

ANALIZA MOGUĆNOSTI OPTIMIZACIJE PUTANJE ALATA ZA POZICIONU PETOOSNU OBRADU NA CNC GLODALICAMA**ANALYSIS OF TOOL PATH OPTIMIZATION POSSIBILITIES FOR POSITIONAL FIVE-AXIS MACHINING ON CNC MILLING MACHINES**Čongor Varga, Slobodan Tabaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Rad predstavlja analizu mogućnosti optimizacije putanje alata na savremenim petoosnim obradnim centrima za obradu glodanjem u SolidCAM softveru sa podrškom iMachining modula u cilju smanjenja obrade, optimalne upotrebe alata i materijala, a samim tim i puno novca.

Ključne reči: Numerički upravljane mašine alatke, poziciona petoosna obrada, CAM sistemi, SolidCAM, iMachining

Abstract – The work presents an analysis of the tool path optimization possibilities on modern five - axis CNC milling machines in SolidCAM software with the support of the iMachining module in order to save time and tools, and thus a lot of money.

Keywords: CNC machine, positional five-axis machining, CAM systems, SolidCAM, iMachining

1. UVOD

Razvoj numerički upravljanih mašina alatki (NUMA) je započeo tokom drugog svetskog rata. Napredak na svim područjima vojnog i komercijalnog razvoja je bio toliko brz da se nivo automatizacije i tačnosti koji zahteva moderan industrijski svet nije mogao postići pomoću tada dostupnih konvencionalnih mašina alatki. Nakon nekoliko neuspešnih projekata američke vlade, kompanija Parsons na čelu sa Džonom Parsonom (John Parsons) i MIT (eng. Massachusetts Institute of Technology) je u periodu od 1949. do 1953. godine razvila prvu numerički upravljanu mašinu alatku (NUMA) [1]. Upravljačka jedinica ove mašine alatke omogućavala je simultano kretanje duž tri koordinatne ose, obezbeđujući zadovoljavajuću tačnost izrade radnih predmeta kompleksne geometrije sa uskim tolerancijama. Dalji razvoj na ovom polju je omogućio razvoj savremenih CNC mašina alatki kod kojih je za operacije glodanja omogućena petoosna obrada.

Radom je obuhvaćena analiza mogućnosti obrade glodanjem u savremenim SolidWorks i SolidCAM softverima. Zadatkom je obuhvaćen i postupak definisanja putanje alata i upravljačkih programa za NU obradne centre za petoosnu obradu glodanjem. Opis postupka definisanja putanje alata i upravljačkih programa je realizovan primenom programskog sistema

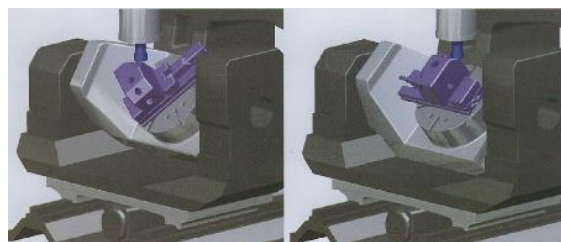
NAPOMENA:

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

SolidWorks i SolidCAM softvera, koji su u industrijskim uslovima najčešće korišćeni kompleksni CAD/CAE/CAM programski sistemi. Praktični deo rada obuhvata izradu jednog primera programiranja u softveru SolidCAM sa konvencionalnom metodom u odnosu na drugi primer koji je obrađen u SolidCAM pomoću iMachining modula za koje je potrebno opisati postupak definisanja putanja alata tokom obrade, i na kraju kritički sagledati opisanu problematiku i zaključiti šta su glavne prednosti i nedostaci automatizovanog programiranja NUMA sa pet osa konvencionalnom metodom u odnosu na iMachining obradu.

