

Operacijski list namijenjen konverzacijskom i CAD/CAM programiranju CNC strojeva u obrazovanju

Operation Sheet Intended for Conversational and CAD / CAM Programming of CNC Machines in Education

Marijan Horvat
Tehnička škola Čakovec
Športska 5, 40 000 Čakovec
e-mail: marijan.horvat@skole.hr

Sadržaj: *Uvođenjem konverzacijskog i CAD/CAM programiranja CNC strojeva u strukovne škole Republike Hrvatske nameće se potreba revizije postojećih dokumenta koji su se primjenjivali u dijelu tehnološke dokumentacije. Operacijski list, plan stezanja, plan rezanja, plan alata i programski list kao sastavni dio tehnološke dokumentacije koja se do sada primjenjivala prilagođen je takozvanom ručnom programiranju kod kojeg alat izvodi putanju koja je potpuno definirana planom rezanja. U ovom radu predlaže se nova koncepcija tehnološke dokumentacije integracijom plana stezanja i plana rezanja u operacijski list i promjenom njegove strukture. Plan alata o dalje može ostati zasebni dokument. Novi koncept operacijskog lista sadrži važne tehnološke informacije vezane za režime rada i strategije preoblikovanja te sadrži crteže koji dodatno pomažu programeru kod izrade CNC programa. U dijelu pripreme radnog mjesta crtež prikazuje plan stezanja, dok kod operacija/zahvata crtež prikazuje izgled predmeta nakon preoblikovanja. Ovako koncipirana dokumentacija i dalje zadržava prijašnji princip učenja koji se zasniva na pripremi i organizaciji, a tek onda izradi, odnosno realizaciji procesa preoblikovanja na CNC stroju.*

Ključne riječi: *operacijski list, konverzacijsko programiranja, CNC stroj, CAD/CAM tehnologija*

Abstract: *The introduction of conversational and CAD / CAM programming of CNC machines in vocational schools of the Republic of Croatia imposes the need to revise the existing documents that were applied in the part of technological documentation. The operating sheet, clamping plan, cutting plan, tool plan and program sheet as an integral part of the technological documentation used so far are adapted to the so-called manual programming in which the tool performs a path that is fully defined by the cutting plan. This paper proposes a new concept of technological documentation by integrating the clamping plan and the cutting plan into the operating sheet and changing its structure. The plan of the tool can further remain a separate document. The new worksheet concept contains important technological information related to operating modes and transformation strategies, and contains drawings that further assist the programmer in creating CNC programs. In the part of preparation of the workplace, the drawing shows the clamping plan, while in operations / procedures the drawing shows the appearance of the object after reshaping. The documentation conceived in this way still retains the previous principle of learning, which is based on the preparation and organization, and only then the development, ie realization of the transformation process on the CNC machine.*

Key words: *operating sheet, conversational programming, CNC machine, CAD/CAM technology*

