

UNIVERZITET U NIŠU

MAŠINSKI FAKULTET

**KATEDRA ZA PROIZVODNO-INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT**

DIPLOMSKI RAD
**PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH
GLODALICA POMOĆU CAM SISTEMA**

Mentor:
dr Miodrag Manić, red. prof.

Kandidat:
Stojiljković Đina
br. indeksa 5185

Niš, juli 2007. godine

SADRŽAJ

1. UVOD	6
1.1. TEMA RADA	7
1.2. CILJ RADA	7
1.3. SADRŽAJ	8
2. NUMERIČKI UPRAVLJANE MAŠINE	9
2.1. PRIMENA NUMERIČKI UPRAVLJANIH MAŠINA	17
2.2. PREDNOSTI I NEDOSTACI NUMERIČKI UPRAVLJANIH MAŠINA ALATKI..	19
2.3. STRUKTURA NUMERIČKI UPRAVLJANIHA MAŠINA ALATKI	19
2.3.1. Pogonski sistemi	21
2.3.2. Merni sistemi	22
2.4. NUMERIČKI UPRAVLJANA MAŠINA – UPRAVLJANI SISTEM	25
2.4.1. Postolja i kućišta	26
2.4.2. Klizne vođice	26
2.4.3. Sistemi za izmenu alata	27
2.4.4. Sistemi za podmazivanje	30
2.4.5. Sistemi za hlađenje	30
2.5. NUMERIČKI UPRAVLJAČKA JEDINICA	30
2.5.1. Način rada numerički upravljačke jedinice	31
2.5.2. Komandna tabla	33
2.5.3. Vrste upravljanja	34
2.5.4. Interpolacija	35
2.5.5. Proizvođači numerički upravljanih jedinica	37
2.6. SAVREMENE RAČUNAROM UPRAVLJANE GLODALICE	42
3. METODE PROGRAMIRANJA NUMERIČKI UPRAVLJANIH MAŠINA ALATKI	47
3.1. RUČNO PROGRAMIRANJE	48
3.2. STRUKTURA PROGRAMA	49
3.3. PROGRAMIRANJE U POGONU	53
3.4. PROGRAMIRANJE NUMA POMOĆU RAČUNARA	53
3.5. MODULI INTEGRISANIH CAD/CAM SISTEMA	56
4. CAM SISTEMI	62
4.1. CAM SOFTVERI	64
4.1.1. <i>MASTERCAM</i> [®]	64
4.1.2. <i>CATIA</i>	67
4.1.3. <i>Pro/ENGINEER</i>	72
5. PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH GLODALICA .74	
5.1. PROGRAMIRANJE NU GLODALICA SA UPRAVLJAČKOM JEDINICOM SINUMERIK I SHOPMILL-OM	74
5.1.1. Opis NU glodalice EMCO CONCEPT MILL 300	74
5.1.2. Opis upravljačke jedinice	77
5.1.3. Rad u programu Shop Mill	79
5.1.4. Izrada programa	85
5.2. PRIPREMA MODELA TEHNOLOŠKOG PROCESA GLODANJA KORIŠĆENJEM MODULA <i>PRO/INC</i> PROGRAMSKOG PAKETA <i>PRO/ENGINEER</i>	98
5.2.1. Izrada modela tehnološkog procesa	98

5.2.2. Izbor mašine alatke (svojstvena datoj operaciji)	103
5.2.3. Izbor koordinatnog početka operacije (M, W)	104
5.2.4. Izbor površine na koju se alat vraća između zahvata (<i>Retract Surface</i>)	105
5.2.5. Projektovanje ili definisanje zahvata (<i>NC Sequence</i>)	107
5.2.6. Stvaranje izlaznih datoteka (<i>CL Data file</i> / *.ncl / G-kod / *.tap/)	129
5.2.7. Izlazak iz programa	131
6. ZAKLJUČAK	133
7. LITERATURA	134
8. PRILOZI	135

