

NUMERIČNO KRMILJENI STROJI

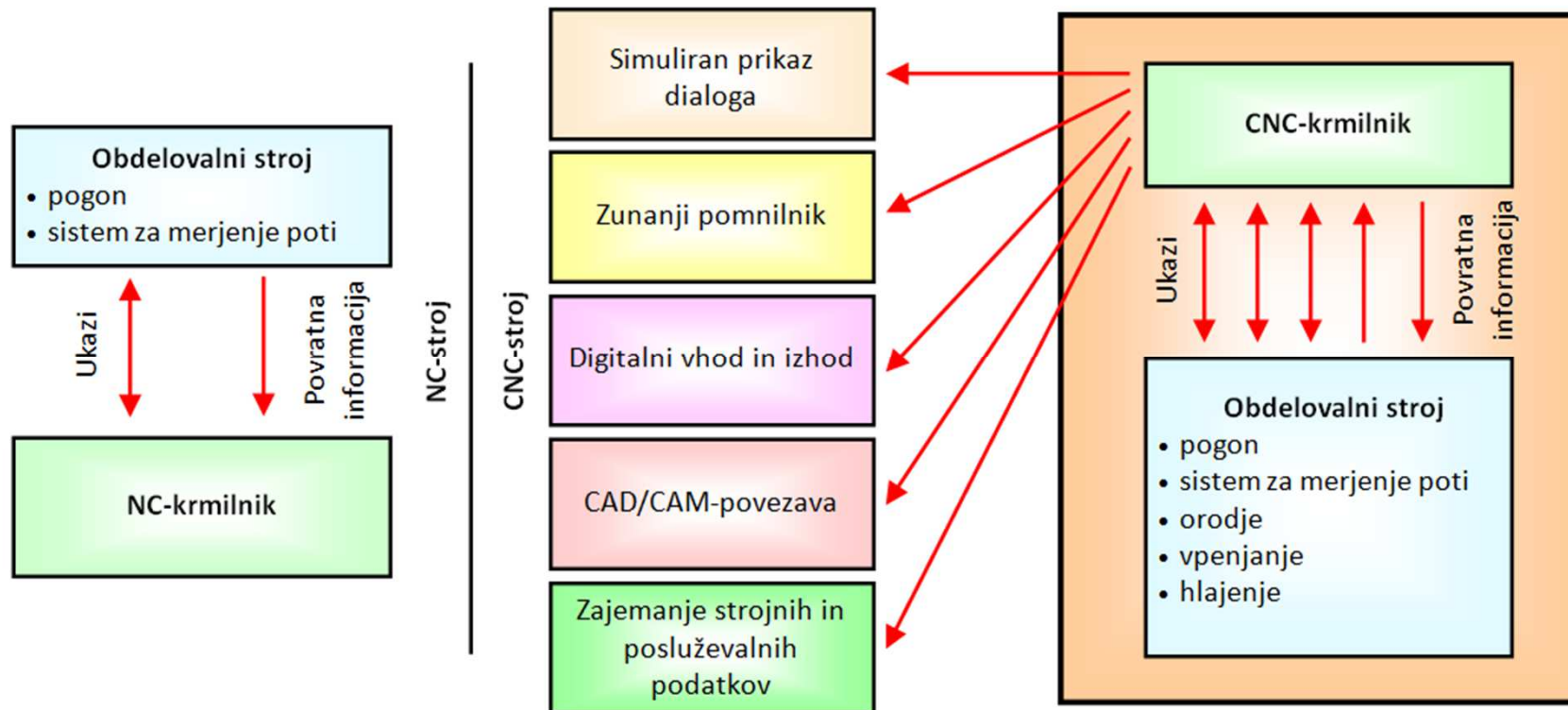
Operativni cilji

- Se seznani z vrstami in pomenom CNC-strojev v proizvodnji.
 - Spozna zgradbo CNC-strojev.
 - Pozna potrebne postopke za pripravo orodij za CNC-stroj.
 - Spozna ukaze za krmiljenje CNC-strojev.
 - Pozna različne postopke za izdelavo CNC-programov.
 - Pozna tehnološko dokumentacijo za CNC-stroje.
-
- Se nauči določiti ničelno točko na obdelovancu.
 - Zna pripraviti tehnološko dokumentacijo.
 - Zna ročno napisati CNC-program za stružnico in rezkalni stroj.
 - Se usposobi za branje, spreminjanje in simuliranje CNC-programov.
 - Zna vključiti in uporabljati cikle.
 - Zna izdelati CNC-program s pomočjo računalnika.

Razvoj numerično krmiljenih strojev

- Prvi NC-stroj leta 1950 v ZDA za potrebe vojaške industrije (letalske)
- Leta 1958 predstavljen programski jezik s simboli APT, začetek strojnega programiranja, prvi CAD-programi (2D)
- Leta 1974 prvi CNC-stroj
- Leta 1978 prvi POS
- Leta 1986 prve avtomatizirane tovarne

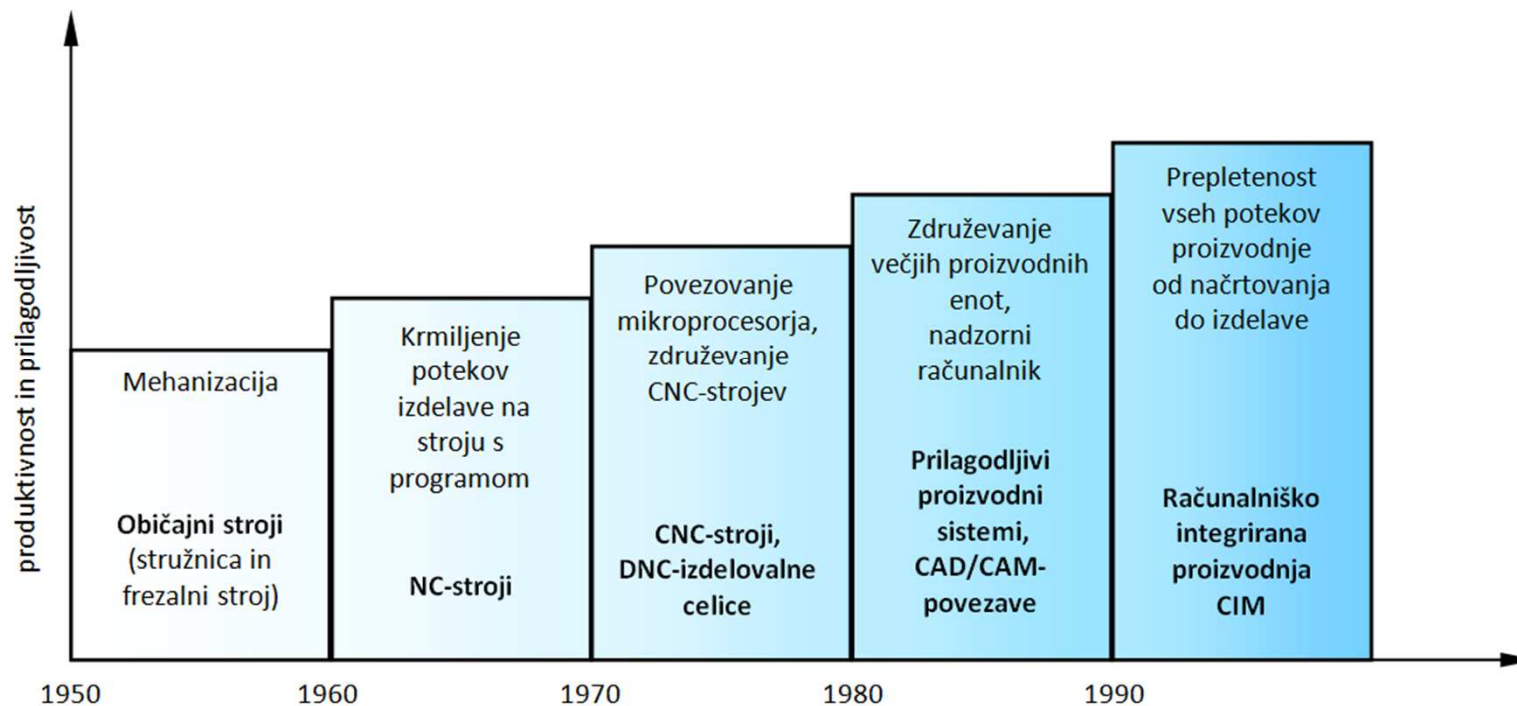
Razvoj numerično krmiljenih strojev



Razvoj numerično krmiljenih strojev

- Poglavitne stopnje razvoja:
 - Običajni stroji
 - NC (numerično krmiljenje)
 - CNC (računalniško numerično krmiljenje)
 - DNC (direktno numerično krmiljenje)
 - POS (prilagodljivi proizvodni sistemi)
 - CIM (računalniško integrirana proizvodnja)

Razvoj numerično krmiljenih strojev



Razvoj numerično krmiljenih strojev

- Prednosti CNC-obdelovalnih strojev pred klasičnimi:
 - večja produktivnost in izkoriščenost stroja,
 - kakovost in natančnost izdelave izdelka,
 - prilagodljivost pri obdelavi,
 - nespremenljiva kakovost obdelave,
 - manjši stroški izmeta in nadzora,
 - krajši obdelovalni časi,
 - možnost nadgradnje v smislu večje avtomatizacije,
 - izdelava zahtevnih, sestavljenih oblik,
 - velika ponovljivost,
 - možnost arhiviranja in ponovne uporabe NC-programov.

