

6 PROGRAMIRANJE CNC-STROJEV

6.1 TEHNIČNA IN TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA

Pri programiranju uporabljamo različno tehnično dokumentacijo, kot so risbe, skice, 3D-modeli, ter tehnološko dokumentacijo, kot so operacijski listi, načrt rezanja, orodni list, tabele orodij, skica vpetja in pozicioniranja.

Delavniška risba

V fazi konstruiranja nastane delavniška risba ali 3D-model, kjer morajo biti navedeni vsi geometrijski podatki, ki so potrebni za izdelavo izdelka. Za izdelke, ki se bodo izdelovali na CNC-strojih, je priporočljivo kotirati mere vzporedno ali pa v koordinatah, poleg tega pa morajo biti navedene tudi tolerance in podatki o kakovosti površine ter mere surovca. Standard ISO dovoljuje tudi dokumentacijo, ki predstavlja računalniški 3D-model z vsemi kotami in ostalimi potrebnimi podatki za izdelavo izdelka.

Operacijski list – delovni načrt

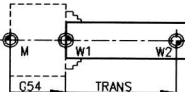
Celotno izdelavo izdelka najprej razdelimo na delovne operacije, ki jim predpišemo tudi ustrezno orodje in tehnološke parametre obdelave. Vse te podatke po navadi zberemo v obliki tabel.

RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA	OPERACIJSKI LIST				
	Naziv risbe:	Številka risbe:	Ime programa:	List:	Listov:
	ČEP S KROGLO	CNC-S-001	CEP1, CEP2	1	1
Obdelovalni stroj:	Tip krmilnika:	Izdela:	Pregledat:	Datum:	
EMCO TURN 105	SINUMERIK 810/840D	Robert BALAŽIČ		14. 5. 2011	
Z.ŠT.	OPIS OPERACIJE		ORODJE	OPOMBA	
	A stran				
1	Premik ničelne točke			TRANS Z64.5	
2	Čelna poravnava		T2 D1	Levi nož	
3	Grobno struženje		T2 D1	180 m/min, 0.1mm/vrt	
4	Fino struženje		T2 D1	220 m/min, 0.05 mm/vrt	
5	Struženje navoja		T5 D1	Nož za navoje – desni	
6	Konec programa				
	B stran				
1	Premik ničelne točke			TRANS Z39.8	
2	Grobno struženje		T2 D1	180 m/min, 0.1mm/vrt	
3	Fino struženje		T2 D1	220 m/min, 0.05 mm/vrt	
4	Konec programa				

Slika 29: Operacijski list (delovni načrt)

Orodni list

Orodni listi se izpolnijo ob prednastavitvi orodja. Iz njih lahko razberemo podatke o materialu orodja, korekciji, rezalnem robu oziroma obliki orodja. Glede na material orodja na osnovi tehnoloških tabel in diagramov določimo rezalno hitrost, podajanje in globino rezanja.

RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA		ORODNI LIST – STRUŽENJE			
Naziv risbe:		Številka risbe:	Ime programa:	List:	Listov:
ČEP S KROGLO		CNC-S-001	CEP1, CEP2	1	1
Obdelovalni stroj:		Tip krmilnika:	Izdela:	Pregledat:	Datum:
EMCO TURN 105		SINUMERIK 810/840D	Robert BALAŽIČ		14. 5. 2011
SUROVEC		Material	Oznaka	Dimenzije	Opombe
		Aluminij	AlCu5PbBi	Ø30×65	
VPENJANJE		Priprave		Koordinatna izhodišča	
		Trčeljustna vpenjalna glava V4W 186R			
ORODJA		T1	Nož za struženje navoja – desni	T2	Nož za fino obdelavo – levi
			Številka korekcije D1 Tip orodja: 540 Lega konice: 8 Polmer konice: Hitrost: 800 man ⁻¹ Podajanje:		Številka korekcije D1 Tip orodja: 510 Lega konice: 3 Polmer konice: 0.4 Hitrost: 180 m/min Podajanje: 0.1 mm/vrt

Slika 30: Orodni list

Skica vpetja in pozicioniranja

Za hitro namestitev obdelovanca na stroj in za pravilno delovanje programa moramo pripraviti tudi skico vpetja oziroma pozicioniranja obdelovanca. V primeru prevpetja obdelovanca med obdelavo izdelamo skice za vsako posamezno vpetje. Skica vpetja mora vsebovati podatke o orientaciji obdelovanca, o načinu vpetja, o legi ničelne točke obdelovanca glede na ničelno točko stroja ter o izhodiščni legi orodja.