2. OPERACIJE POZICIONE VIŠEOSNE OBRADU I POSTUPCI OPTIMIZOVANJA PUTANJE ALATA

Postupci obrade za pozicioniranjem radnog predmeta pomoću indeksnog rotacionog kretanja obezbeđuju zadovoljavajuću krutost i preciznost. Drugi uobičajen naziv koji se koristi za ovakvo pozicioniranje je 2+3 obrada. Kod ovog tipa obrade, rotacione/okretne ose koriste se samo za pozicioniranje, a obrada se odvija samo sa kretanjem tri linearne ose. Ovom metodom je moguće izraditi veliki broj različitih tipova radnih predmeta i to je najosnovniji višeosni koncept. Time se obezbeđuje laka tranzicija od pozicioniranja radnog predmeta do neposredne obrade. Na slici 1 prikazano je kako se jedan deo može rezati iz različitih uglova bez otpuštanja i prepozicioniranja [2].



Slika 1. Slike koje pokazuju kako se jedan deo može rezati iz različitih uglova, bez uklanjanja iz stezanja [2]

Ovakva obrada se koristi za komplikovanije radne predmete. Ekonomski je isplativa zbog kratkog vremena pripreme mašine i upotrebe samo jednog pribora za stezanje radnog predmeta.

3. SAVREMENI CAM PROGRAMSKI SISTEMI

Princip automatizovanog programiranja NUMA se zasniva na korišćenju geometrijskog opisa priprema i

izradka dobijenih u CAD sistemima. Tako definisana geometrija proizvoda se u nekom od CAM modula obrađuje u cilju dobijanja putanje alata (CL datoteku – Cutter location data). Izbor redosleda operacija i zahvata kao i tehnoloških parametara obrade određuje tehnolog - "programer".

Nakon dobijenog NU programa (opšti oblik) potrebno je izvršiti postprocesiranje podataka za određenu upravljačku jedinicu alatne mašine. Nakon toga upravljački program je spreman za upotrebu na mašini alatki.

Osnovne funkcije CAM sistema vezane su za planiranje proizvodno-tehnoloških procesa. Među njima su [1]:

- generisanje priprema,
- generisanje i optimizacija putanja alata,
- kreiranje i korišćenje baza podataka i kataloga režima i alata,
- proračun vremena izrade,
- generisanje NC programa,
- simulacija i vizuelizacija procesa izrade,
- generisanje proizvodne dokumentacije,
- brza izrada prototipova (rapid prototyping)

Neki od najpoznatijih CAM sistema su: Catia, Cimatron, Siemens NX, Creo, SolidCAM, Mastercam, HyperMill, WorkNC [3].

3.1. SolidCAM

Danas na tržištu postoji veliki broj programskih rešenja koja omogućuju primenu i razvoj visokobrzinskih i visokoproduktivnih obrada rezanjem. Jedno od programskih rešenja koje prati trendove savremene obrade rezanjem je SolidCAM koji predstavlja zasebno rešenje u području CAM tehnologije.

SolidCAM sačinjava familija podmodula koji su napravljeni u cilju zadovoljenja potreba kako malih tako i velikih proizvodnih sistema. SolidCAM sačinjavaju 4 modula kojima se realizuju operacije obrade. To su:

- Glodanje (Milling)
- Struganje (Turning)
- Hibridne obrade (Mill-Turn)
- Elektroerozivna obrada žicom (Wire Cut).

U okviru ovih modula postoji više tehnoloških zahvata obrade, od kojih su kod glodanja najznačajnije:

- Čeono glodanje (Face)
- Profilno glodanje (Profil)
- Glodanje džepova (Pocket)
- Bušenje (Drilling)
- Glodanje navoja (Thread)
- Glodanje žljebova (Slot)
- Glodanje T-žljebova (T-Slot)...

Kod struganja su najznačajniji zahvati:

- Konturno struganje (Turning)
- Čeono struganje (Face Turning)
- Struganje navoja (Threading)
- Struganje žljebova (Grooving)...

3.1.1. Modul iMachining

iMachining je modul SolidCAM softverskog sistema koji omogućuje konstantno opterećenje reznog alata.

Smanjenje glavnog vremena obrade je moguće postići ako se poveća efikasnost skidanja materijala a to se može postići:

- Smanjenjem vremena praznih hodova, odnosno smanjenjem vremena repositioniranja alata i vraćanja u bezbednosnu ravan, cilj je da alat bude uvek u zahvatu čime se obezbeđuje konstantnost skidanja materijala, a samim tim i manje glavno vreme obrade,
- Ugrađenom optimizacionom logikom koja omogućava da se alat, ako to nije potrebno, ne vraća u bezbednosnu ravan, već da se repositioniranje alata vrši na novoj bezbednosnoj ravni koja je generisana u odnosu na već skinuti materijal,
- Povećanjem zapremine skidanja strugotine, koja se povećava povećanjem aksijalne dubine rezanja, širine rezanja i dužine strugotine.