Razvoj numerično krmiljenih strojev

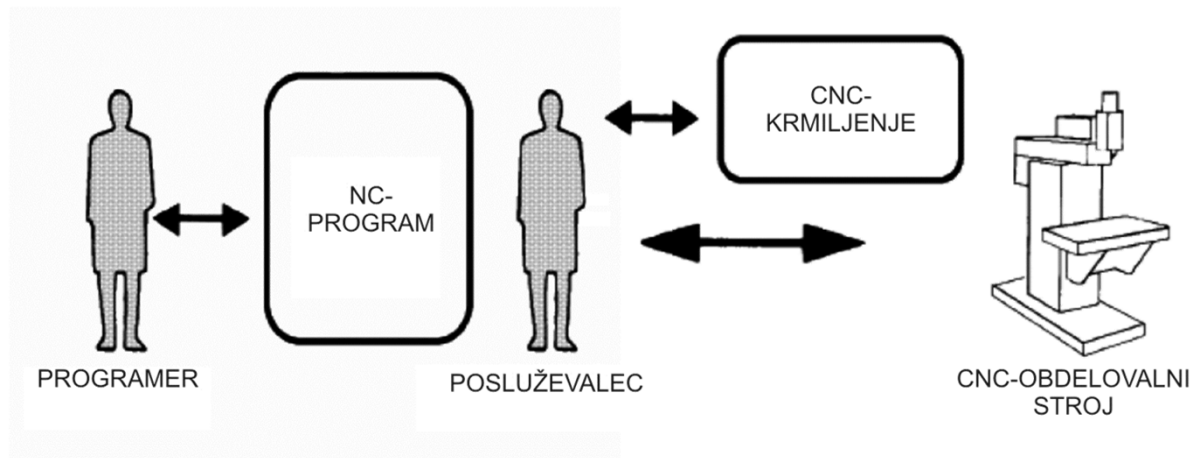
● NC krmiljeni stroji

- Podatke o gibanju orodja in režimih dela pri takem stroju predpišemo s programom, ki pa ga pripravimo izven stroja.
- Operater lahko program vnese, starta in prekine, ne more pa ga popravljati na samem stroju.
- Vse informacije stroj sproti odčitava z magnetnega traku ali luknjanega traku.
- Podatke, ki jih potrebuje krmilnik, nam pri NC-stroju prevaja elektronsko vezje.
- Mere orodij in vpenjalnih priprav so upoštevane v predhodno napisanem programu izven stroja.

Razvoj numerično krmiljenih strojev

● CNC krmiljeni stroji

- CNC-krmilja vsebujejo tudi računalnik, podatki o gibanju orodja in režim dela pa se shranjujejo v njegov spomin.
- Podatke, ki jih potrebuje krmilnik, prevaja računalnik s pomočjo sistemskega programa.
- Mere orodij in vpenjalnih priprav se vnesejo v CNC-krmilnik med pripravo stroja, med obdelavo pa se potem avtomatsko upoštevajo.
- Operater lahko program vnese, starta in prekine, popravlja, optimira, simulira...

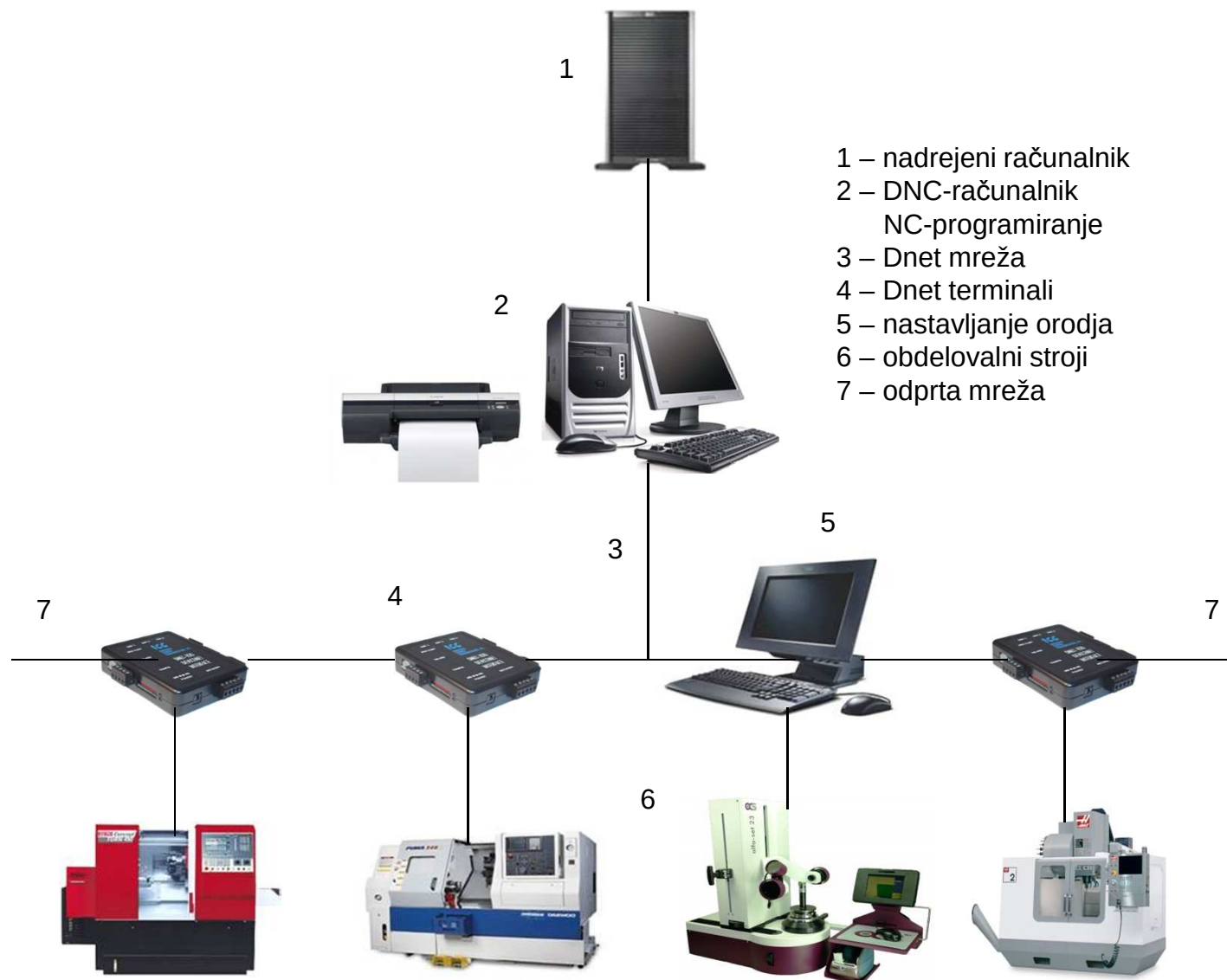


Razvoj numerično krmiljenih strojev

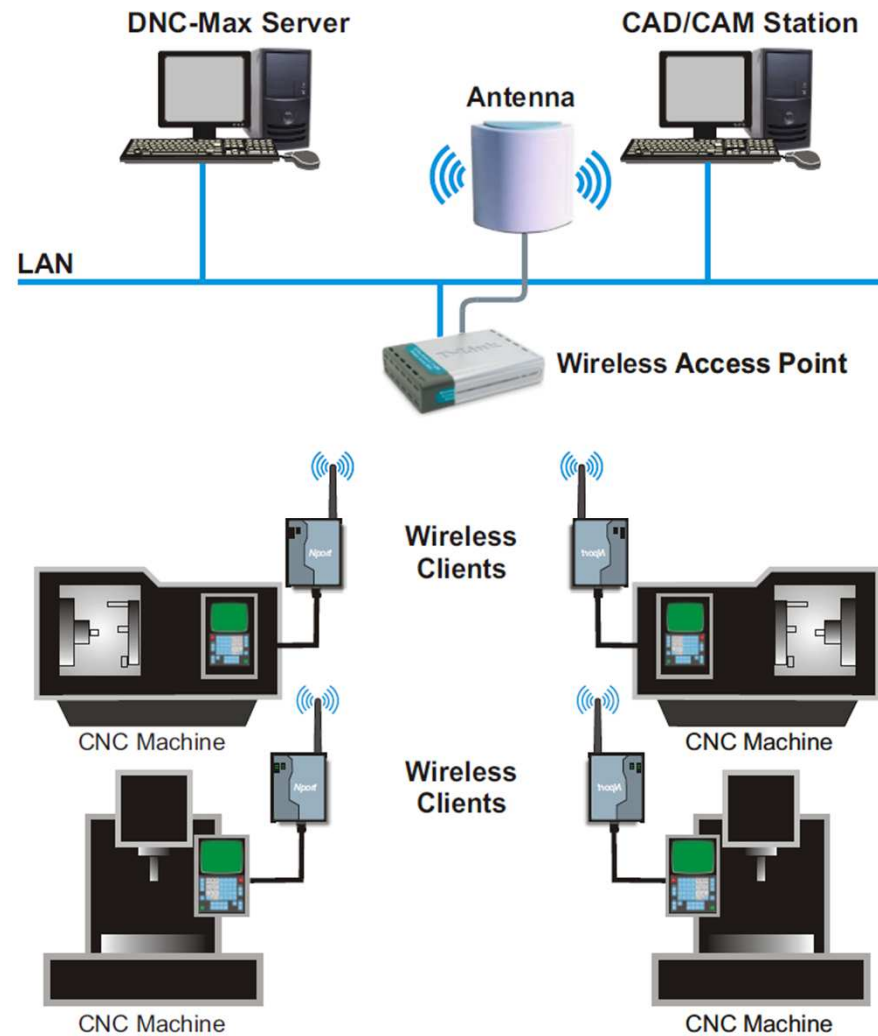
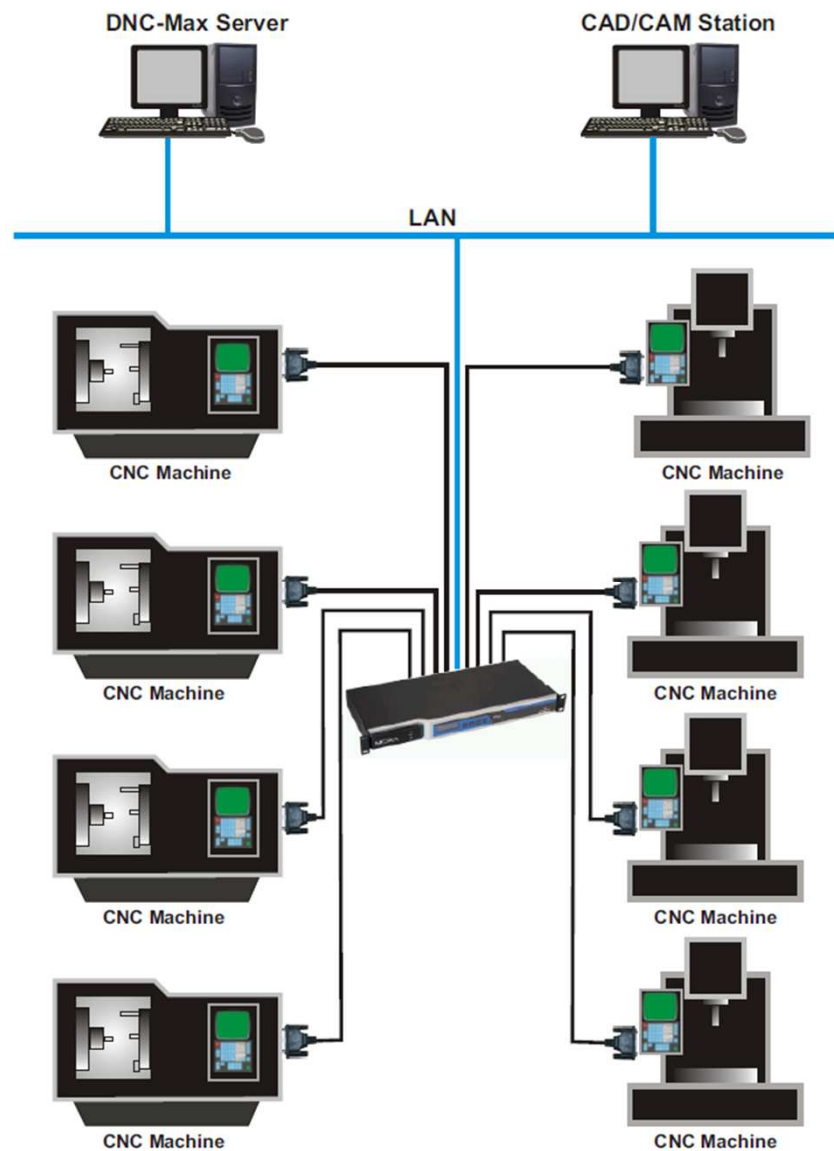
● DNC krmiljeni stroji