1. UVOD

Savremeno tržište i njegova globalizacija postavlja zahteve za sve složenijim proizvodima i velikim brojem različitih varijanti projektnih rešenja, a sve to kako bi se zadovoljili specifični zahtevi krajnjeg kupca. Konkurencija na globalnom svetskom tržištu posebno je izražena u mašingradnji, aeroindustriji, autoindustriji, elektronskoj i sličnim industrijama, pri čemu se kao jedan od prioriteta postavlja zahtev za stalnim povećanjem kvaliteta proizvoda, a prati ga zahtev za smanjenjem cene, kao i smanjenjem vremena izlaska proizvoda na tržište, što je nemoguće ostvariti bez fleksibilnih proizvodnih sistema (FPS). Sa tehničko-tehnološkog aspekta, opstanak na tržištu uslovljen je stalnim uvođenjem novih tehnologija kao što su programabilna i fleksibilna automatizacija, kompjuterski integrisana proizvodnja (CIM – *Computer Integrated Manufacturing*) i novi koncepti kao što su holonički proizvodni sistemi (HSM – *Holonic Manufacturing Systems*), agilni proizvodni sistemi (AMS – *Agile Manufacturing Systems*), inteligentni proizvodni sistemi (IMS – *Intelligent Manufacturing Systems*) i sl. Uvođenje ovakvih sistema vodi u pravcu razvoja fabrika 21. veka. U oblasti projektovanja i izrade novih proizvoda i tehnologija primena kompjutera kroz uvođenje sistema kao što su kompjuterski podržano projektovanje (CAD – *Computer Aided Design*), kompjuterski podržana proizvodnja (CAM – *Computer Aided Manufacturing*), kompjuterski podržano konstruisanje (CAE – *Computer Aided Engineering*) i drugih sličnih sistema i njihova integracija kroz CIM, je imperativ u održavanju konkurentnog položaja na tržištu.

Od svoje pojave ranih šezdesetih godina prošlog veka do danas, CAD/CAM tehnologije su imale i imaju neizmeran uticaj na razvoj proizvoda. Oko 75 % proizvodnih kompanija u SAD i preko 80% kompanija u Nemačkoj, koja se smatra jednom od vodećih ekonomskih sila ujedinjene Evrope, koriste implementirane CAD/CAM tehnologije. Kao rezultat ovog uticaja CAD/CAM tehnologije smatraju se najvećim inženjerskim dostignućem u 20. veku, a sigurno je da će se njihov razvoj nastaviti i u budućnosti.

Uz primenu računara danas se izvodi projektovanje proizvoda, inženjerski proračuni i analize, projektovanje tehnološkog procesa (CAPP – *Computer Aided Process Planning*), upravljanje informacijama (EDM – *Engineering Data Management*, PDM – *Product Data Management*), uopšte, kompletna proizvodnja je integrisana i podržana računarom. Naime, u razvijenim zemljama je nezamislivo vratiti se na način proizvodnje od pre samo nekoliko godina.

Razvoj novih sredstava, kako softverskih i hardverskih, tako i razvoj mašina i robota, kao i njihovo usavršavanje, ima za cilj i da se smanji direktno angažovanje čoveka u procesima rada. Njihovom primenom u procesu proizvodnje oslobađa se ljudska snaga kao izvor energije i čovek kao izvršilac određenog rada, a ulogu izvora energije i neposrednog izvršioca rada preuzima mašina.

Razvijajući ova sredstva, čovek razvija i njihove sisteme upravljanja. Sistemi upravljanja treba da ga zamene u upravljanju mehanizmima i mašinama. Mašine i proces izrade se tako automatizuju, čime se menja i uloga čoveka u procesu proizvodnje: čovek od izvršioca postaje organizator i kontrolor radnog procesa. Sve ovo omogućuju određeni sistemi upravljanja mašinama. Time se ostvaruju procesi izrade delova sa unapred zadatim operacijama, bez učešća čoveka. Čovek ne upravlja svim pokretima, svim radnjama, nego kao organizator rada zadaje mašini određeni program rada koji ona samostalno obavlja. Mere koje omogućuju da se neki proces sa određenim operacijama realizuje samostalno, bez učešća

čoveka, a koji se može ponavljati i više puta, određuju stepen automatizovanosti mašina. Ako se zna broj automatizovanih funkcija mašine i ukupan broj funkcija mašine, njihov odnos određuje stepen automatizovanosti mašine. Prema tome vrši se gruba podela automatizovanosti mašine na sledeći način:

- osnovni ili prvi nivo automatizovanosti mašine je izvršavanje zadatih informacija (mehanički automati, mašine sa kontaktnim ubađanjem kao i mašine sa kopirnim sistemom upravljanja);
- srednji ili drugi nivo je prenošenje i izvršavanje zadatih informacija (numerički upravljane mašine koje pored izvršavanja i prenose određene informacije);
- viši ili treći nivo je stvaranje, prenošenje i izvršavanje informacija (numerički upravljane mašine koje imaju potpuno ili delimično upravljanje u sprezi sa računarom).