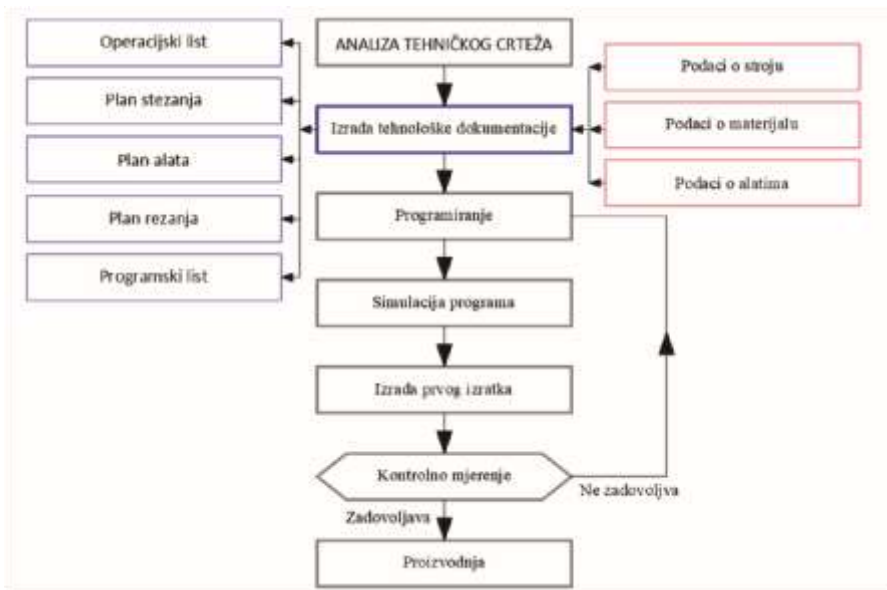
1 . Uvod

Obrada skidanjem strugotina, kao još uvijek dominantan način preoblikovanja metalnog sirovca, danas se najčešće realizira upotrebom računalom upravljanih strojeva, tzv. CNC strojeva (engl. *Computer Numerical Control*). Nakon Domovinskog rata i prijelaza na tržišnu privredu započinje značajna primjena CNC strojeva u malim i srednje velikim tvrtkama u Republici Hrvatskoj. Na početku se implementiraju rabljeni CNC strojevi dok se u kasnijim fazama sve više kupuju novi, suvremeni CNC strojevi. Od 2004. godine više strukovnih škola u Republici Hrvatskoj opremljeno je modernim, edukacijskim CNC strojevima, simulatorima i obrazovnim materijalima koji su bazirani na dobrim praksama zapadnih zemalja, a posebno Republike Austrije i Savezne Republike Njemačke. Organiziran je sustav usavršavanja strukovnih nastavnika. Uvođenjem novog strukovnog kurikuluma Obradivač na numerički upravljanim alatnim strojevima (skraćeno NUAS) i njegovom kasnijom modernizacijom te promjenom imena u CNC operater/ka stvoreni su kvalitetni preduvjeti za obrazovanje učenika koji mogu raditi sa CNC tehnologijama. Kvaliteta strukovnog kurikuluma Obradivač na numerički upravljanim alatnim strojevima i CNC operater/ka vidljiva je u brznoj zapošljivosti učenika. Godine 2020. realizirano je još jedno osuvremenjivanje kurikuluma CNC operater/ka u smjeru implementacije tzv. Dualnog modela obrazovanja. Kontinuirani razvoj upravljačkih jedinica CNC strojeva i implementacija novih načina i strategija programiranja utječe na oblik tehničko-tehnološke dokumentacije potrebne za rad na CNC strojevima. Ručno programiranje u G-codeu sve više zamjenjuje „ručno“ konverzacijsko programiranje i računalno CAD/CAM programiranje.

2 . Tehnološka dokumentacija

Izrada proizvoda na CNC strojevima zahtjeva veći opseg pripreme u odnosu na izradu na klasičnim strojevima. Analiza tehničkog crteža obuhvaća analizu geometrije izratka, tolerancije, materijala te specijalnih napomena i oznaka. Temeljem podataka o CNC stroju koji obuhvaćaju geometriju radnog prostora, snagu, okretni moment, mogućnosti stezanja, broj radnih osi itd. te podacima o dostupnim alatima pristupa se izradi tehnološke dokumentacije.

Slika 1: Pojednostavljena shema izrade proizvoda korištenjem CNC tehnologije



Izvor: Autor

Tehnološku dokumentaciju u pravilu čini Operacijski list koji sadrži informacije o operacijama, zahvatima, alatima, režimima rada (brzini rezanja V , posmaku po zubu f_z , broju okretaja radnog vretena S , posmaku F , dubini rezanja a_p , broju prolaza i), pripremno završnom vremenu (T_{PZ})

i vremenu izrade (t_1), Plan stezanja s informacijama o stezanju i položaju nultočke, Plan alata s informacijama o vrsti alata, režimima rada i korekcijama alata, Plan rezanja s crtežima putanje alata i Programski list koji najčešće sadrži program u obliku G-codea.

Slika 2: Operacijski list i plan rezanja

OPERACIJSKI LIST		NOV	NOVAP	NOVAP2	NOVAP3	NOVAP4	NOVAP5	NOVAP6	NOVAP7	NOVAP8	NOVAP9	NOVAP10	NOVAP11	NOVAP12	NOVAP13	NOVAP14	NOVAP15	NOVAP16	NOVAP17	NOVAP18	NOVAP19	NOVAP20	
		NOV	NOVAP	NOVAP2	NOVAP3	NOVAP4	NOVAP5	NOVAP6	NOVAP7	NOVAP8	NOVAP9	NOVAP10	NOVAP11	NOVAP12	NOVAP13	NOVAP14	NOVAP15	NOVAP16	NOVAP17	NOVAP18	NOVAP19	NOVAP20	
10	Priprema radnog mjesta	CNC stroj (M)																					
10/10	Zagrijavanje stroja	CNC stroj (M)																					
10/20	Priprema i mijenjanje alata na stroju	Čvrsto glodalac (M)																					
10/30	Stezanje obradka i njezina kalibracija	Stroje (M)																					
20	Čvrsto glodanje	Čvrsto glodalac (M)																					
20/10	Čvrsto glodanje površine 120x80x7 mm	Čvrsto glodalac (M)	100	6.3	150	40	3	1															