Povećanje životnog veka alata se postiže konstantnim, umerenim mehaničkim i termičkim opterećenjima, odnosno:

- Eliminisanjem prinudnih vibracija što ima značajan uticaj na životni vek alata. Usled naglih promena sila rezanja dolazi do velikih oscilacija alata što nepovoljno utiče na postojanost alata,
- Treba voditi računa o površini rezućeg sloja odnosno treba voditi računa da zapremina materijala koja se skida bude približno, koliko to uslovi rezanja dozvoljavaju, konstantna.
- Jedan od uzroka nastajanja vibracija su i termička opterećenja. Primenom režima visokoproduktivnih obrada i putanja koje pruža iMachining, eksperimenti su potvrdili i činjenicu da se skoro 95% ukupne temperature rezanja odvodi strugotinom, a samo mali procenat odlazi u alat.
- Vibracije alata se takođe uklanjaju upotrebom mašina alatki visoke krutosti.

4. PRIMER PROGRAMIRANJE PETOOSNE NUMA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA SOLIDCAM UZ PODRŠKU MODULA IMACHINING

Cilj ovog rada je da se predhodno pomenute teorije iskoriste za izradu konkretnog radnog predmeta primenom programskog sistema SolidCAM. Pored toga, cilj predstavlja i poređenje postupka programiranja NUMA u programskom sistemu SolidCAM konvencionalnom metodom sa postupkom koji obuhvata priemnu modula iMachining. Verifikacija putanje alata je urađena u simulaciji SolidCAM-a, a G-kod je generisan sa postprocesorom za NUMA Hermle C400 (Slika 2.). Ceo obradni proces je urađen u Adi u preduzeću Termometal.

Obradni centar Hermle C400 ima sledeće karakteristike:

- pet upravljačkih osa sa hodovima 850mm za X osu, 700mm za Y osu, 500mm za Z osu i opseg

okretanja upravljačke ose A +91°/-139°, ose C 360°,

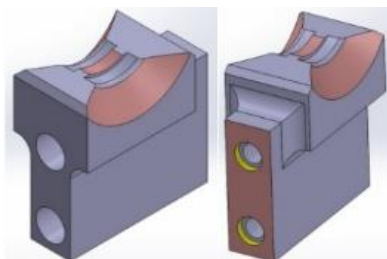
- maksimalnu brzinu vretena 15000 obr./min.,
- maksimalni brzi linearni hod 30000 mm/min,
- upravljačku jedinicu Heidenhain TNC 640,
- maksimalnu snagu vretena 20 kW,
- rotacioni sto sa steznom površinom Ø440mm i maksimalnim opterećenjem 450kg,
- maksimalni prečnik obratka Ø650mm,
- maksimalnu visinu radnog predmeta 500mm,
- magacin alata od 38 komada [4].



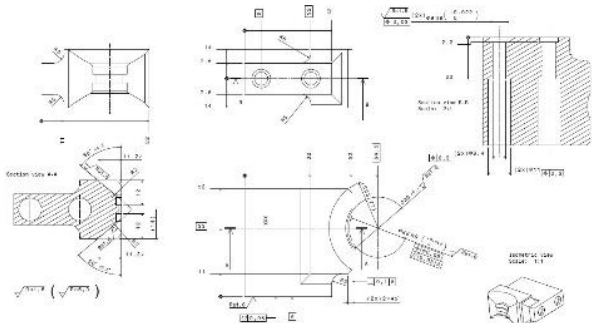
Slika 2. Petoosna CNC mašina alatka Hermle C400 [5]

Za radni predmet je izabran deo steznog pribora iz proizvodnje. Za definisanje 3D modela korišćen je programski sistem SolidWorks. 3D model radnog predmeta se nalazi na slici 3.