- En računalnik upravlja več NC- ali CNC-strojev hkrati. Tak računalnik je običajno zmogljivejši in ima večji pomnilnik (notranji in zunanji) za shranjevanje podatkov in programov.
- Stroji so z računalnikom povezani preko kabla ali brezžično, izmenjava podatkov pa poteka neprekinjeno (on-line).
- DNC uporabljamo:
 - v proizvodnji, kjer imamo večje število NC-programov, ki se dnevno menjavajo,
 - kjer imamo instalirano večje število CNC-strojev (4 do 6),
 - v prilagodljivih obdelovalnih celicah (POC – FMC), kjer velikost NC-programov presega kapaciteto pomnilnika v CNC-krmilju,
 - v prilagodljivih obdelovalnih sistemih (POS – FMS), ki imajo integriran transport, manipulacijo z izdelki in orodji, merjenje in nadzor orodja.

Razvoj numerično krmiljenih strojev



Razvoj numerično krmiljenih strojev

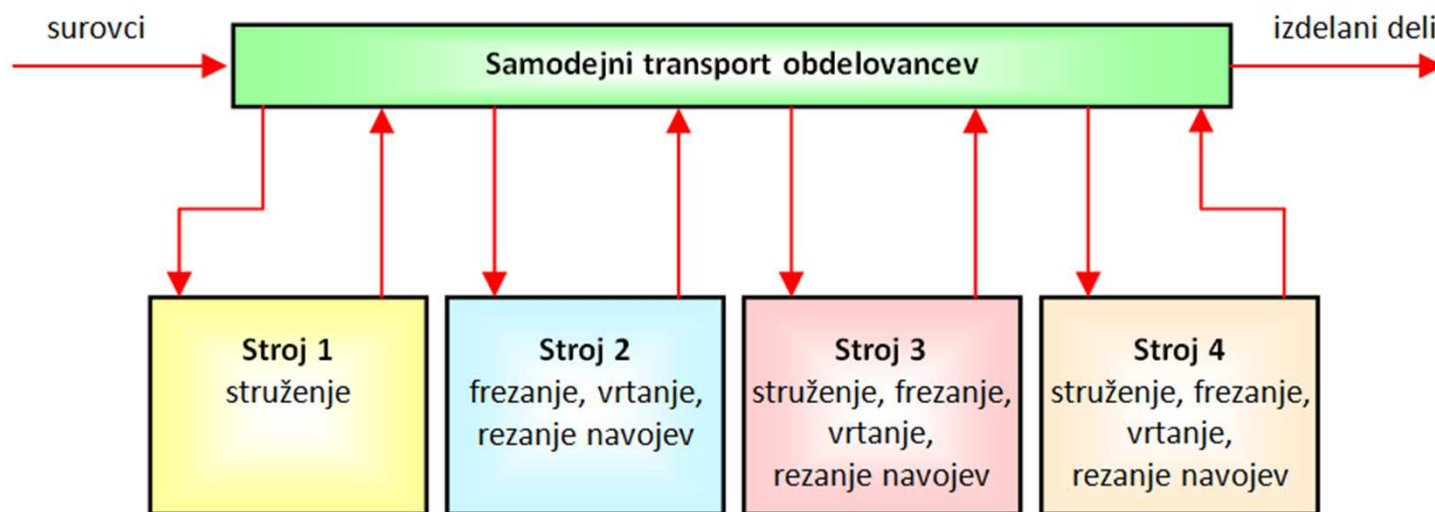


Razvoj numerično krmiljenih strojev

● Prilagodljivi proizvodni sistemi (POS – FMC/S)

- je skupek različnih podsistemov, modulov in komponent, kot so:
 - računalniško krmiljeni obdelovalni stroji,
 - avtomatizirani manipulacijski sistem (industrijski roboti),
 - avtomatizirani manipulacijski sistem za surovce, obdelovance, rezalna orodja, vpenjalne priprave, pomožne naprave...
 - integrirane koordinatne merilne naprave,
 - pomožni stroji in naprave,
 - nadzorno upravljalni sistem.
- Prednosti:
 - bistveno krajši časi priprave dela,
 - krajši čas menjave obdelovancev in drugega posrednega dela,
 - lažje določljivi izdelovalni časi,
 - boljša kontrola kakovosti in prioriteta pri obdelavi delov,
 - večji izkoristek virov in sredstev,
 - boljše opazovanje dela celice in proizvodnje izdelkov.

Razvoj numerično krmiljenih strojev

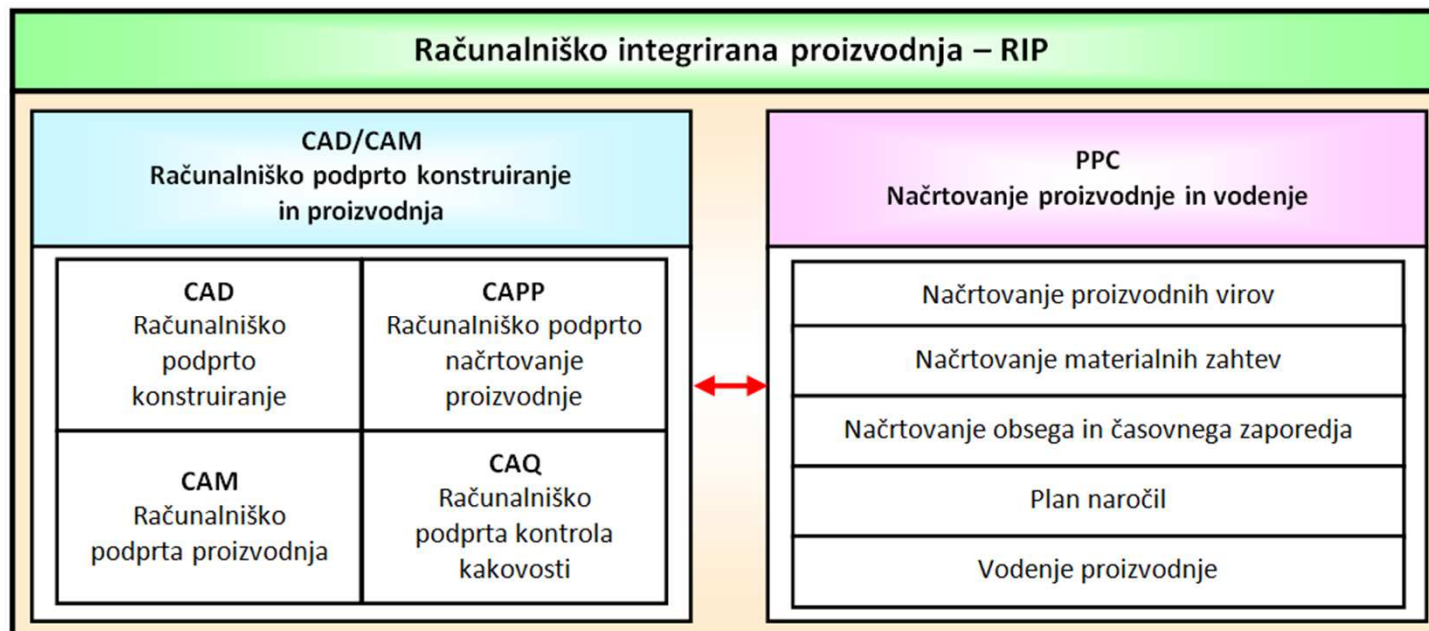


Razvoj numerično krmiljenih strojev

● Računalniško integrirana proizvodnja (CIM)

- je skupek različnih medsebojno povezanih podsistemov v podjetju:
 - snovanje, konstruiranje in analiziranje,
 - planiranje,
 - nabava in spremljanje stroškov,
 - spremljanje in upravljanje izkoriščanja proizvodne opreme ter dobave.
- Prednosti:
 - bistveno krajši čas od razvoja do izdelave končnega izdelka,
 - natančnejše kalkulacije za posamezen izdelek ter celotno proizvodnjo,
 - realnejše termine, večjo prilagodljivost pri planiranju in proizvodnji,
 - cenejšo proizvodnjo,
 - natančnejše izračunavanje stroškov v krajšem času.