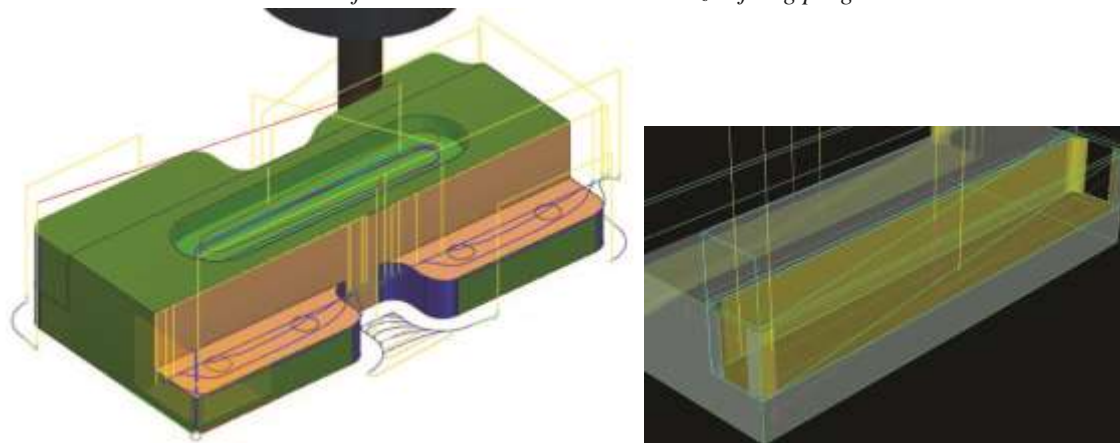
PLAN REZANJA		NOV	NOVAP	NOVAP2	NOVAP3	NOVAP4	NOVAP5	NOVAP6	NOVAP7	NOVAP8	NOVAP9	NOVAP10	NOVAP11	NOVAP12	NOVAP13	NOVAP14	NOVAP15	NOVAP16	NOVAP17	NOVAP18	NOVAP19	NOVAP20
NOV	NOVAP	NOVAP2	NOVAP3	NOVAP4	NOVAP5	NOVAP6	NOVAP7	NOVAP8	NOVAP9	NOVAP10	NOVAP11	NOVAP12	NOVAP13	NOVAP14	NOVAP15	NOVAP16	NOVAP17	NOVAP18	NOVAP19	NOVAP20		

X	Y	Z
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0

Izvor: Autor

Slika 2 prikazuje Operacijski list i Plan rezanja koji se koriste kod ručnog programiranja CNC stroja gdje je putanja alata potpuno definirana planom rezanja. Optimalizacija putanje alata ovisi o iskustvu programera, a računalni sustav upravljačke jedinice nema utjecaj na istu. Slika 3 prikazuje putanju alata kod CAD/CAM i konverzacijskog programiranja. Računalni program kroz opcije pojedinih naredbi omogućava definiranje strategija obrade, putanja alata kompleksna je i računalno optimizirana na način da se dobije što brža obrada s potrebnim parametrima geometrije izratka i kvalitete površine.

Slika 3: Putanja alata kod CAD/CAM i konverzacijskog programa



Izvor: Autor

Marijan Horvat: Operacijski list namijenjen konverzacijskom i CAD/CAM programiranju CNC strojeva u obrazovanju

3. Novi koncept Operacijskog lista kod konverzacijskog i CAD/CAM programiranja u obrazovanju

Učenici strukovnih škola često posjeduju značajne kompetencije u korištenju računala, no primijećen je problem u koncentraciji prilikom izvršavanja određenih složenijih zadataka u kojima računalni program služi kao alat/pomoć u realizaciji aktivnosti. Naglašavanje sustavnog pristupa u pripremnim aktivnostima danas je možda važnije nego prije. U kontekstu programiranja CNC strojeva, zamijećeni su deficiti prilikom odabira određenih tehnoloških postupaka, strategija preoblikovanja obratka u izradak i posebno u pripremi svih aktivnosti. Nadalje, uočen je problem

izrade kvalitetnih crteža i prostoručnih skica koji pak su neophodni u tehničkoj komunikaciji. Uvođenjem novih sustava za programiranje CNC strojeva kao što su WinMax[®] Hurco ili ShopMill/ShopTurn[®] Siemens u dijelu konverzacijskog programiranja, odnosno Autodesk Fusion360[®] u dijelu CAD/CAM programiranja nameće se potreba kreiranja novog oblika tehničke dokumentacije.