Načrt rezanja

Za določitev poti orodja naredimo načrt gibanja konice orodja oziroma sredine frezala glede na geometrijsko obliko obdelovanca. Vsak gib med dvema točkama predstavlja premik orodja iz ene točke v drugo. Pri tem upoštevamo tudi dopustne globine rezanja in vrstni red posameznih faz obdelave. Koordinate točk, ki predstavljajo spremembo smeri ali način gibanja orodja, zberemo v tabeli. Kot sled gibanja orodja rišemo pri frezalih pot sredine frezala, pri stružnicah pa pot konice noža. Delovni gib običajno prikazujemo s polno črto, hitre gibe pa s črtkano črto.

Programski list – program

Program je končni rezultat dela – programiranja. Na osnovi delavniške risbe določimo zaporedje delovnih operacij, pri tem pa nam je v pomoč načrt rezanja oziroma gibanja orodja in tabela koordinat posameznih točk. Oblika zapisa programa je odvisna od vrste stroja in tipa krmilnika.

RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA		PROGRAMSKI LIST				
Naziv risbe:		Slevka risbe:		Ime programa:	List:	Listov:
ČEP S KROGLO		CNC-S-001		CEP WPD	1	2
Odelovalni stroj:		Tip krmilnika:		Izdelal:	Pregledal:	Datum:
EMCO TURN 105		SINUMERIK 810/840D		Robert BALAŽIČ		14 5 2011
N	PROGRAMSKSE FUNKCJE				OPOMBA	
	CEP1.MPF					
	;Stran A					
N05	G54				Premik ničelne točke	
N10	TRANS Z64.5					
N15	T2 D1				Levi nož	
N20	G96 S180 F0.1 M4					
N25	G0 X32 Z0					
N30	G1 X-1				Čelna poravnava	
N35	Z1					
N40	G0 X32					
N45	CYCLE95("CEP1",1.5,0.0,0.1,0.1,0.05,0.1,0.0)					
N50	G96 S220 F0.05				Groba obdelava	
N55	CYCLE95("CEP1",0.0,0.0,0.0,0.0,0.05,0.0,0.0)				Fina obdelava	
N60	G0 X45 Z10					
N65	T5 D1				Nož za struženje navoja	
N70	G95 S800 M3					
N75	G0 X16 Z3					
N80	CYCLE97(1.5,0,-18.14,14.2,0.0,92.0,1.30,0.4,1.3,1)				Struženje navoja	
N85	G0 X45 Z10					
N90	M30				Konec programa	

Slika 31: Programski list – program

6.2 ZGRADBA PROGRAMA

Programiranje NC-strojov je standardizirano po DIN 66025 in ISO 6983. Ta standarda opisujeta uporabo posameznih programskih funkcij. Programske funkcije razdelita v dve skupini, in sicer:

- glavne programske funkcije,
- pomožne programske funkcije.

Programiranje je postopek izdelave opisanega zaporedja ukazov na podlagi delavniške risbe obdelovanca, kartoteke ali datoteke orodij in drugih posebnih programskih navodil, kakor tudi priprava informacij v obliko, ki je razumljiva CNC-sistemu (krmilniku).

CNC-stroju moramo podati seznam ukazov za gibanje orodja, ki ga imenujemo krmilni program. Program je zaporedje geometrijskih in tehnoloških ukazov, napisanih v obliki, ki jo razume krmilna enota posameznega CNC-stroja. CNC-program je torej zaporedje programskih ukazov, ki nekemu CNC-stroju določa postopek izvajanja potrebnih delovnih operacij s ciljem obdelave določenega obdelovanca na podlagi relativnih pomikov med njim in orodjem. Tak CNC-program pa poleg že omenjenih geometrijskih informacij dodatno vsebuje še vklopno/izklopne informacije in pomožne programske funkcije, tako da celotni postopek izvajanja operacij na stroju lahko poteka povsem avtomatično.