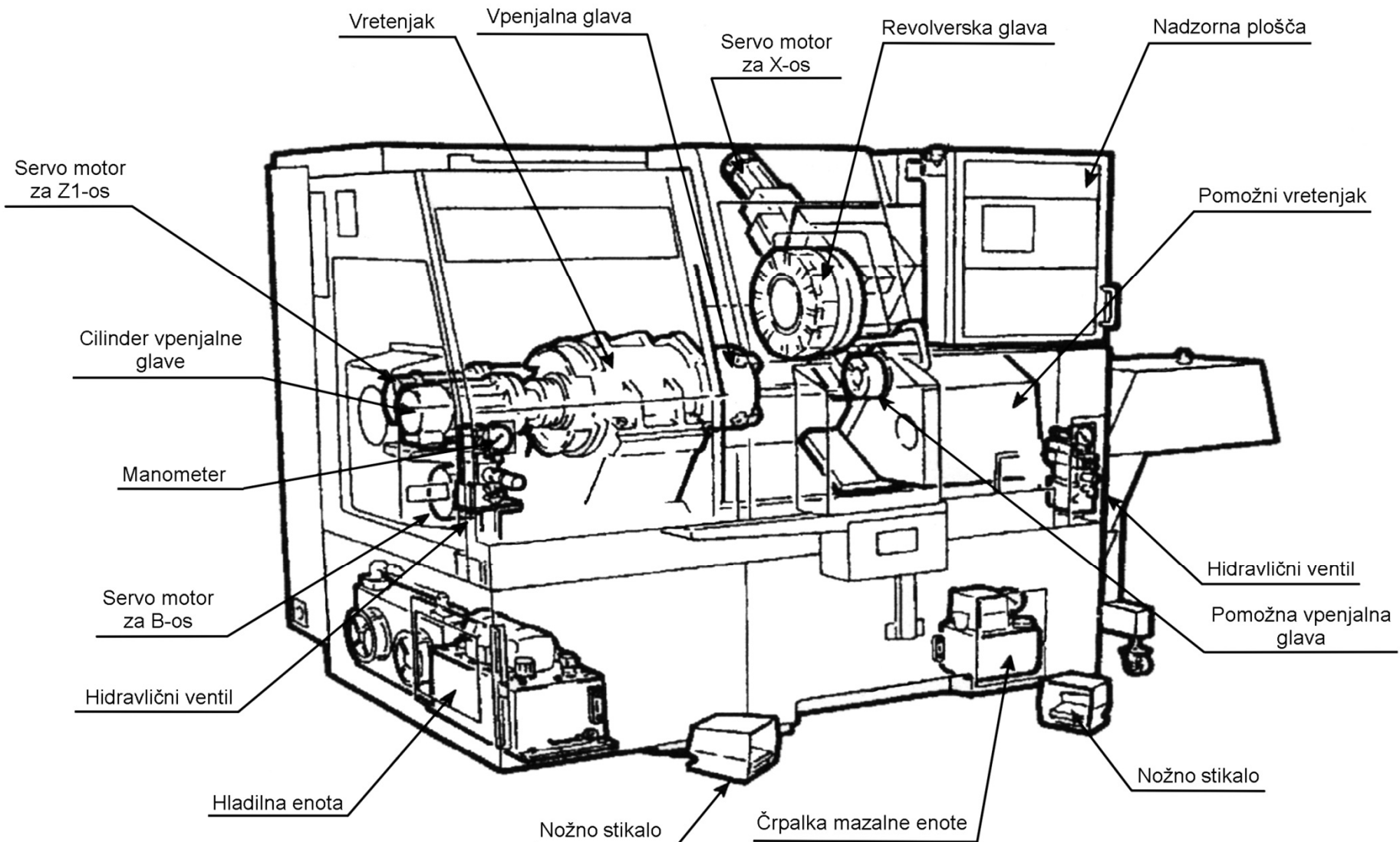
Razvoj numerično krmiljenih strojev



Elementi CNC-strojev

- CNC-stroj je sestavljen iz dveh glavnih delov:
 - samega stroja – mehanski podsistem, na katerem se obdelava izvaja,
 - CNC-krmilnika – krmilni podsistem, ki to obdelavo krmili.
- NC-program vsebuje natančen popis poteka obdelave na stroju, pa predstavlja vhodne informacije, katere krmilnik potrebuje za krmiljenje.

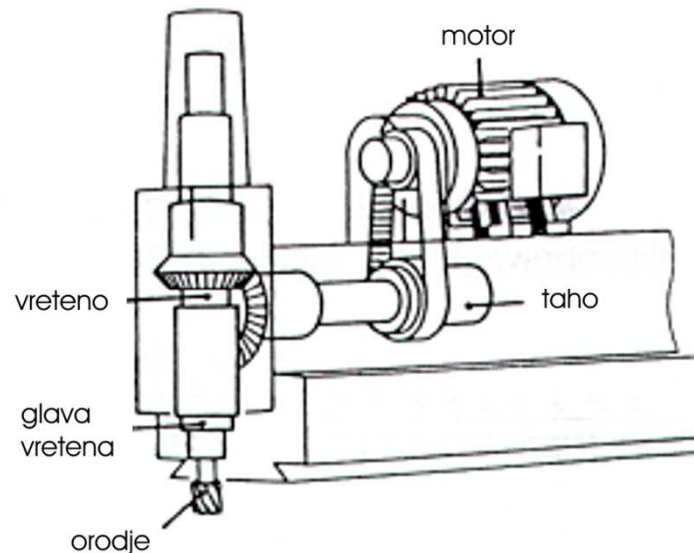
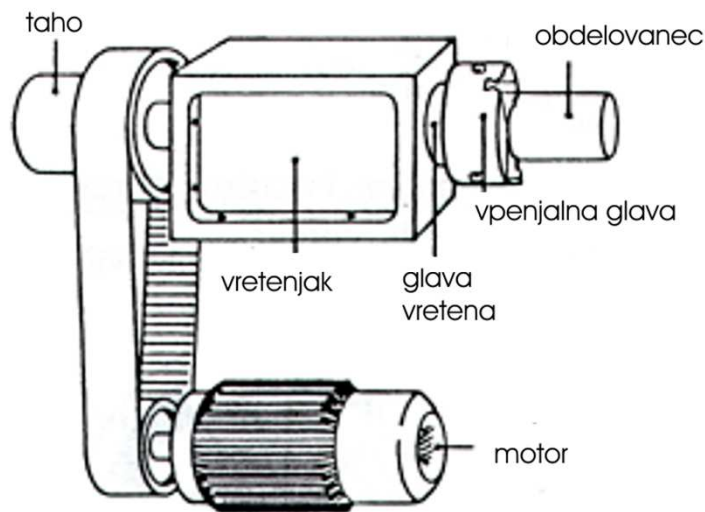
Elementi CNC-strojev



Elementi CNC-strojev

● Glavni pogon

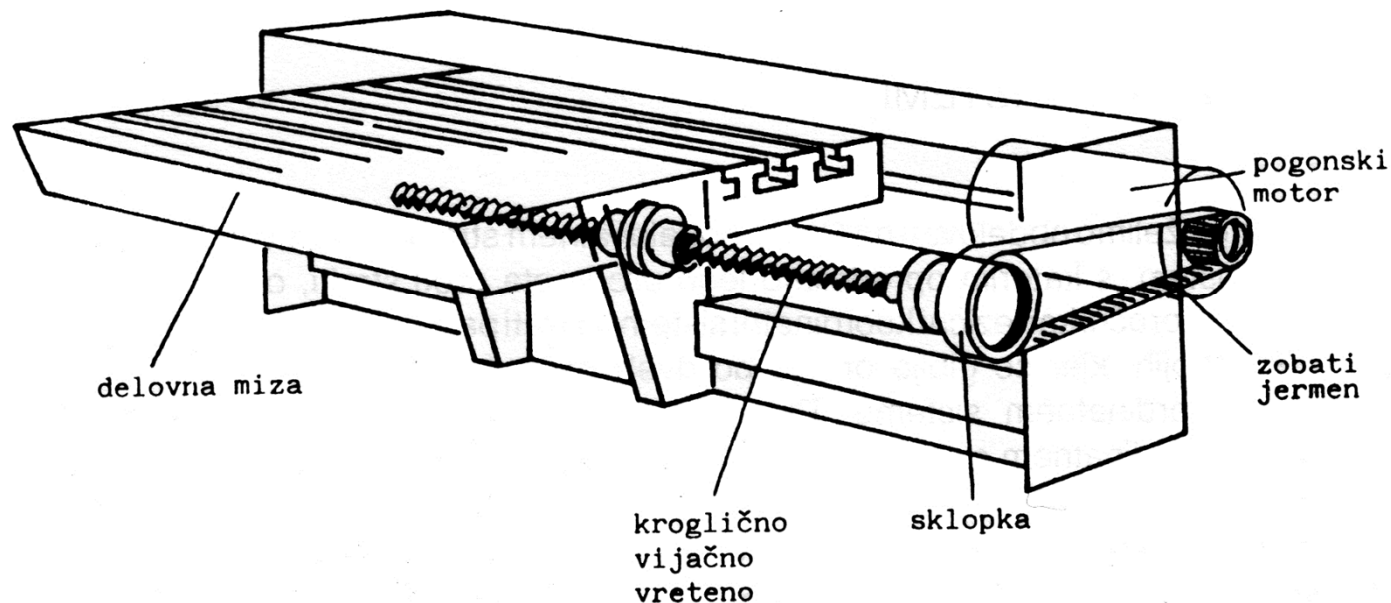
- Glavno vreteno služi za izvajanje rotacije obdelovancev pri stružnicah in rotacije orodja pri frezalnih ter vrtalnih strojih.
- Pogon glavnega vretena je lahko izveden z enosmernim, trifaznim asinhronskim motorjem s frekvenčnimi regulatorji, hidravlični in linearni motorji.