Slika 4: Novi koncept Operacijskog lista

OPERACIJSKI LIST CAD/CAM tehnologija		R001	AlCuMg1	125x90x27	H.M.			
		Broj operacijskog lista:	Materijal:	Dimenzije obratka:	Izradio:			
		R2022-1	Rprimjer-1	H.M.	1	2		
		Broj radioničkog crteža:	Naziv dijela/pozicije:	Pregledao/odobrio:	List:	Slijedi list:		
Br. operacije /zahvata	NAZIV OPERACIJE, ZAHVATA	STROJNA GRUPA, ALATI	CRTEŽI / CRTEŽI NAKON OBRADJE			T _{PZ}	t ₁	
10	PRIPREMA RADNOG MUESTA					20		
10/10	Kontrola rashladne tekućine i maziva	CNC stroj 001, uređaj za kontrolu rashladne tekućine						
10/20	Zagrijavanje stroja	CNC stroj 001						
10/30	Priprema i mjerenje alata na stroju	1. Čeono glodalo Ø40 Etalon za mjerenje korekcije alata						
10/40	Stezanje obratka	Strojni škripac						
10/50	Mjerenje nul točke	3D tester						
20	GLODANJE					20	1	
20/10	Čeono glodanje plohe 125x90x25 Facemilling	Čeono glodalo Ø40						
		v _c (m/min)						200
		f _z (mm/zub)						0,1
		S (min ⁻¹)						1591
		F (mm/min)						471
		a (mm)						1
		Napomena:						

Izvor: Autor

Slika 4 prikazuje novi koncept Operacijskog lista koji objedinjuje elemente Operacijskog lista, Plana stezanja i djelomično Plana rezanja. Plan alata predstavlja zasebni dokument. Ovaj koncept predstavlja nadogradnju prethodnih koncepata tehnološke dokumentacije. Dokument sadrži informacije o operacijama i zahvatima, režimima rada, alatima, napravama i strojevima te geometrijske informacije koje su izrađene u obliku crteža o trenutnom stanju preoblikovanja obratka. Zbog opsežnosti informacija preporučuje se izrada dokumenta u A3 formatu, no moguća je izvedba i u A4 formatu. Priprema radnog mjesta u pravilu obuhvaća aktivnosti kontrole rashladne tekućine i maziva, zagrijavanja stroja, pripreme i mjerenja alata, stezanja obratka i mjerenja nultočke, a crtež obuhvaća plan stezanja s informacijom o položaju nultočke. Vrijeme potrebno za ove aktivnosti definira se kroz pripremno-završno vrijeme T_{PZ} u minutama. Operacije i zahvati vezani uz obradu sadrže informacije o režimima rada i vremenu izrade t₁ u minutama, dok crtež predstavlja stanje preoblikovanja obratka nakon pojedinog zahvata. Crteži se mogu se izrađivati u obliku prostoručnih skica ili kao računalom izrađeni crteži koji se umeću u dokument. Predlaže se da se ispod naziva

operacije/zahvata navede i naziv sukladno konverzacijskom ili CAD/CAM programu koji se primjenjuje.

4 . Zaključak

Unatoč razvoju aditivnih tehnologija, preoblikovanje obradaka tehnologijom skidanja strugotine još uvijek dominira u izradi metalnih izradaka. Razvoj novih tehnologija programiranja CNC strojeva zahtijeva i prilagodbu popratne dokumentacije. Planiranje proizvodnje predstavlja značajan segment u ukupnoj konkurentnosti same proizvodnje. Trend povezivanja dokumenta s ciljem praćenja i optimalizacije proizvodnje zahtijeva drugačiji koncept tehnološke dokumentacije. Novi koncept Operacijskog lista predstavljen u ovom radu omogućava učenicima strukovnih škola, posebno u sektoru strojarstvo, brodogradnja i metalurgija, lakšu implementaciju suvremenih načina programiranja (konverzacijsko i CAD/CAM programiranje) CNC strojeva.

Literatura

1. Bošnjaković, M. (2009). Numerički upravljani alatni strojevi. Zagreb, Školska knjiga.
2. Balič, J. (2002). CAD/CAM Postopki. Maribor, Univerza v Mariboru.
3. Botak, Z. i Ćurković Bogunović, Lj. (2009). „Automatsko programiranje CNC strojeva”, *Tehnički glasnik*, 3 (1-2), 5-10.
4. CNC machining centres and turning centres – HURCO. <http://www.hurco.com/pages/default.aspx> (01.3.2019.)
5. CNC practical knowledge for production, job shop and production planning. https://www.industry.siemens.com/topics/global/en/cnc4you/tips_and_tricks/pages/programming-exampleshopmill.aspx (02.02.2019.)
6. Horvat, M. (2011). „Analiza kompetencije CAD sustava u obrazovnom procesu”, *Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu*, 2 (2), 51-55.
7. Horvat, M. (2019). „Konverzacijsko programiranje CNC strojeva na temelju crteža iz CAD programa”, *Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu*, 10 (1), 51-55.