zahvata obuhvata:

- poprečnu obradu,
- uzdužnu obradu,
- konturnu obradu,
- ukopavanje žljebova,
- narezivanje navoja i
- odsecanje.

Bušenje je postupak obrade sa glavnim kružnim i pomoćnim pravolinijskim kretanjem koje izvodi alat. Grupa zahvata bušenjem obuhvata:

- zabušivanje,
- bušenje,
- proširivanje,
- razvrtanje,
- duboko bušenje,
- upuštanje i
- urezivanje navoja.

Glodanje na obradnim centrima za struganje-glodanje je postupak obrade sa glavnim kružnim kretanjem koje izvodi alat i pomoćnim kretanjem koje mogu da izvode i obradak i alat u zavisnosti od koncepcije mašine. Kod obradnog centra za struganje-glodanje pomoćno kretanje

u većini slučajeva izvodi alat po X, Y i Z osi, dok je C osa pomoćno kretanje koje izvodi obradak pomoću glavnog vretena mašine.

Kod obradnih centara za struganje-glodanje sa Y osom ograničavajući faktor je dužina hoda iste. Prilikom simultane obrade sa C osom, obrada se sprovodi konvertovanjem pravouglavih koordinata u polarni koordinatni sistem. Grupa glodačkih zahvata obuhvata u radijalnom i aksijalnom pravcu obrade:

- izradu džepova,
- izradu žljebova,
- izradu ostrva,
- profilno glodanje,
- glodanje navoja i
- izradu ozubljenja.

4. PROGRAMIRANJE PRIMENOM CAM SISTEMA

Pod pojmom „programiranje numerički upravljanih mašina alatki” podrazumeva se niz aktivnosti koje je neophodno obaviti da bi se od konkretnog radnog zadatka došlo do upravljačkog programa za upravljanje numerički upravljanim mašinom alatkom [2].

Programiranje NUMA primenom CAM sistema predstavlja osnovu inženjerske pripreme savremene i automatizovane proizvodnje. Razvojem i primenom ove oblasti su u najvećoj meri otklonjeni nedostaci koji prate programiranje NUMA u radioničkim uslovima [3].

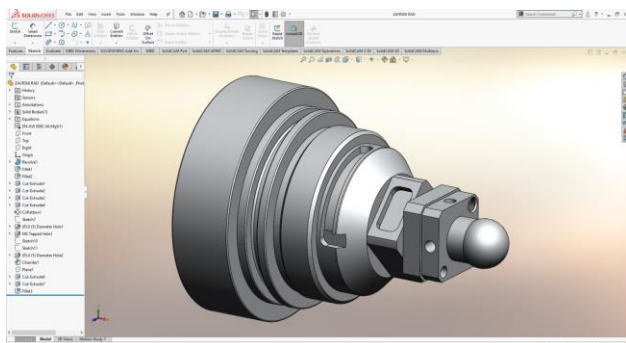
U poređenju sa ostalim metodama, programiranje NUMA primenom CAM sistema obezbeđuje niz prednosti, od kojih se kao najvažnije mogu izdvojiti [3]:

- intenzivnim korišćenjem podataka o proizvodu iz CAD sistema eliminiše se potreba za redefinisanjem geometrije proizvoda, što rezultuje smanjenjem grešaka i uštedama u vremenu,
- simulacijom i verifikacijom NC programa omogućeno je pravovremeno otkrivanje potencijalnih grešaka i njihova korekcija pre početka stvarne proizvodnje, čime se obezbeđuje podizanje nivoa sigurnosti i ekonomičnosti procesa proizvodnje,
- mogućnost automatizacije postupka programiranja korišćenjem programskih rutina, te ugradnje specifičnih znanja i ekspertnosti u CAM sistem, što ima za rezultat značajne uštede u vremenu i povećanje kvaliteta gotovih proizvoda,
- relativno jednostavno programiranje proizvoda sa složenom geometrijom,
- kreiranjem i korišćenjem baza podataka o proizvodnim resursima, režimima obrade i drugim elementima proizvodnog procesa, značajno se ubrzava postupak programiranja i
- mogućnost integracije sa drugim CAx sistemima u cilju provođenja koncepta konkurentnog inženjerstva.

Integracijom programskih sistema SolidWorks i SolidCAM dobija se specijalizovani programski paket koji ima primenu u području proizvodnog inženjerstva,

gde se teži integrisanju poslova konstrukcije (CAD) i pripremi proizvodnje kroz definisanje tehnološkog postupka i programiranje CNC mašina (CAM). Pogodnost CAD/CAM sistema jeste činjenica da se svaka greška koja nastane u procesu definisanja programa za obradu može uočiti u toku simulacije i verifikacije.