Elementi CNC-strojev

● Pogon podajalnega gibanja

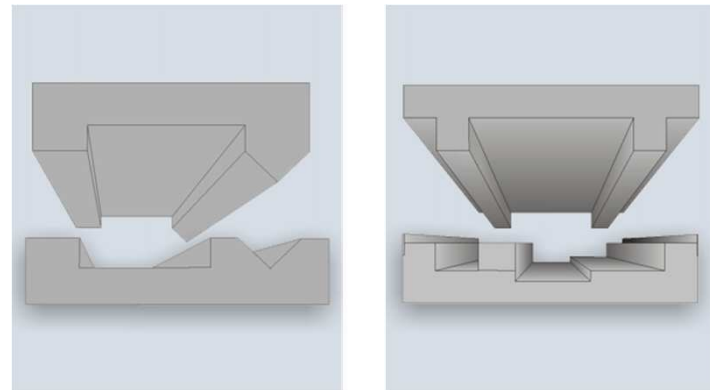
- Prevladujejo trifazni asinhronski elektromotorji, katere reguliramo s pomočjo frekvenčnih regulatorjev.
- Podajalni motorji morajo ustrezati več zahtevam kot so togost, enakomernost gibanja, hiter zagon in ustavitev, majhen vztrajnostni moment, hitro reagiranje pri spremembah hitrosti.



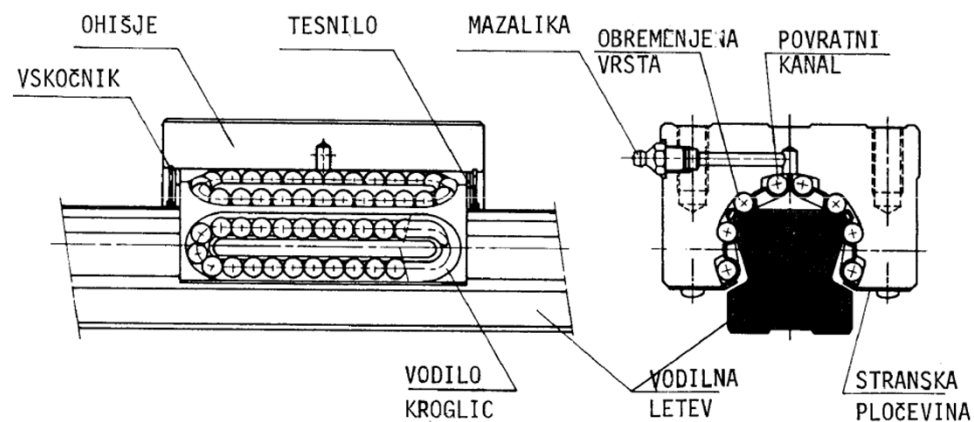
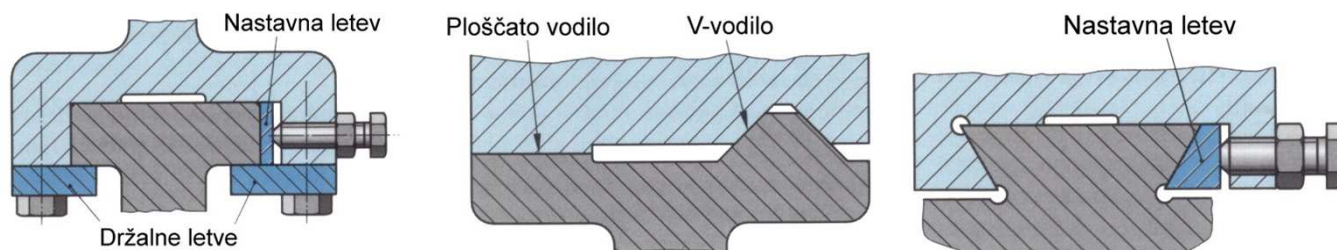
Elementi CNC-strojev

● Vodila

- omogočajo translatorne pomike sani oziroma mize in morajo izpolnjevati naslednje pogoje:
 - Položaj vodenih elementov mora biti vedno natančno določen, in to v obremenjenem kot tudi v neobremenjenem stanju.
 - V primeru obrabe mora biti dana možnost nastavljanja.
 - Izdelava mora biti poceni, montaža pa enostavna.
 - Vodenje mora biti neprisiljeno.
 - Onemogočeno mora biti nabiranje odrezkov na vodilih.
 - Dana mora biti možnost mazanja.
- Najpogosteje se uporabljajo:
 - drsna vodila,
 - kotalna vodila,
 - hidrostatična vodila.



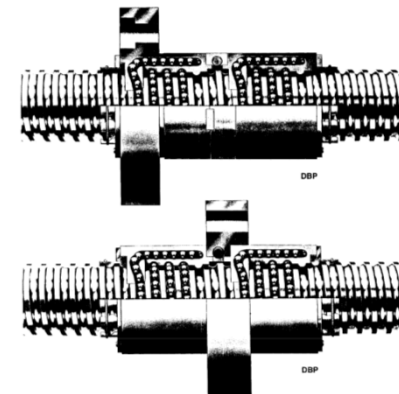
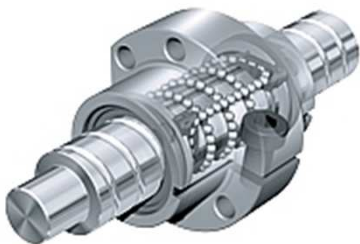
Elementi CNC-strojev



Elementi CNC-strojev

● Kroglična vretena

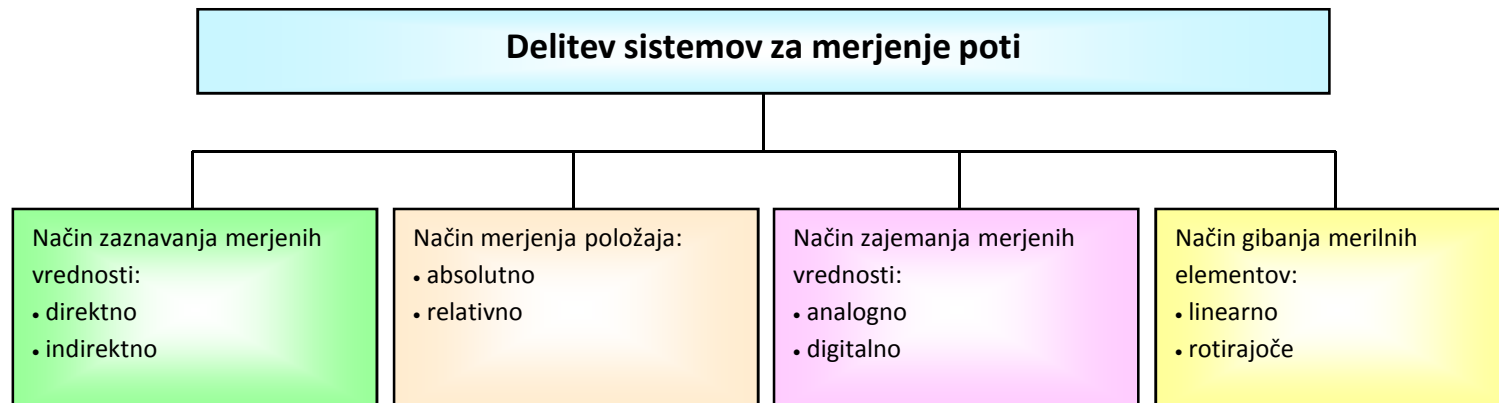
- Uporabljamo za pretvarjanje vrtilnega gibanja motorja v premočrtno gibanje suporta.
- Sestoji se iz navojnega vretena in matice s kroglicami.
- Da bi preprečili zračnosti oziroma aksialne premike je matica dvodelna in prednapeta, s čimer dosežemo natančnost pozicioniranja in njegovo ponovljivost.
- Povezavo med vretenom in matico zagotavljamo s kroglicami, ki se gibljejo po navojnih utorih med matico in vretenom.
- Obstajajo izvedbe z notranjim in zunanjim povratnim vodom.