Upravljanje mašinom alatom pomoću unapred pripremljenog programa poznato je kao numeričko upravljanje (NC - *Numerical Control*). Klasične, standardne ili konvencionalne mašine alatke, koje su dopunjene specijalnim motorima, senzorima i upravljačkim jedinicama predstavljaju numerički upravljane mašine alatke (NUMA).

1.1. TEMA RADA

Tema ovog diplomskog rada je programiranje numerički upravljanih glodalica pomoću CAM sistema. U petom odeljku data su dva primera programiranja NU glodalica. Kako bi se tema što više približila čitaocu u drugom, trećem i četvrtom delu opisane su numerički upravljane mašine alatke, metode njihovog programiranja i CAM sistemi, pri čemu je akcenat stavljen na NU glodalice.

1.2. CILJ RADA

Iako je ostvaren veoma visok nivo primene informatičkih tehnologija u proizvodnom mašinstvu kada su u pitanju projektovanje proizvoda, inženjerski proračuni i analize, u oblasti projektovanja CNC tehnologija (*Computer Numerical Control*) kvalitet NC programa još uvek zavisi u velikoj meri od znanja i iskustva tehnologa. Putanja alata se pri obradi prostorno složenih površina automatski generiše primenom CAD/CAM sistema. Međutim, vrste obrade, redosled operacija, alate i režime obrade određuje tehnolog u okviru širokog spektra različitih mogućnosti izbora. Sama struktura NC programa, zahteva da se tehnološki parametri definišu redosledno, a da se pokazatelji tehnološkog procesa (vreme obrade, stepen iskorišćenja obradnih centara, iskorišćenje zadate postojanosti alata, količina alata, itd.) sagledavaju na kraju izrade CNC programa. Poseban problem za tehnologe predstavlja izrada CNC programa, koji ima unapred definisan neki izlazni parametar, kao npr. vreme obrade. On se izuzetno komplikuje, u slučaju kada se traži izrada CNC programa za grupu različitih delova, koji se izrađuju u različitim serijama i istovremeno obrađuju u fleksibilnom proizvodnom sistemu, na više obradnih centara sa datim stepenom iskorišćenja, a u ukupno zadatom vremenu.

Cilj ovog diplomskog rada je da se na primeru numerički upravljane glodalice pokažu mogućnosti koje pruža numeričko upravljanje mašinama i njegove (neuporedive) prednosti u odnosu na izradu delova na konvencionalnim mašinama. Međutim, sa druge strane videće se da projektant danas, da bi koristio sve postojeće alate, potencijal i mogućnosti CNC tehnologije, mora da raspolaže znatno većim znanjem nego što je raspolagao pre samo par godina.

1.3. SADRŽAJ

Diplomski rad je podeljen u osam celina, od kojih je prvi deo sa uvodnim razmatranjima u kojima su dati osnovni pojmovi i njihove skraćenice koje su vezane za temu i javljaju se u daljem tekstu.

U drugom delu rada opisane su NUMA, njihova primena, prednosti, nedostaci i struktura. Opisana je i numerički upravljačka jedinica (NUJ) kao posebna celina obradnog sistema. Dat je, takođe, i kratak opis savremenih računarom upravljanih glodalica, kao i imena nekih najpoznatijih svetskih proizvođača ovih mašina.

U trećem delu opisane su metode programiranja NUMA, struktura programa, kao i moduli integrisanih CAD/CAM sistema.

Četvrti deo su CAM sistemi. Dat je opis i primena CAM sistema, kao i primeri nekih najpoznatijih CAM sistema koji se danas koriste u svetu.

U petom delu urađeni su primeri programiranja NU glodalica. Prvi primer je programiranje u Shop Mill-u sa upravljačkom jedinicom SINUMERIK, a drugi primer je priprema modela tehnološkog procesa korišćenjem modula Pro/NC softverskog paketa Pro/Engineer. Detaljno su opisani koraci programiranja potkrepljeni slikama izgleda interfejsa tokom programiranja.

U ostalim delovima dati su zaključak, literatura i dodaci (prilozi, crteži i td).



Slika 1. Izgled numerički upravljačke jedinice sa panelom

6. ZAKLJUČAK

Da bi se položaj domaće industrije prerade metala na svetskom tržištu izmenio u smislu ostvarivanja konkurentnog položaja, neophodno je uvođenje savremenih CAD/CAM/CNC sistema. Parametarsko modeliranje i integracija koja je ostvarena kod savremenih CAD/CAM sistema pruža mogućnosti domaćoj industriji za brže i efiksnije uvođenje savremenih tehnologija tipa CAD/CAM/CNC i postizanje odgovarajućeg tehnološki kompatibilnog i konkurentnog nivoa za izvoz i kooperaciju na svetskom tržištu.