SolidWorks je jedan od najpopularnijih programa za projektovanje proizvoda parametarskog solid modeliranja. Parametarsko modeliranje je oblik opisivanja trodimenzionih objekata u okviru koga se geometrijski model fizičkog tela može opisati skupom geometrijskih (paralelnost, normalnost i sl.) i dimenzionih (dužine, prečnici, uglovi i sl.) parametara.



Slika 4.1 Korisnički interfejs programa SolidWorks

SolidCAM je specijalizovani programski system koji se implementira u okruženje SolidWorks-a, tako da s njim čini funkcionalnu celinu. Na taj način je omogućeno istovremeno modeliranje mašinskih delova, izrada njihove tehničke dokumentacije, kao i izrada tehnologije za obradu i generisanje izvršnog programa za upravljanje CNC mašinama koje taj deo treba da izrade.

Tehnologija izrade proizvoda se zasniva na definisanom modelu koji je modeliran u CAD programu i koji se u radno okruženje SolidCAM-a uvozi direktno iz SolidWorks-a, gde se definišu svi parametri tehnologije za izradu proizvoda.

5. VERIFIKACIJA UPRAVLJAČKOG PROGRAMA

Analiza rezultata programiranja obradnih centara za struganje-glodanje primenom programskog sistema za automatizovano programiranje NUMA predstavlja drugi cilj istraživanja u radu. Realizacija ovog cilja je ostvarena kroz koncipiranje specijalizovanog test radnog predmeta, a zatim automatizovano programiranje SolidCAM programskim sistemom izradi NC program i proveru izradom na samoj mašini.

Polazni test komad je definisan na osnovu test radnog predmeta koji se koristi za verifikaciju zahvata obrade na strugovima sa tri numerički upravljane ose (X, Y i Z) razvijenog od strane kompanije Siemens za testiranje novih mašina alatki.

Za potrebe istraživanja test komad je proširen sa nekoliko geometrijskih oblika, prvenstveno radi poređenja zahvata glodanja koji se izvode sa C, odnosno Y osom. Konačna verzija test komada prikazana je na slici 5.1. Za pripremak je izabran cilindar dimenzija $\varnothing 100 \times 130$ [mm] od legure aluminijuma AlMgSi1.



Slika 5.1 Test komad

Nakon što je test komad definisan, bilo je potrebno definisati tehnologiju obrade. Detaljni opisi tehnološkog postupka, karakteristike usvojenih alata i vremena trajanja obrade su navedeni u master radu.

Verifikacija obrade je realizovana na obradnom centru za struganje-glodanje marke OKUMA, oznake LB3000 EX II, koji ima četiri ose, od kojih su tri translatorne (X, Y i Z) i jedna rotaciona (C).



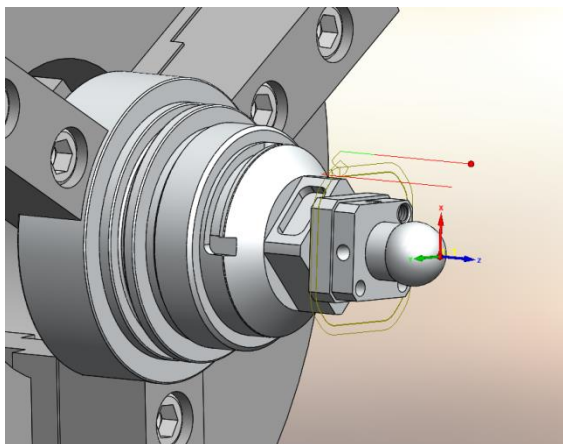
Slika 5.2 OKUMA LB3000 EX II

Zahvati aksijalnog glodanja se primenjuju pri obradi prvog i drugog kvadratnog ostrva. Obrada prvog kvadratnog ostrva izvodi se sa C osom čije vreme iznosi 34 [s], dok se obrada drugog kvadratnog ostrva izvodi sa Y osom čije vreme iznosi 1 [min] i 25 [s].

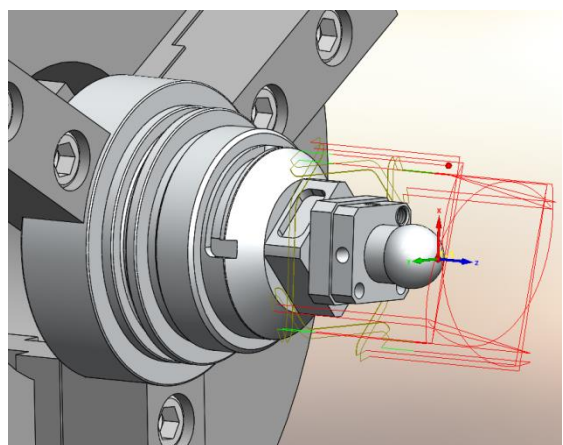
Pri zahvatu glodanja sa C osom kretanja se prevode na polarni koordinatni sistem, što znači da sve vreme obradak vrši pomoćno kretanje (rotaciju) pomoću C ose, a alat vrši pomoćno kretanje po X osi, dok Z osa služi samo za zauzimanje dubine prolaza.