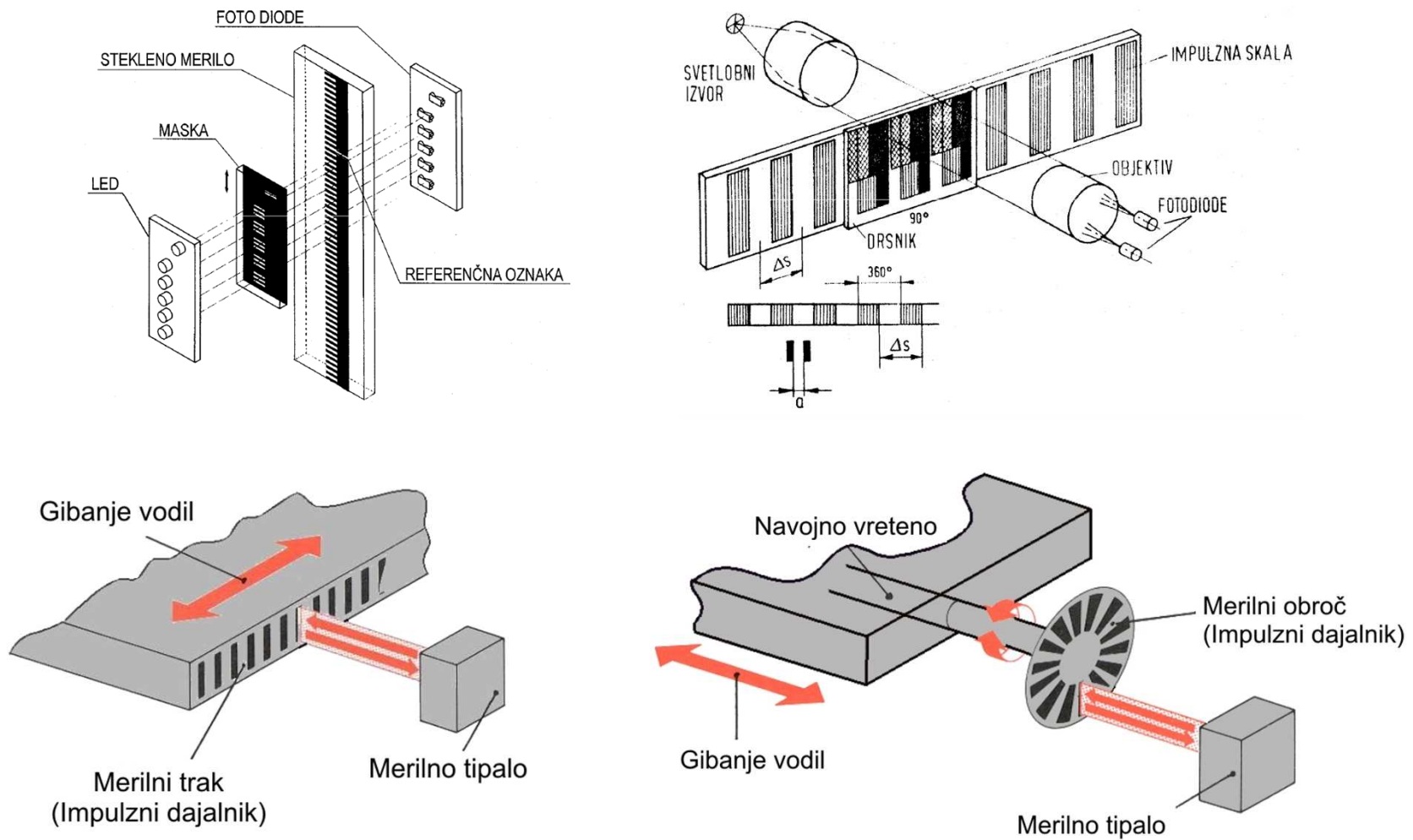
Elementi CNC-strojev

● Merilni sistem

- Merilni sistem je sestavljen iz dveh delov, merilne skale in merilne glave.
- Ugotavlja trenutni položaj orodja ter podatke posreduje krmilniku, ki krmili posamezno krmiljeno os oziroma pogonski motor osi.
- Merjenje se lahko izvaja **direktno** ali **indirektno**, in sicer **absolutno** ter **inkrementalno**.

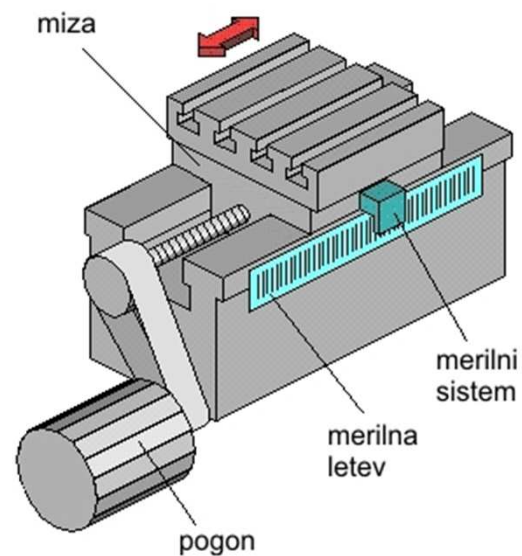
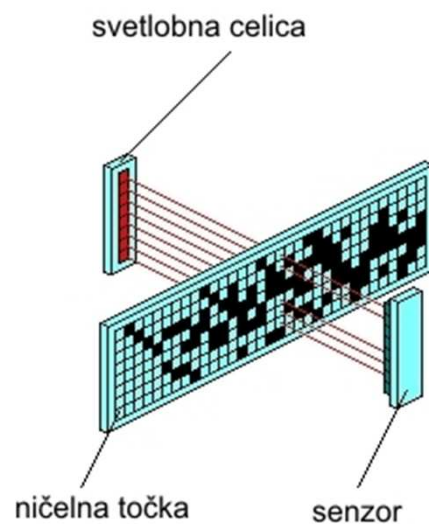


Elementi CNC-strojev



Direktno (levo) in indirektno merjenje (desno)

Elementi CNC-strojev

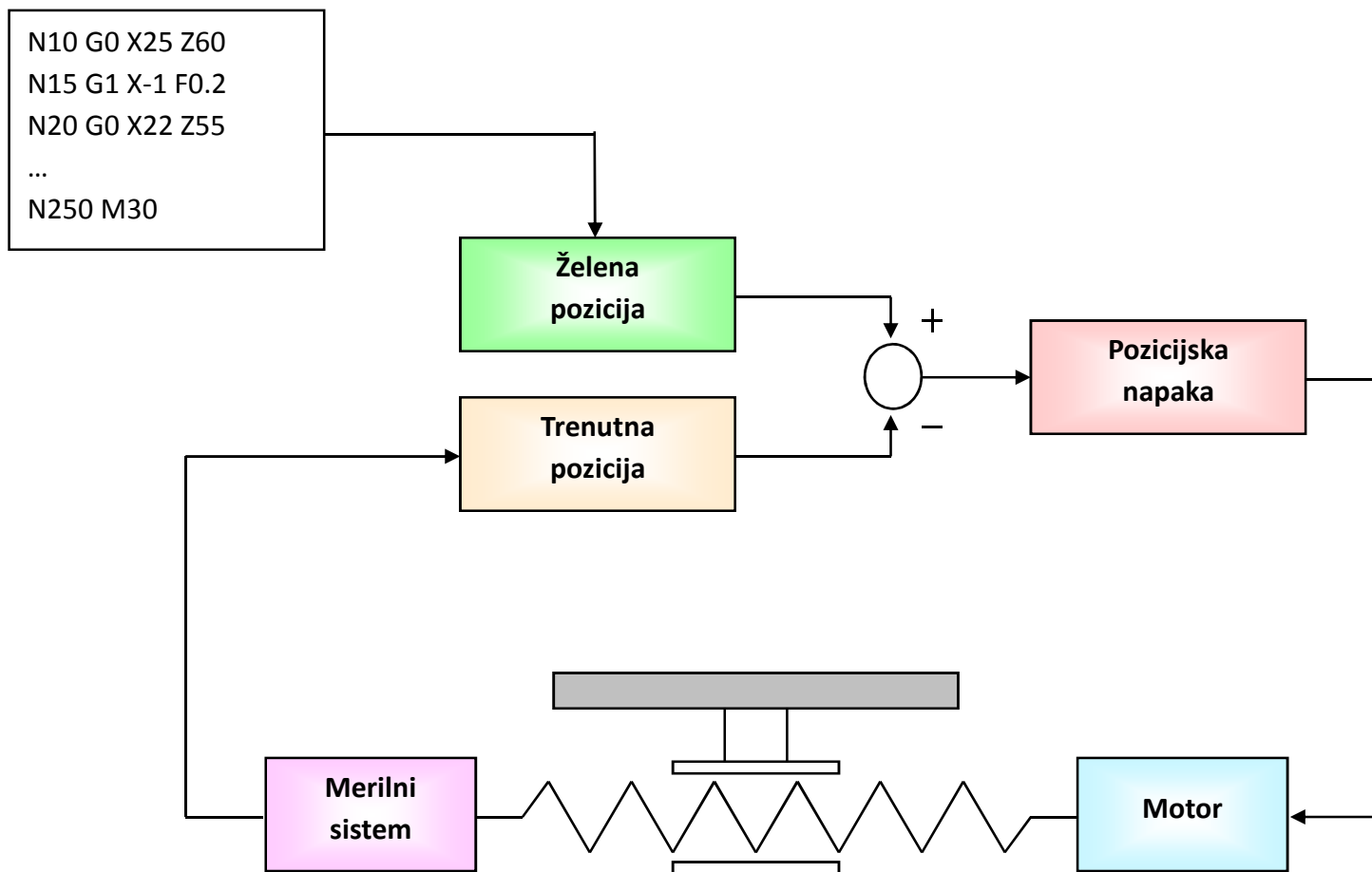


Elementi CNC-strojev

● CNC-krmilje

- CNC-krmilje je elektronska naprava za avtomatično krmiljenje CNC-strojev, ki delovne ukaze sprejme v obliki števil in jih pretvori v pravilen proces obdelave.
- Najpomembnejše naloge CNC krmilja so:
 - vnos,
 - hranjenje,
 - obdelava in
 - pošiljanje podatkov,
 - neprestan nadzor regulacijskega kroga.

