

CODEN STJSAO  
ZX470/1538ISSN 0562-1887  
UDK 621.941:621.9-52:004.896

# Implementacija CAD/CAM sustava u virtualnoj simulaciji automatiziranog tokarskog obradnog centra

Nikola VITULIĆ, Zoran JURKOVIĆ  
and Mladen PERINIĆ

Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci (Faculty of Engineering, University of Rijeka),  
Vukovarska 58, HR-51000 Rijeka,  
Republic of Croatia

nikola.vitulic@yahoo.com

## Ključne riječi

CAD/CAM  
NC programiranje  
Postprocesor  
Simulacija  
Tokarski obradni centar

## Keywords

CAD/CAM  
NC programming  
Postprocessor  
Simulation  
Turning center

Received (primljeno): 2010-12-01

Accepted (prihvaćeno): 2011-25-07

## 1. Uvodna razmatranja

Od samog početka strojne obrade u industriji teži se povećanju produktivnosti, točnosti obrade i smanjenju vremena izlaska proizvoda na tržište. Težnja da se i složeniji proizvodi izrade brže, kvalitetnije i efikasnije dovela je do intenzivnog razvoja i primjene softverskih rješenja. Upravo CAD/CAM softverska rješenja, kao napredni alat u fazi razvoja proizvoda i njegove izrade, predstavljaju najznačajnije i najintenzivnije promjene koje su našle svoj put do široke industrijske primjene posebice u posljednjem desetljeću. 3D modeliranje povezano sa tehnologijom i simulacijom izrade zahtijevaju nova znanja djelatnika gdje sa odgovarajućom proizvodnom opremom stvaraju uvjete za globalnu konkurentnost.

Ovaj rad bavi se implementacijom naprednog CAD/CAM sustava u virtualnu simulaciju automatiziranog tokarskog obradnog centra. Ovaj sustav se koristi na

Stručni rad

U svim područjima poslovanja postoji potreba za pohranom, razmjenom i obradom informacija čim brže i sigurnije. Onaj koji je u stanju bolje se nositi s ovakvim zadacima stvara uvjete za povećanje svoje produktivnosti, smanjenje vremena izlaska proizvoda na tržište, kao i izbjegavanje prekomjernih poslova čime postaje konkurentniji. Ovaj rad se bavi implementacijom naprednog CAD/CAM sustava i simulacijskih alata koji se koriste na Zavodu za industrijsko inženjerstvo i management za projektiranje procesa obrade i alata. Opće prednosti korištenja CAD/CAM kao i primjena SolidCAM softvera objašnjene su na primjeru stvarnog proizvodnog okružja. Rad prikazuje virtualne simulacije i verifikacije obrade na automatiziranom tokarskom obradnom centru s novim definiranim postprocesorom za upravljački sustav EltroPilot i daje pregled pregled trenutnog stanja kod konvencionalnog NC programiranja kao i Step-NC.

## Implementation of CAD/CAM System in Virtual Simulation of Automated Turning Center

Professional paper

All areas of business have the need to store, exchange and process information as fast and secure as possible. The one who is able to handle these tasks best is considered to increase his productivity, reduce time to market, avoid redundant work and thus become more competitive. This paper deals with implementation of the advanced CAD/CAM system and simulation tools which are used at the Department of Industrial Engineering and Management for design of machining processes and tools. The common benefit of using CAD/CAM has been explained with application of SolidCAM software in a real manufacturing environment. Virtual simulation and verification of machining tasks on the automated turning center with new defined postprocessor for EltroPilot control system have been presented. The current state of conventional NC programming and Step-NC have been also presented.

Zavodu za industrijsko inženjerstvo i management, Tehničkog fakulteta u Rijeci za projektiranje, analizu i optimizaciju procesa strojne obrade.

## 2. Pogodnosti korištenja naprednog CAD/CAM sustava

Tehnologija koja stoji iza kratica CAD i CAM poznata je još od 1965. godine. Te kratice predstavljaju (CAD) Computer-Aided Drafting ili Computer-Aided Design (Računalno Potpomognuto Crtanje/Dizajniranje) i (CAM) Computer-Aided Manufacturing (Računalno Potpomognuta Proizvodnja). CAD obuhvaća sve zadatke uključene u izradu podataka o proizvodu kako što su tehnološki nacrti, popisi dijelova proizvoda i grafički modeli proizvoda. CAM podrazumijeva izradu tehnoloških i upravljačkih podataka u proizvodnji