Pri zahvatu glodanja sa Y osom, obradak miruje i obrada se izvodi klasičnim glodanjem. U ovom slučaju C osa služi samo da obradak dovede u radnu poziciju, nakon čega alat po Z osi zauzima dubinu prolaza i vrši obradu sa Y osom. Nakon završene prve strane, alat vrši odmicanje do sigurnosne ravni, dok se obradak rotira za 90° i

postupak se ponavlja još tri puta. Verifikacije putanja alata oba zahvata su prikazane na slikama 5.3 i 5.4.



Slika 5.3 Verifikacija putanje alata kod zahvata glodanja prvog kvadratnog ostrva



Slika 5.4 Verifikacija putanje alata kod zahvata glodanja drugog kvadratnog ostrva

6. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj rada je da se kroz izradu test komada izvrši analiza tehnoloških zahvata obrade i da se izvedu zaključci o njihovoj primenljivosti proizvodnji na osnovu vremena obrade. Nakon prve pripremne podoperacije, realizovana je druga koja se realizuje prema predviđenom tehnološkom postupku. Analizom karakteristika i njihovim poređenjem kod zahvata glodanja koji se izvode sa C i Y osom, kao i vremena obrade, izvedeni su sledeći zaključci.

Pošto se izvedene obrade aksijalnog glodanja razlikuju u pomoćnim kretanjima, odnosno različitim strategijama putanja alata, korišćeni su i različiti koordinatni sistemi (pravougli i polarni). Kada se posmatraju oba ova slučaja uočava se da se vremena trajanja zahvata obrade bitno razlikuju. Glodanje prvog kvadratnog ostrva traje 34 [s], a glodanje drugog kvadratnog ostrva traje 1 [min] i 25 [s], iz čega vidimo da glodanje prvog kvadratnog ostrva traje 51 [s] kraće, odnosno dva i po puta manje. Na osnovu analize obrađenih površina se zaključuje da u kvalitetu obrade nisu uočene nikakve razlike i zaključak je da je u ovom slučaju efikasnije izvoditi obradu sa C osom kao pomoćno kretanje.

Ovakvo poređenje nije moguće uraditi pri radijalnom glodanju, odnosno pri obradi glodanjem trećeg kvadratnog ostrva i izradi džepova, jer nije izvodljivo sa C osom kao pomoćnim kretanjem. Isto važi i za zahvat glodanja radijalnog žljeba za čiju izradu Y osa nije potrebna, što znači da se takav zahvat može izvesti i na strugu sa tri numerički upravljane ose.

Savremeni proizvodni sistemi danas su praktično nezamislivi bez primene CAD/CAM sistema. CAD sistemi su obezbedili uspešno rešavanje pitanja automatizacije u području projektovanja proizvoda, dok se primenom numerički upravljanih mašina alatki realizuje automatizacija u području izrade proizvoda. Razvojem i primenom CAM sistema danas je uspešno rešen i problem automatizacije projektovanja tehnologije za numerički upravljane mašine alatke. Automatsko generisanje NC programa primenom CAD/CAM sistema predstavlja preovlađavajući metod programiranja, koji je potisnuo ostale.

Dalje istraživanje predstavljene tematike bi moglo obuhvatiti upotrebu naprednih programskih modula CAM programskog sistema, kao i specijalizovanih softvera za optimizaciju putanje alata kroz definisanje tehnologije obrade, programiranje obradnog centra, izradu drugih radnih predmeta i analizu drugih tehnoloških zahvata obrade dostupnih na obradnim centrima za struganje-glodanje.

7. LITERATURA

- [1] Zeljković, M., Tabaković, S., Živković, A., Živanović, S., Mladenović, C., Knežev M.: *Osnove CAD/CAE/CAM tehnologija*, Univerzitetski udžbenik, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2018.
- [2] Zeljković, M., Tabaković, S., Antić, A.: *Programiranje numerički upravljanih obradnih sistema*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
- [3] Čiča, Đ., Jokanović, S.: *Programiranje numerički upravljanih mašina alatki*, Univerzitetski udžbenik, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2014.
- [4] Čiča, Đ.: *Mašine alatke*, Univerzitetski udžbenik, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2016.
- [5] Kief, H., Roschiwal, H.: *CNC-Handbuch*, Carl Hanser Verlag Munchen, 2017.

Kratka biografija:



Nebojša Mandić rođen je 1995. godine u Beogradu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti mašinstva odbranio je 2020. godine.
kontakt: mandicn95@gmail.com