Elementi CNC-strojev



Elementi CNC-strojev

● Vpenjalne priprave

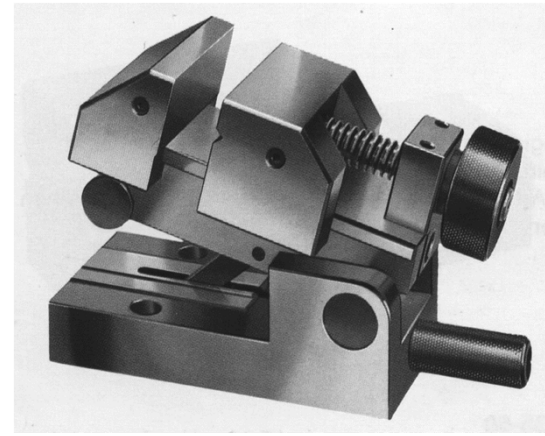
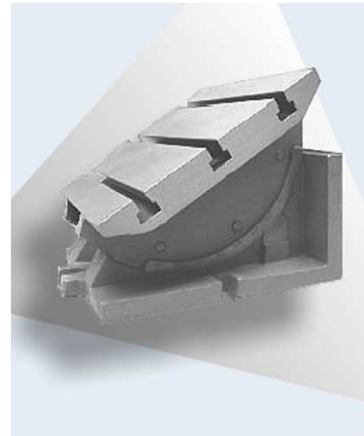
- Vpenjalne priprave služijo za vpenjanje obdelovancev na delovno mizo ali v glavo vretena in morajo omogočiti hitro, natančno, močno vpenjanje ter pozicioniranje.
- Vpenjalne priprave za struženje:
 - tri- in štiričeljustne vpenjalne glave – konzolno ali s podporo konice,
 - med konice,
 - stročnice,
 - vpenjalni trni,
 - vpenjalne glave za nesimetrične obdelovance.



Elementi CNC-strojev

● Vpenjalne priprave

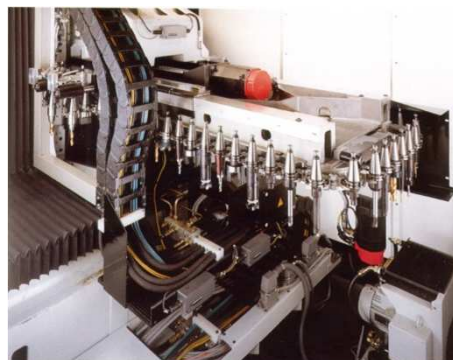
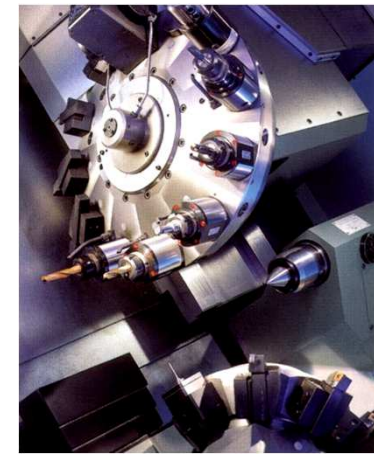
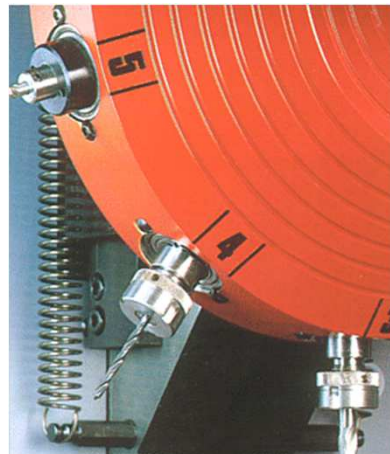
- Vpenjalne priprave za frezanje, vrtanje:
 - z vijaki na mizo stroja,
 - strojni primež, delilnik, nagibna miza, magnetne mize in druge naprave za vpenjanje enega ali več kosov hkrati,
 - sestavljive vpenjalne priprave.



Elementi CNC-strojev

● Naprave za menjavo orodij

- revolverske glave (stružnice, vrtalni stroji)
- zalogovniki orodij z napravo za avtomatično menjavo (vrtalno – frezalni stroji)
- specialni orodni sistemi

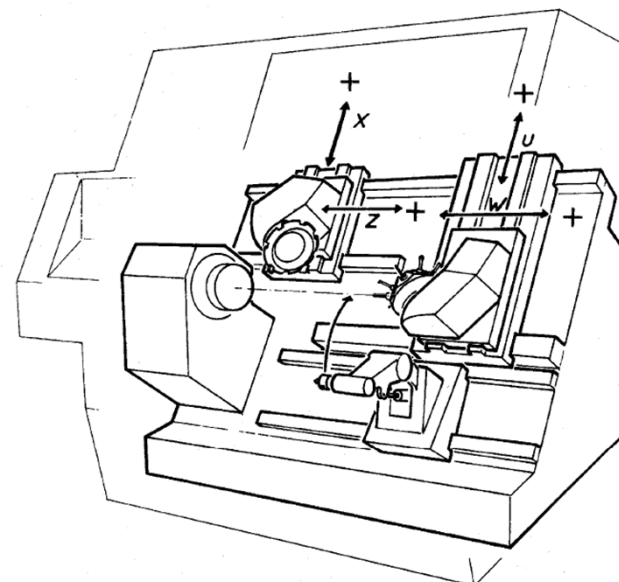
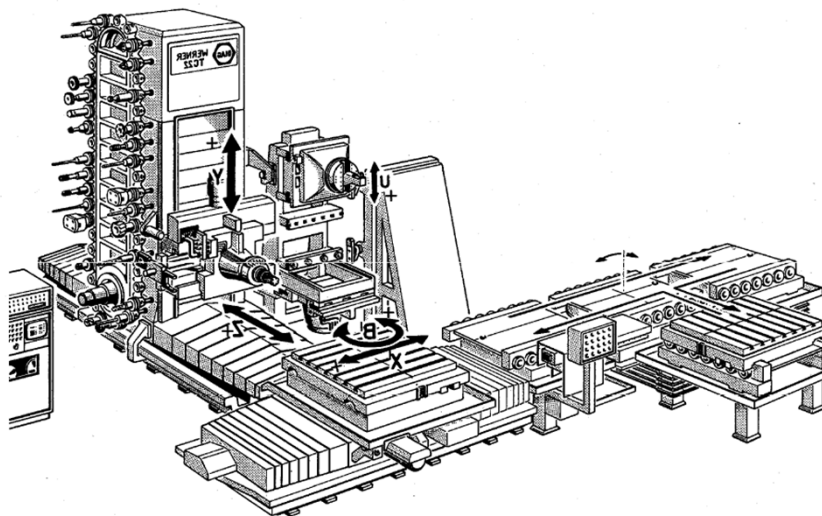
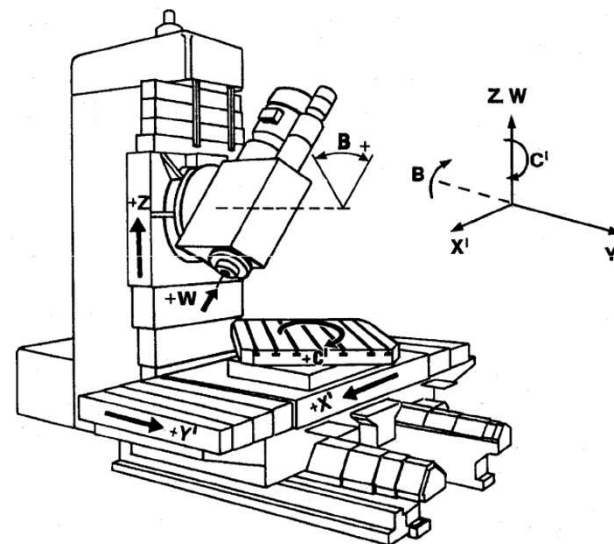
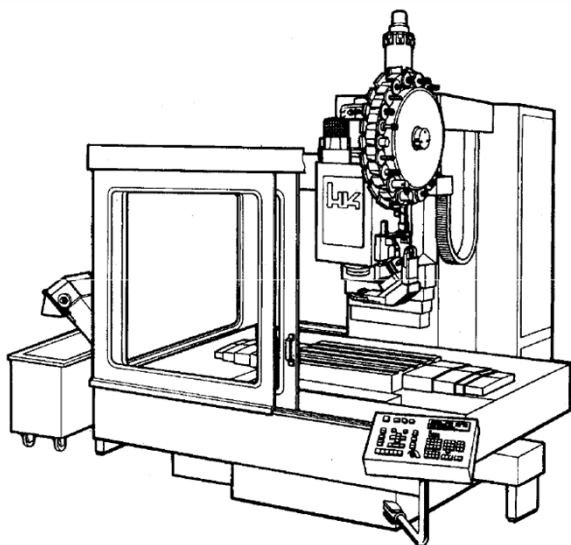


Elementi CNC-strojev

● Vrste numerično krmiljenih obdelovalnih strojev

- Numerično krmiljeni stroji za odrezovanje
 - Vrtalni stroji (vertikalni, horizontalni)
 - Vrtalno-frezalni stroji (3-, 4-, 5-osni)
 - Stružnice
 - Stružilno-frezalni centri
 - Brusilni stroj
- Numerično krmiljeni stroji za izsekavanje in prebijanje
- Numerično krmiljeni stroji za preoblikovanje
- Numerično krmiljeni stroji za razdvajanje
 - Stroji za plamensko rezanje
 - Stroji za elektroerozijsko obdelavo
 - Stroji za lasersko rezanje
 - Stroji za rezanje z vodnim curkom
 - Stroji za različne postopke varjenja