Efikasna eksploatacija savremenih tehnoloških sistema se ne može zamisliti bez primene računara i CAD/CAM/CAE programskih sistema najnovije generacije. Osnovni razlozi za to su brzina i kvalitet projektovanja i izrade proizvoda što su neophodni preduslovi za njegov uspešan vek na tržištima modernog sveta. Pri tome se kao uzor proizvodnje u budućnosti najčešće pominje koncepcija računarom integrisane proizvodnje (CIM), koja obuhvata integraciju svih aktivnosti primenom računara u proizvodnom procesu, počev od faze planiranja do realizacije proizvoda, uključujući i primenu najsavremenijih Internet i Intranet komunikacija između učesnika u tom procesu.

Jedan od važnih segmenata tako koncipiranog proizvodnog procesa predstavlja i proces automatizovanog programiranja, odnosno automatizovane izrade upravljačkih programa za upravljanje numerički upravljanim mašinama alatkama, što se realizuje primenom CAM programskih sistema. Pri tome se, i pored njihove savremenosti, ne smeju da zanemare greške koje mogu nastati u procesu izrade upravljačkih programa. Iako su u većini slučajeva te greške zanemarljive, prilikom generisanja složenih krivolinijskih putanja alata one mogu postati izražene i izazvati pojavu škarta - i pored dobro definisanih tehničko-tehnoloških parametara procesa. Analize matematičkih procedura ugrađenih u programske sisteme za automatizovano programiranje numerički upravljanih mašina alatki s ciljem aproksimacije krivolinijskih putanja omogućuju korisnicima da steknu uvid u tačnost i mogućnosti CAM programskih sistema i da korekcijom pojedinih parametara dobiju putanju alata "optimalne tačnosti", pri čemu su parametri optimizacije dužina upravljačkog programa i dozvoljeno odstupanje od oblika obrađene površine, koji se na taj način dobijaju. To je veoma važno kod izrade kompleksnih delova sa zahtevima za povišenom tačnošću kakvi se veoma često javljaju u autoindustriji, avioindustriji, proizvodnji kalupa za livenje i sl.

Neosporna je činjenica da su, do sada razvijeni, CAE (*Computer Aided Engineering*) softverski alati izazvali pravu revoluciju u razvoju proizvoda. Ipak, složenost proizvoda sve više raste, njihov razvoj postaje sve kompleksniji, pa treba tražiti nova softverska rešenja koja će u budućnosti moći da pokriju širok spektar aktivnosti vezanih za razvoj proizvoda.

Kada se govori o budućem razvoju *Computer Aided* tehnologija, mora se konstatovati i sledeća činjenica: za hardverski deo je dosta teško dati neku posebnu procenu, pošto je u tom delu, u poslednje vreme, napredak najizraženiji, pa se više ne postavlja pitanje ni brzine, ni veličine memorije i diska. U softverskom delu, to pokazuju i provedene analize većeg broja literaturnih naslova, osnovna namera je razvoj Inteligentnih CA sistema (ICA).

Intelligentni sistemi ubrzo će dobiti široku primenu kako u proizvodnji, tako i u svim segmentima našeg života. U poslednje vreme razvijena je i teorijska postavka koncepta kompletnih inteligentnih fabrika.

Međutim, važna je činjenica da ipak čovek, još uvek, programira mašine i kontroliše ishod proizvodnog procesa. Dokle će tako biti već danas je teško reći.

7. LITERATURA

1. Devedžić G.; *Softverska rešenja CAD/CAM sistema*, Kragujevac, 2004.
2. Manić M., Spasić D.; *Numerički upravljane mašine*, Niš, 1998.
3. Fitzpatrick M.; *Machining and CNC technology*, McGraw-Hill, 2005.
4. Wengel J., Gunter L.; *Contrasting Modernisation Strategies in Germany and the USA*, Bulletin Innovation in Manufacturing survey, No 23, 2001.
5. Internet prezentacije:
<http://www.sea.siemens.com/Industry>
<http://www.cadam.com>
<http://www.3ds.com/home/>
<http://www.ptc.com/>
<http://www.emco.at/index.php>
<http://www.mastercam.com/>
<http://www.fanuc.co.jp/en/product/fa.htm>
<http://www.delcam.com>
<http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/cad-cam-software-64377.html>
<http://www.directindustry.com/tab/cnc-control-unit.html>