**Oznake/Symbols**

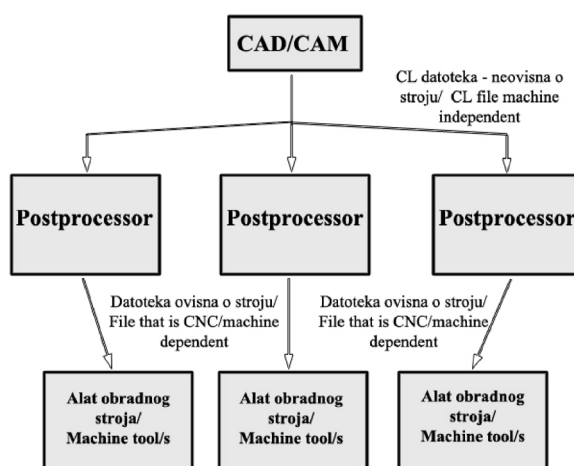
<i>CAD</i>	- računalno potpomognuto dizajniranje - computer-aided design	<i>NC</i>	- numeričko upravljanje - numerical control
<i>CAM</i>	- računalno potpomognuta proizvodnja - computer-aided manufacturing	<i>CNC</i>	- računalno numeričko upravljanje - computer numerical control
<i>G-kod</i>	- programski jezik za upravljanje CNC stroja - programming language for control CNC machine	<i>Step-NC AP-238</i>	- implementacija STEP-NC ISO 14649 standarda - implementation of STEP-NC ISO 14649 standard
<i>CL</i>	- pozicija alata - cutter location		

kao što su: tehnologija obrade, planovi stezanja, popis alata i parametara obrade, te izrada i verifikacija NC programa [1-4]. Kombinacijom CAD i CAM alata u CAD/CAM sustavu dobije se napredan sustav koji je u mogućnosti povećati efikasnost rada. Na Slici 1 vidi se protok informacija u CAD/CAM sustavu programiranja obradnih strojeva. SolidWorks/SolidCAM je jedno takvo napredno CAD/CAM rješenje. Pogodnost korištenja ovih alata je u tome kad se jednom napravi dizajn proizvoda, on se može provjeravati, te izvoditi virtualna simulacija obrada. Simulacijom obrade dobivaju se vremena obrade koja su vrlo važna u planiranju proizvodnje, te NC program, kao konačni cilj, za određeni obradni centar i njegovu upravljačku jedinicu.

### 3. Razvoj programiranja NC strojeva

Postoje različiti pristupi programiranja NC strojeva, a neki su detaljnije prikazani na Slikama 2, 3 i 4. Na Slici 2 prikazan je tok informacija pri CAD/CAM sustavu programiranja [5]:

- programiranje na temelju virtualnog 3D modela,
- poznavanje tehnologije obrade,
- pretvaranje CL datoteke u NC datoteku pomoću postprocesora,
- potreban definiran postprocesor za određenu upravljačku jedinicu.



Slika 2. Dijagram CAD/CAM programiranja [5]

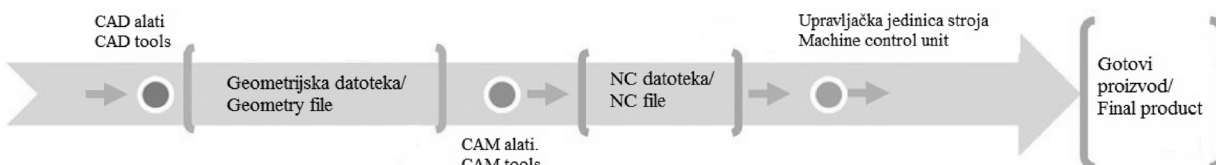
Figure 2. Diagrams of CAD/CAM programming [5]

Slika 3 prikazuje tijek ručnog programiranja [4]:

- programer ručno piše NC program,
- potrebno znanje programiranja,
- programiranje jednostavnijih dijelova.