Program je sestavljen iz programskih stavkov, ki predstavljajo eno izmed operacij (pozicioniranje, delovni gib, vklop/izklop ...). Stavki je sestavljen iz posameznih besed, ki predstavljajo vrsto opravil, potrebnih za eno operacijo (nastavitev števila vrtljajev, rezalne hitrosti, podajanja, koordinat, menjavo orodja ...). Besede so sestavljene iz posameznih črk in niza števk s predznakom. Vrednosti koordinat X, Y in Z vnašamo v milimetrih.

Vsak program, ki ga včitamo ali uvozimo preko različnih medijev, mora vsebovati sledeče sklope:

- znak za začetek (%),
- zaporedje stavkov z ukazi in podatki,
- znak za konec programa.

Pred znak za začetek programa lahko dodamo razne opise in oznake. Programu lahko damo tudi ime, ki mora biti sestavljeno iz niza alfanumeričnih ali numeričnih znakov ter zapisano takoj za znakom začetka programa. Stavki si morajo slediti zaporedno in se označujejo s tekočimi številkami (ni nujno). Podobno kot program ima tudi stavek točno določeno sestavo. Sestavljen je iz ene ali več besed, pri čemer je pomembno zaporedje besed in njihov pomen. Na koncu vsakega stavka mora stati tudi znak, ki označuje konec stavka (LF, NL, ";" ali RETURN). V stavke lahko vrinemo tudi opombe, ki nam olajšajo pregledovanje in popravljanje programa. Tako lahko pojasnimo funkcijo izvrševanja posameznega stavka, vpisujemo alternativne vrednosti, podamo vrsto orodja ... Znak za opombo je po navadi podpičje (;), poševnica (/) ali pa napišemo opombe med "(" in ")".

%1234	številka (ime) programa
N0100 G01 X15 Z-17	stavek
Z-17	beseda
Z	znak
-17	številka s predznakom +/-

V razpredelnici spodaj so prikazani vsi črkovni simboli, ki jih za zapis NC-programov predvideva standard ISO oziroma DIN. Tem so pridruženi še številski znaki, s katerimi so natančneje definirane posamezne funkcije. Številke, pridružene simbolom X, Y, Z, A, B, C, I, J in K, pa označujejo koordinate točk, do katerih se mora orodje premakniti v koraku, ki ga opisuje določen programski stavek. Za posamezne tipe krmilnikov je lahko zapis programa tudi drugačen in po navadi vsebuje še specifične vrste ter oblike zapisov posameznih programskih besed.

Naslovni znaki		Posebni znaki	
Znak	Pomen	Znak	Pomen
A, B, C	Rotacija okrog osi X, Y in Z	%	Začetek programa
D, H	Pomnilnik korekcij orodja	(	Začetek opombe
F	Podajanje	)	Konec opombe
G	Glavne funkcije	+	Predznak
I, J, K	Interpolacijski parametri	-	Predznak
M	Dodatne – pomožne funkcije	.	Decimalna pika
N	Številka stavka	LF, ;	Konec stavka
S	Število vrtljajev vretena, rezalna hitrost	DEL	Brisanje
T	Orodje	NUL	Prazen znak
X, Y, Z	Koordinate gibanja		

V naslednji razpredelnici je prikazan tipičen programski stavek, ki vsebuje podatke o poti in stikalne podatke. Programski stavki lahko vsebujejo vse te podatke, ni pa nujno, saj se stikalni podatki ne spreminjajo do preklica oziroma spremembe.