Za konkretni radni predmet, gabaritnih dimenzija 28x52x52mm na osnovu 2D radioničkog crteža (Slika 4.), izabran je pločasti pripremak od čelika Č.4830, 50CrV4 dimenzija 30x58x58mm.



Slika 3. 3D model obratka



Slika 4. 2D radionički crtež radnog komada

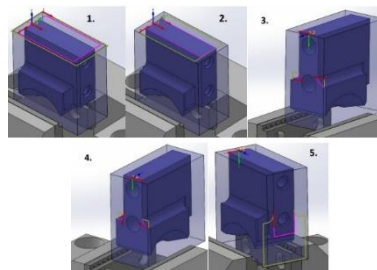
Za izradu radnog komada korišćeno je ukupno 12 alata.

5. ANALIZA REZULTATA PRIMENE OPTIMIZACIJE

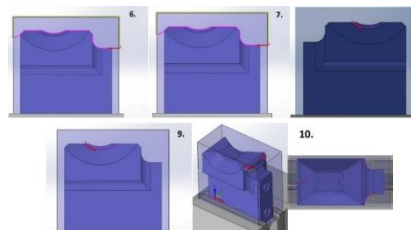
Osnovni cilj ovog rada je upoređivanje programiranja u softverskom sistemu SolidCAM sa konvencionalnom metodom u odnosu na SolidCAM pomoću primene iMachining modula.

Glavni cilj rada nije da se predstavi programiranje NUMA pomoću softverskog sistema, pa nije potrebno prikazati sve zahvate obrade. Zbog toga je potrebno izabrati

nekoliko kontura. Za upoređivanje su izabrane konture koje su navedene na slikama 5 i 6.



Slika 5. Praćene konture u prvom stezanju



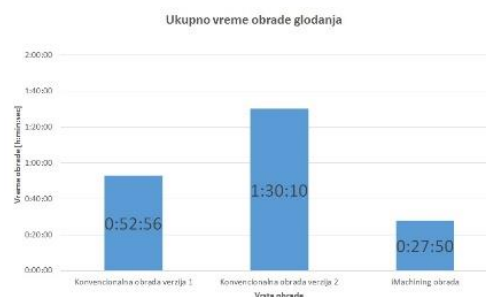
Slika 6. Praćene konture u drugom stezanju

Tehnološkim postupkom obrade predviđeno je da operacije obrade glodanjem obuhvati sledeće zahvate:

1. Obrada spoljašnje strane 1
2. Obrada spoljašnje strane 2
3. R5mm radijusa 1
4. R5mm radijusa 2
5. Obrada konture desne strane
6. Obrada gornjeg dela
7. Skidanje ostatka materijala na gornjem delu
8. R15mm radijusa 1
9. R15 mm radijusa 2
10. R5mm radijusa 3-4

5.1. Ukupno vreme obrade za petoosno glodanje pre termičkog obrade

Dobijeni rezultati ukupnog vremena obrade glodanja na CNC petoosnoj glodalici kod konvencionalnog programiranja za dve varijante i kod iMachining programiranja prikazani su u sledećem dijagramu 1:



Dijagram 1. Ukupno vreme obrade za petoosno glodanje pre termičkog obrade

Sa dijagrama se jasno vidi da iMachining programiranje daje kraće vreme obrade u odnosu na konvencionalno programiranje.

Na sledećim slikama prikazan je gotov komad (Slika 7.).



Slika 7. Gotov komad

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada jeste da utvrdi realne prednosti primene na najnovije generacije integrisanih programskih rešenja koji pružaju efikasno i brzo projektovanje tehnoloških operacija obrade uz generisanje savremenih putanja alata i automatizovano proračunavanje tehnoloških parametara.

Tema rada obuhvata analizu mogućnosti petoosne obrade glodanjem u savremenim SolidWorks i SolidCAM softverima. Praktični deo rada obuhvata izradu jednog primera programiranja u softveru SolidCAM sa konvencionalnom metodom u odnosu na drugi primer koji je obrađen u SolidCAM pomoću iMachining modula za koje je potrebno opisati postupak definisanja putanja alata tokom obrade, i na kraju kritički sagledati opisanu problematiku i zaključiti šta su glavne prednosti i nedostaci automatizovanog programiranja NUMA sa pet osa konvencionalnom metodom u odnosu na iMachining obradu.