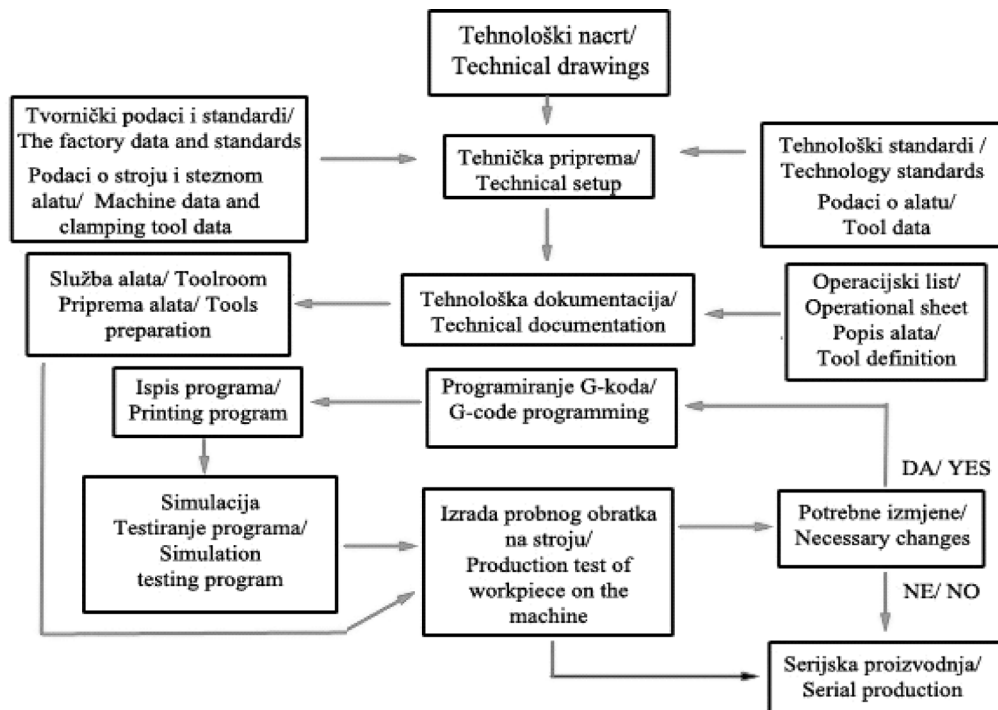
Teach-in programiranje:

- ručno vođenje stroja i spremanje pozicija alata u upravljačku jedinicu stroja,
- za male serije (10-20 kom),
- nije potrebno znanje programiranja.



Slika 1. Tok informacija kod CAD/CAM sustava

Figure 1. Information flow in CAD / CAM system



Slika 3. Proces ručnog programiranja [4]  
Figure 3. Manual programming procedure [4]

Slika 4 prikazuje grubi tok informacija kod STEP-NC programiranja koji je trenutno u fazi istraživanja i testiranja.

STEP NC programiranje [5]:

- izbacivanje postprocesora iz uporabe,
- programiranje na temelju virtualnog 3D modela,
- unošenje parametara obrade,
- unos AP-238 datoteke direktno u upravljačku jedinicu stroja.

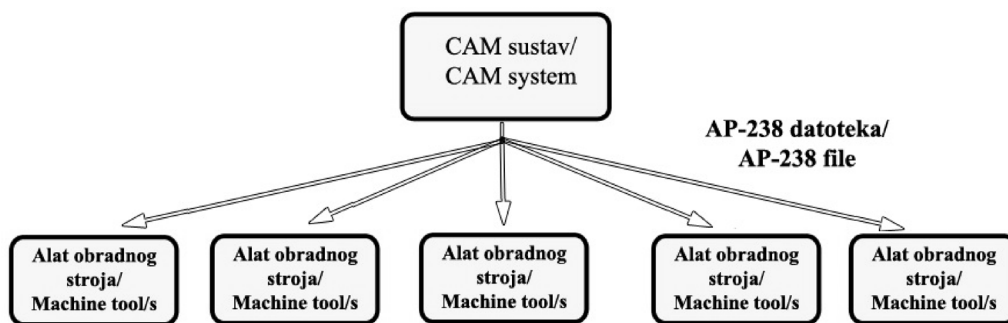
#### 4. SolidCAM i SolidWorks potpuno integrirani CAD/CAM sustav

SolidCAM je integriran u SolidWorks-ovo CAD sučelje. Podržava programiranje CNC obradnih centara: glodanje

do simultano 5-osi, tokarenje sa više nosača alata i suprotnim vretenom te pogonjenim alatima, erodiranje žicom sa 2+2 osi. Integracija SolidCAM-a u SolidWorks-ovom okružju omogućava jednostavniju CAD/CAM komunikaciju nužnu za kvalitetnu i brzu razmjenu podataka, što praktično podrazumijeva da bilo kakva promjena SolidWorks modela rezultira automatskim osvježavanjem podataka definiranih CAM operacija [5].