Številka stavka	Podatki o poti		Stikalni podatki			
N105	G1	X10 Y30 Z-5	F300	S1500	T3 D1	M3.
	Način pomika orodja	Koordinate ciljne točke	Podajanje	Št. vrtljajev glavnega vretena	Št. orodja, korekcija	Vrtenje v desno

6.3 NAČINI PROGRAMIRANJA

Rentabilnost CNC-strojev je v veliki meri odvisna od zmogljivosti sistema, ki se uporablja za programiranje. Prav v smislu prilagodljivosti mora biti CNC-program za določen izdelek izdelan hitro in brez napak. Današnji krmilniki so tako zmogljivi, da lahko med tekočo obdelavo delamo oziroma nalagamo nove programe in tako dosegemo minimalne zastojne čase.

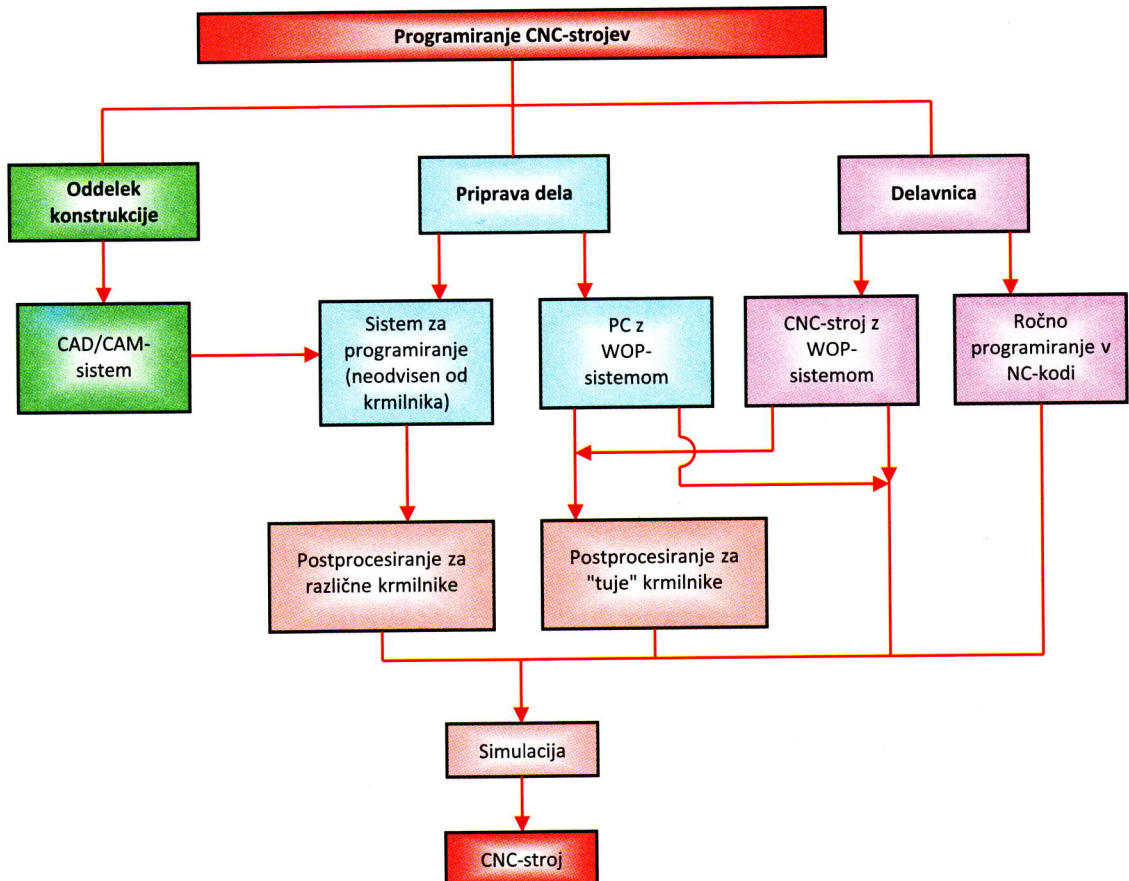
Neodvisno od postopka programiranja danes vsi proizvajalci krmilnikov nudijo možnost, da na krmilniku proizvodni proces simuliramo, kar je velika prednost, saj že pri pripravi programa odkrijemo napačna gibanja ali prepozno uporabo napačnega orodja in s tem preprečimo trke in poškodbe orodja in obdelovanca. Mnoge simulacije omogočajo tudi prikaz vpenjalnih sredstev, kar še dodatno poveča učinkovitost simulacije pred proizvodnjo.