Kod programskog sistema SolidCAM za programiranje NUMA, nova generacija programskih rešenja se zove iMachining za generisanje složenih putanja alata i automatizovano proračunavanje tehnoloških parametara obrade, smanjuje vreme projektovanja proizvodnje, a pored toga što je mnogo važnije, smanjuje glavno vreme obrade u odnosu na konvencionalno programiranje čak i do 70%. Takve strategije sigurno pomeraju svest da su konvencionalne putanje alata prošlost.

U ovom radu se ukazuje na mogućnosti ovog programskog sistema, i uz pomoć istog izradi konkretni radni predmet. Snima se vreme obrade pojedinih zahvata obrade i upoređuje se sa konvencionalnim programiranjem NUMA sa pet osa. Upoređivanje se odnosi isključivo na glavno vreme obrade, ali optimizacija ovog programskog rešenja se odnosi i na druge karakteristike obrade kao što su npr. postojanost, habanje alata, sile rezanja, mehaničko, termičko opterećenje alata, povećava se tačnost izrade jer se uklanjaju vibracije, povećava se proizvodnost i još neki parametri.

Od 3D modela radnog predmeta do gotovog radnog predmeta potrebno je proći određene faze projektovanja koje su prikazane u prethodnim poglavljima. Na osnovu dobijenih rezultata mogu se doneti sledeći zaključci:

- SolidCAM predstavlja programski sistem koji prati trendove tržišta. To dokazuje i činjenica o njegovoj obimnosti kojom pokriva veliki deo obrada skidanjem materijala.
- Pored trendova tržišta, u koraku je i sa trendovima programskih sistema. To dokazuje i činjenica da je on integrisano programsko rešenje koje je moguće „uneti“ u razna CAD rešenja. Dokaz tome su dva konkurentna CAD programska rešenja SolidWorks i AutoDesk Inventor, pri čemu je SolidCAM integrisan u oba.
- Nove strategije za putanje alata i automatizovano proračunavanje tehnoloških parametara su takođe integrisani, ovaj slučaj ne postoji ni kod jednog programskog sistema za programiranje NUMA.

- U prethodnom poglavlju dobijeni rezultati dokazuju da modul iMachining u većini slučajeva skraćuje glavno vreme obrade.

7. LITERATURA

- [1] Todorović, M.: NUMERIČKI UPRAVLJANE ALATNEMAŠINE - CAM SISTEMI. <https://www.scribd.com/doc/57986455/PROGRAMIRANJE-NUMERI%20%28%29-UPRAVLJANIH-GLODANJE-POMO%20%28U-CAM-SISTEMA> (pristupljeno u maju 2020.)
- [2] Apro, K.: Secrets of 5-Axis Machining, Industrial Press, Inc., New York, 2008.
- [3] Zeljković, M., Tabaković, S., Živković, A.: CAD/CAE/CAM i CIM sistemi (Autorizovani rukopis predavanja), Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015/2016.
- [4] Svojstva Hermle C400 mašina alatka. https://www.hermle.de/en/machining_centre_s/models/c_400_machining_centre (pristupljeno u maju 2020.)
- [5] Petoosna CNC mašina alatka - Hermle C400. https://www.google.com/search?q=hermle%20c400&tbm=isch&tbs=rimg:CY6pBpn7MTZ_1YbbHjLidqXD4&hl=hu&sa=X&ved=0CBsQuIIBahcKEwigj5aUjaDsAhUAAAAAHQAAAAAQaQ&biw=1583&bih=789#imgsrc=ZpOmHG1B0hXWQM (pristupljeno u maju 2020.)

Kratka biografija:



Čongor Varga rođen je u Senti 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodno mašinstvo – Savremeni prilazi u projektovanju proizvoda odbranio je 2020.god.
kontakt: vcsongor1995@gmail.com



Slobodan Tabaković rođen je 1974. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2008. god., a od 2018 je zvanju redovni profesor. Oblast interesovanja su Mašine alatke, Fleksibilni tehnološki sistemi i automatizacija postupaka projektovanja.