Napredna CAM-Inteligencija [6] podrazumijeva:

- SolidCAM podržava baze znanja u obradi kroz prilagodljive predloške parametarskih procesa
- SolidCAM modul automatski raspoznaje i (AFRM) automatizira obradu dijelova.
- u bilo kojem stadiju proizvodnog procesa, SolidCAM omogućuje jake funkcije prikaza, analize i obrade ostatka materijala.



Slika 4. Dijagram STEP-NC programiranja [5]

Figure 4. Diagrams of STEP-NC programming [5]

- realistična verifikacija za 2D simulaciju, solid verifikaciju i simulacija stroja.
- jaka detekcija kolizije uključujući stege, škripce i pritezače.
- jaki i fleksibilni postprocesori, lako prilagodljivi korisnicima.

Osim programiranja CNC alatnih strojeva ovaj integrirani sustav pruža mogućnosti konstrukcije i izrade nacrta proizvoda u SolidWorksu.

## 5. Programiranje i virtualna simulacija obrade u SolidCAM sustavu

Pojavom CAM sustava za NC programiranje ručno programiranje polako odlazi u zaborav. Jednostavnost, mnoštvo korisnih alata i funkcija CAM sustav čine nezaobilaznim u programiranju i simulaciji obrade proizvoda na alatnim strojevima. Kroz prikaz virtualne simulacije i verifikacije obrade na automatiziranom tokarskom obradnom centru ukratko je pokazan proces izrade NC programa korištenjem SolidCAM softvera.

Današnji CAM sustavi da bi izradili NC program moraju imati definiran postprocesor koji se izrađuje za svaki alatni stroj zasebno. Postprocesor ima funkciju pretvaranja CL datoteke (engl. cutter location file) u NC datoteku u obliku G-koda.

```
@pre_processor
;Internal parms
machine_type           = TURNING
post_processor         = GILDEPL2
gpp_file_ext          = NC

;Machine Initialize
machine_plane          = XY
z_with_xy              = N
mac_axes               = XYZ
num_axes               = 4
num_simult_axes        = 2
abs_coord              = N
rotate                 = Y
mirror                 = N
variables              = N
loops                  = Y

;Program numbers
prog_num_min           = 1000
prog_num_max           = 8999
prog_num_dflt          = 5000
get_prog_num           = Y
proc_num_min           = 1
proc_num_max           = 8999
proc_num_dflt          = 5001
get_proc_num           = Y
```

Slika 5. Machine.mac datoteka Pre-processor-a  
Figure 5. Machine.mac file of the Pre-processor