Poznamo več načinov programiranja, ki je odvisno od:

- mesta programiranja,
- stopnje avtomatiziranosti programiranja,
- vrste in načina uporabe računalnika,
- programskih pripomočkov pri programiranju,
- možnosti kontrole programov.

V praksi se uporabljajo trije načini programiranja, ki lahko nastopajo v več variantah:

- ročno programiranje,
- ročno programiranje direktno na stroju (WOP – Workshop-Oriented Programming),
- programiranje s podporo računalnika in programskim sistemom.



Slika 32: Načini programiranja CNC-strojev

6.3.1 ROČNO PROGRAMIRANJE

Pri ročnem programiranju programer opiše operacijski postopek obdelave na CNC-stroju brez pomoči programskega sistema in računalnika ter v obliki, ki jo krmilnik neposredno razume. Pri svojem delu uporablja razne tabele in diagrame, izkustvene podatke ter navodila za programiranje.

Postopek programiranja je sledeč:

- študij delavniške risbe in predpisanega tehnološkega postopka,
- izdelava operacijskega postopka,
- določitev orodij in tehnoloških podatkov,
- določitev načina vpenjanja,
- določitev poti orodij,
- tvorba stavkov,
- kontrola in testiranje programa,
- arhiviranje programa.

Značilnosti ročnega programiranja:

- kodiranje krmilnih ukazov v NC- oziroma G-kodi,
- možno programiranje katerega koli stroja,
- oprema ni potrebna,
- zamudno rutinsko delo,
- potrebno preračunavanje koordinat,
- problematična kakovost,
- testiranje možno le na stroju,
- korekcije so zamudne,
- specifično programiranje različnih strojev,
- nefleksibilno programiranje podobnih obdelovancev,
- zelo zahtevne naloge (npr. 4-, 5- ali 6-osna obdelava) so neobvladljive.

Tako sestavljen NC-program je odvisen od subjektivne odločitve programerja in od njegovega znanja.

6.3.2 ROČNO PROGRAMIRANJE DIREKTNO NA STROJU

Pri tem načinu programiranja gre še vedno za ročno programiranje, vendar po principu operater → stroj. S pomočjo posebnih simbolov se na enostaven način s funkcijskimi tipkami v program vključujejo posamezni ukazi. Sprotna kontrola vhodnih podatkov proti programskim napakam in interni CNC-izračun poti orodij znatno zmanjšujeta obseg vhodnih podatkov in možnosti pojavljanja napak v programu. Možna pa je tudi kontrola programov z grafično simulacijo gibanja orodja na samem stroju, ki ima grafični prikazovalnik ali monitor.

Z rastjo sposobnosti krmilnikov se je uporabnikom ponudila možnost, da lahko geometrijo kosa v CNC-program vključijo tudi grafično interaktivno. Mnogokrat lahko uporabimo ustrezni vmesnik med CAD in uporabljenim krmilnikom, ki prevzame CAD-podatke in izdela opis obdelovanca. Programska oprema za fleksibilno, tako imenovano dialog grafično CNC-programiranje, je že standardna oprema sodobnih CNC-strojev. Žal pa zaenkrat še ni enotnega WOP-koncepta.

6.3.3 PROGRAMIRANJE S PODPORO RAČUNALNIKA IN PROGRAMSKIM SISTEMOM

V obratih, kjer imajo obsežen strojni park in CNC-stroje različnih proizvajalcev za različne obdelovalne postopke in kjer programirajo izdelavo zelo kompleksnih obdelovancev, zelo pogosto izdelujejo CNC-programe v pripravi dela z nevtralnimi programskimi sistemi. Prednost tega načina je, da se programerju ni potrebno uvajati v programe krmilnikov različnih proizvajalcev na različnih CNC-strojih. Vsi programi so pripravljeni na enakem sistemu. Na osnovi CAD-geometrije se pripravi potek izdelave, pot orodja pa sistem generira sam. Izdela izvirni program, ki je neodvisen od krmilnika, torej ne vsebuje specifičnih ukazov za posamezni stroj. Te manjkajoče ukaze izdela postprocesor, ki izvirni program spremeni v program za določen stroj. Ta postopek ima veliko prednost, saj v primeru zastoja enega stroja relativno hitro izdelamo program za drugi stroj, četudi imata stroja različna krmilnika.