Za potpuno definiranje postprocesora u SolidCAM softveru koristi se GPPTool alat koji omogućuje modificiranje potrebnih (machine.mac i machine.gpp) datoteka. Machine.mac datoteka definira pre-processor-ove parametre koji utječu na putanju alata unutar SolidCAM-a (Slika 5), dok machine.gpp definira post-processor-ove parametre koji utječu na način transformiranja putanje alata u G-kod (Slika 6) [2,6].

```
@start_of_file
; before tools definition
{'%'program_number}
;{NL}
; {nb,'G90 G95 G00'}
; {nl,'N5 G00 X-600 M08'}
; blknum = 6
endp

;-----

@start_program
; after tools definition
endp

;-----

@end_program
endp

;-----

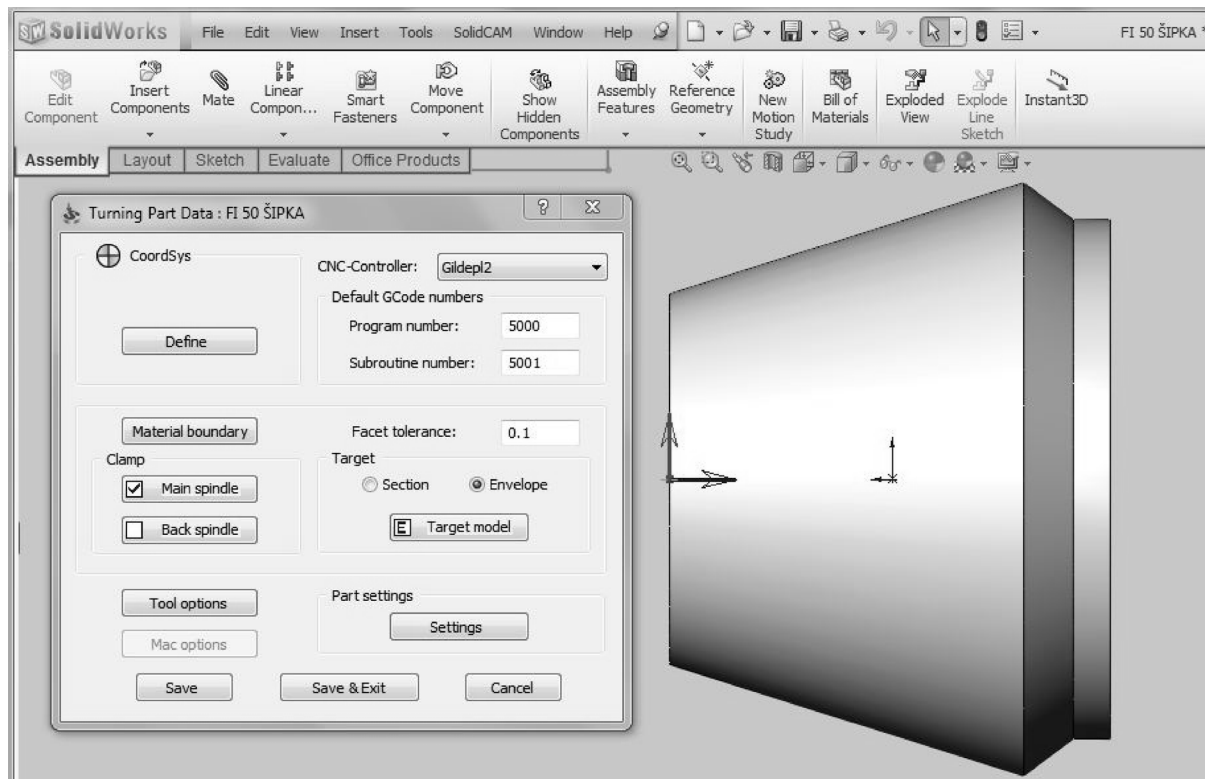
@end_of_file
gcode_s = 40
ggcode = true
if save_spin_unit <> 0
spin = (1000 * spin)/3.14/(xx * 2)
spin_unit = rpm
; call @feed_spin
spin_unit = css
endif
{nb, 'G14 Q0'}
{nb, 'M30'}
endp
```

Slika 6. Machine.gpp datoteke Post-processor-a  
Figure 6. Machine.gpp file of the Post-processor

Nakon pripremljenog postprocesora može se pristupiti CAM programiranju. Zato je potrebno imati pripremljen 3D model izratka koji će se obraditi na odgovarajućem alatnom stroju.

U kratkim koracima prikazan je postupak programiranja:

- definiranje koordinatnog sustava po kojemu se vodi obrada,
- definiranje ulaznog materijala za obradu,
- definiranje pozicije stezanja vretena,
- definiranje gotovog modela za obradu,
- vrstu upravljačke jedinice za koju imamo
- definirani postprocesor.



Slika 7. SolidCAM sučelje za definiranje osnovnih parametra  
 Figure 7. SolidCAM interface for defining the basic parameters

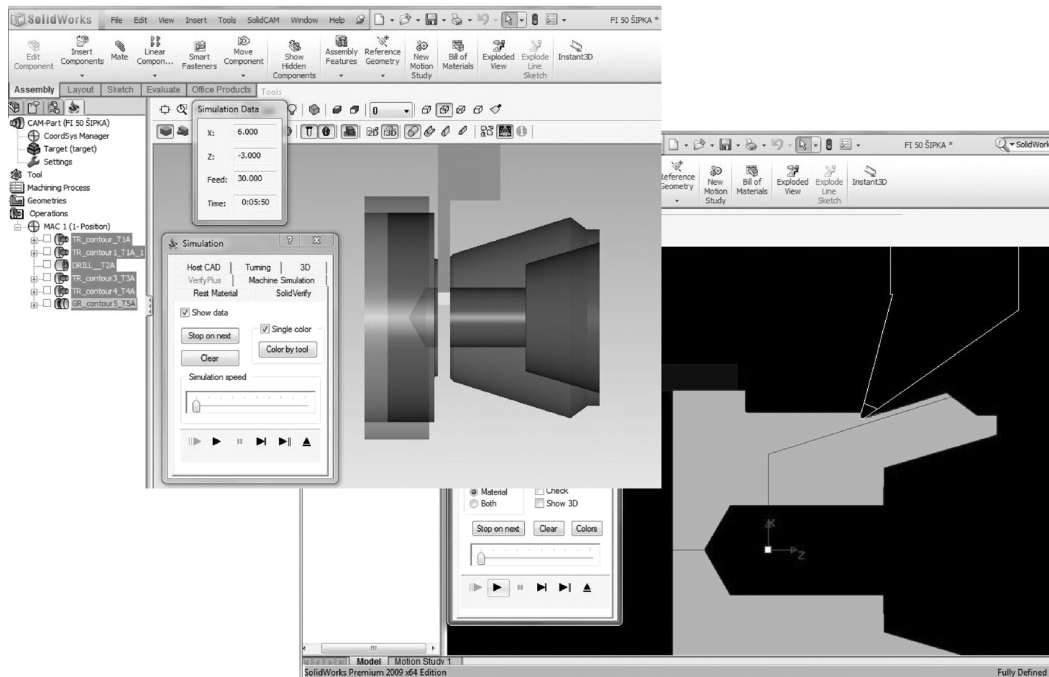
```
%5003
$1 N10 V {!=(-----)}
$1 N15 V {!=(CELO - TURN)}
$1 N20 V {!=(-----)}
$1 N25 G0 X280 Z200.
$1 N30 M01
$1 N35 T01
$1 N40 G96 G95 S250 F0.1
$1 N45 G0 X46 Z3.
$1 N50 G0 X46 Z1.646
$1 N55 G1 X46 Z-0.323
$1 N60 G1 X45.938 Z-0.323
$1 N65 G1 X40.978 Z0.117
$1 N70 G2 X29.637 Z1. R135.233
$1 N75 G1 X25.672 Z1.265
$1 N80 G0 X25.672 Z3.265
$1 N85 G0 X45.938 Z3.265
$1 N90 G0 X45.938 Z-1.339
$1 N95 G1 X40.63 Z-0.868
```

Slika 8. NC program spreman za upravljačku jedinicu EltroPilot

Figure 8. Ready NC program for CNC control EltroPilot

Nadalje potrebno je definirati konture za obradu, te kako to postići, kojim alatima i kojim parametrima rezanja. Na Slici 7 prikazano je sučelje za definiranje osnovnih podataka prije samog procesa programiranja. Plan obrade ovisi o projektiranoj tehnologiji i iskustvu tehnologa. Tehnolog za definirane konture obrade iz biblioteke alata, koju stalno nadograđuje, odabire alat te definira parametre rezanja, uvjete i način obrade. Nakon upisivanja potrebnih podataka za svaku operaciju tehnolog može virtualno provjeriti cijeli postupak obrade i tako izbjeći moguće kolizije u procesu obrade (Slika 9).

Konačni rezultat cijelog procesa je NC program. Primjer jednog takvog NC programa prikazan je na Slici 8, za konkretni primjer obrade na automatskom tokarskom obradnom centru Gildemeister GAC 65 i definiranoj upravljačkoj jedinici Eltro Pilot.



**Slika 9.**  
Verifikacija  
i simulacija  
obrade

**Figure 9.**  
Verification  
and simulation  
of machining  
process

## 6. Zaključak

Ovaj rad imao je za cilj prikazati implementaciju naprednog CAD/CAM sustava i simulacijskih alata koji se koriste na Zavodu za industrijsko inženjerstvo i management za projektiranje procesa obrade i alata. Opće prednosti korištenja CAD/CAM kao i primjena SolidCAM softvera objašnjene su na primjeru stvarnog proizvodnog okružja. Rad prikazuje virtualne simulacije i verifikacije obrade na automatiziranom tokarskom obradnom centru s novim definiranim postprocesorom za upravljačku jedinicu EltroPilot. Dodan je i osvrt na postupke programiranja, te su naznačene i njihove glavne karakteristike.

## LITERATURA

- [1] HANS B. KIEF: *CNC for industry*, Hanser Gardner Publications, 2000.
- [2] SIVONČIK, K.: *Iskustvo s uvođenjem CAM u metaloprerađivačkoj industriji*, Strojarstvo 35(1993) 3, 151-155.
- [3] AHMED, S.: *Podrška konstruktorima u procesu konstruiranja*, Strojarstvo 49(2007) 1, 47-53.
- [4] BLAŽEVIĆ, Z.: *Programiranje CNC tokarilice i glodalice*, Virovitica 2004.
- [5] WOODS, S.: *Stepin' Out*, Cutting Tool Engineering 58(2006) 4.
- [6] VITULIĆ, N.: *Instalacija, priprema i puštanje u pogon automatske tokarilice Gildemeister GAC 65*, završni rad, Tehnički fakultet, Rijeka 2010.