Za programiranje s podporo računalnika morata biti risba ali model narisana s pomočjo grafičnega računalniškega paketa (AutoCAD, Creo, CATIA, SolidWorks ...) in shranjena v formatu, ki ga programski paket za izdelavo CNC-programov prepozna (DXF, IGES, STL ...). Pri tem je zelo pomembna točnost, s katero sta risba ali 3D-model narisana, saj bo na osnovi te risbe ali modela programski paket za programiranje CNC-strojev določil oziroma izračunal koordinate posameznih gibov orodja. Večina programskih paketov za programiranje CNC-strojev pa danes že vključuje vsa potrebna orodja za izdelavo risbe ali modela izdelka.

V splošnem lahko sistem za računalniško podprto programiranje CNC-strojev razdelimo v štiri podsisteme, in sicer [4]:

- vhodne informacije – risba ali 3D-model.
- baza podatkov – Predstavlja osnovo in predpogoj za uspešno delo. Vsebuje vse pomembne tehnološke podatke, ki omogočajo avtomatsko določanje tehnologije.
- procesor – Je niz programov, ki ob upoštevanju vhodnih informacij in baze podatkov določa pot orodja po vnaprej določeni strategiji. Namen procesorja je priprava tehnoloških in geometrijskih podatkov o CNC-obdelavi izdelka, neodvisno od stroja, na katerem bo izdelek konkretno izdelan. Možna je tudi simulacija izdelave.
- postprocesor – Njegova naloga je, da iz procesorja dobljene informacije predela za točno določen CNC-stroj in krmilno CNC-enoto. Poleg tega postprocesor omogoča tudi izdelavo ostale dokumentacije (orodni list, izpis NC-programa ...).

Strojno programiranje NC-strojev je le delno avtomatizirano, saj en del opravi programer, drugi del pa računalnik.

Naloge NC-programerja pri strojnem programiranju so:

- definiranje geometrije izdelka, če ta ni bil modeliran v CAD-sistemu,
- včitanje ustreznega CAD-modela izdelka,
- določanje zaporedja operacij,
- grobo določanje poti orodja.

Naloge, ki jih opravi računalnik, so:

- preverjanje vhodnih podatkov,
- aritmetično računanje,
- natančno računanje poti orodja,
- procesiranje,
- postprocesiranje.

Postopek izdelave CNC-programa je sledeč:

- priprava risbe ali modela v enem izmed programov za risanje oziroma modeliranje,
- določitev tehnologije – načina obdelave,
- določitev orodja,
- določitev in optimiranje tehnoloških parametrov,
- izpolnitev orodnega lista in skice vpetja,
- izdelava programa in simulacija,
- izbira CNC-stroja oziroma krmilja in generiranje CNC-programa za izbrani stroj.

Računalniško podprto programiranje CNC-strojev, za katerega sta potrebna draga oprema in znanje, prinaša v primerjavi z ročnim programiranjem naslednje prednosti:

- osvobajanje rutinskega dela,
- zmanjševanje možnih napak,
- kalkulacije opravi računalnik,
- povečanje kakovosti in produktivnosti,
- prihranek pri času in stroških,
- prihranek pri delovni sili,
- večjo enotnost in univerzalnost programiranja različnih strojev,
- možnost programiranja zelo zahtevnih geometrijskih oblik,
- testiranje in optimiranje geometrije izven stroja, simulacija,
- možna integracija s CAD, CAPP, CAQ, DNC,
- možne tehnološke baze podatkov o orodjih, obdelovalnosti, strojih, vpenjalih ipd.