Elementi CNC-strojev

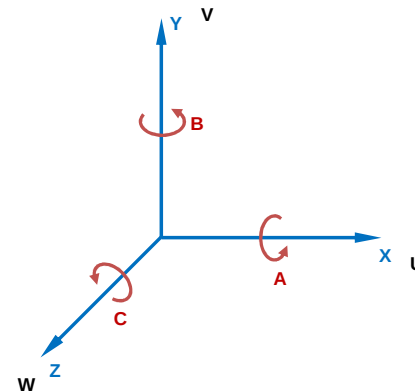
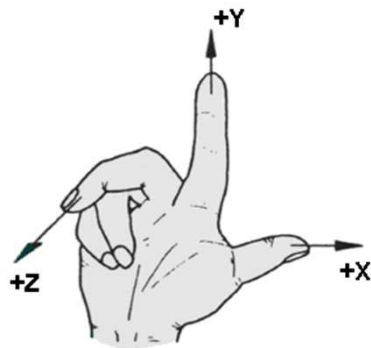


Elementi CNC-strojev



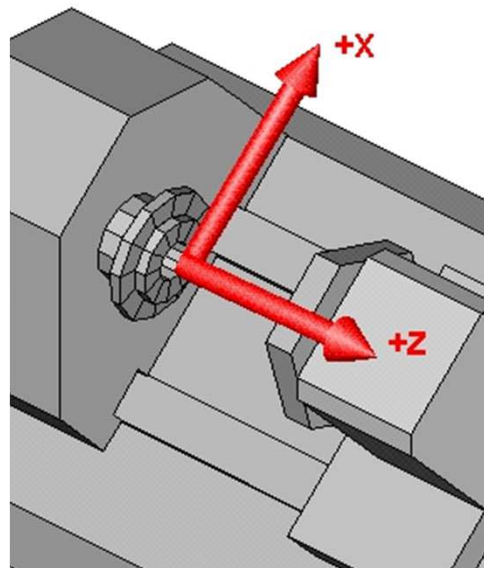
Koordinatni sistemi

- Uporabljamo ortogonalni desnoročni kartezijski koordinatni sistem z X , Y , in Z osjo.
- Opišemo ga s pravilom desne roke in je standardiziran po ISO 841 in DIN 66217.
- Vodila stroja dopuščajo samo translacije (premočrtno gibanje), vležajenja pa dopuščajo rotacije. Vsako dopuščeno gibanje v smeri translacije ali rotacije je ena prostostna stopnja.
- Rotacijske osi, ki omogočajo krmiljenje vrtenja obdelovanca ali orodja okrog ene od glavnih treh linearnih osi označujemo s črkami A , B , C .
- Dodatne linearne osi označujemo s črkami U , V , W (P , Q , R).

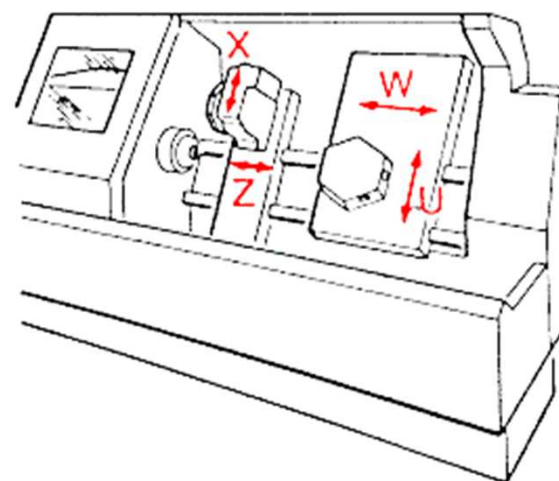
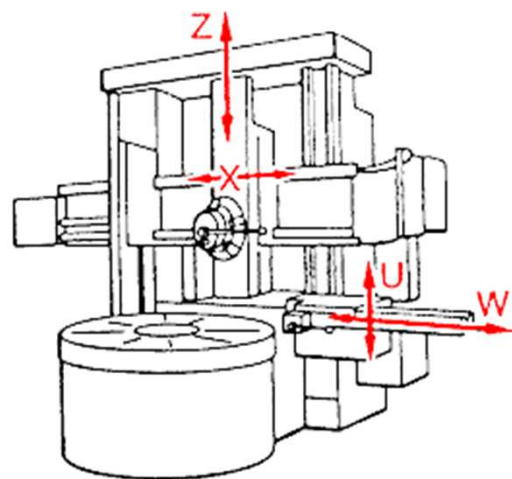
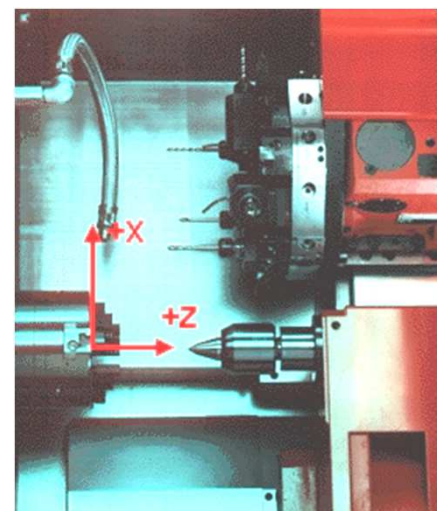
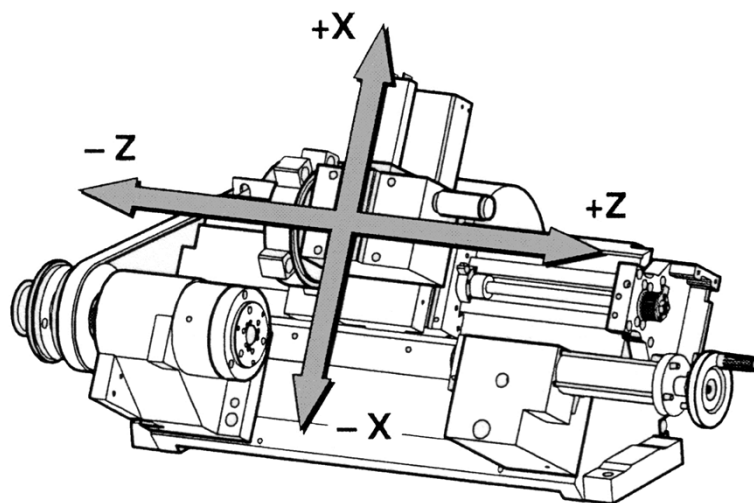


Koordinatni sistemi

- Na stružnicah uporabljamo ravninski desnoročni kartezični koordinatni sistem, ki je določen z dvema osema (X, Z).
- Z os kaže v smeri glavnega vretena, pozitivna od obdelovanca proti orodju, in predstavlja glavno gibanje orodja. Smeri obeh osi so določene tako, da je gibanje orodja proti obdelovancu vedno v negativni smeri.

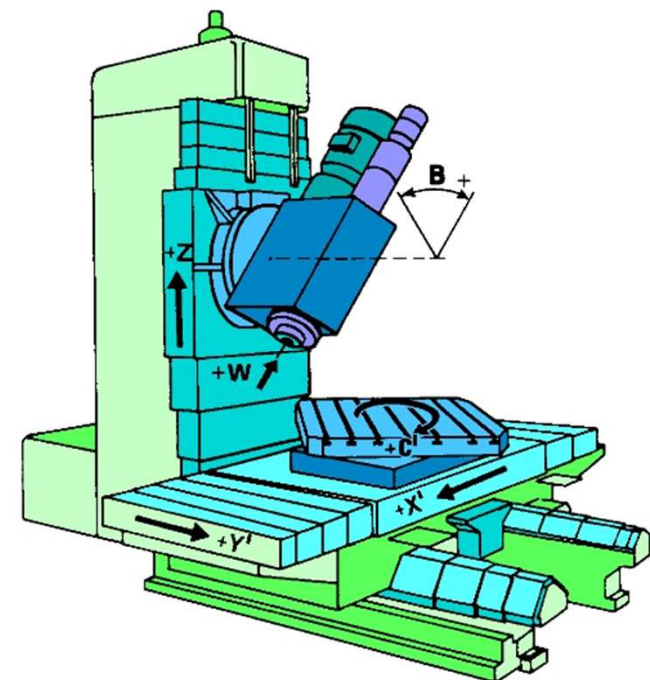
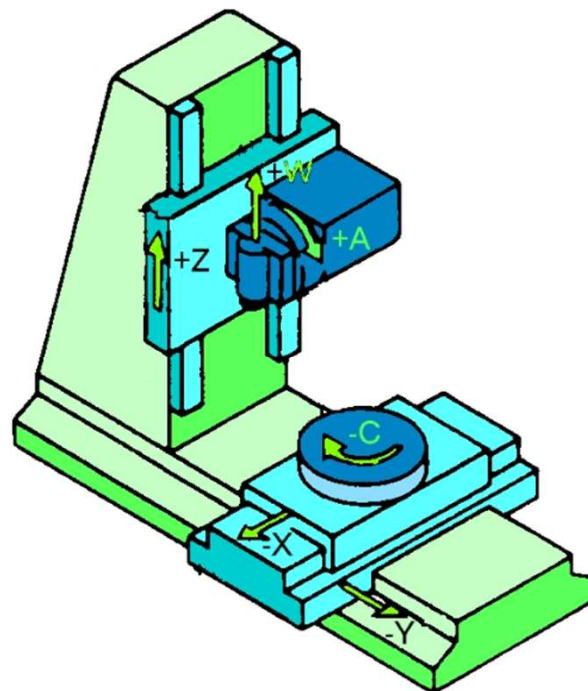
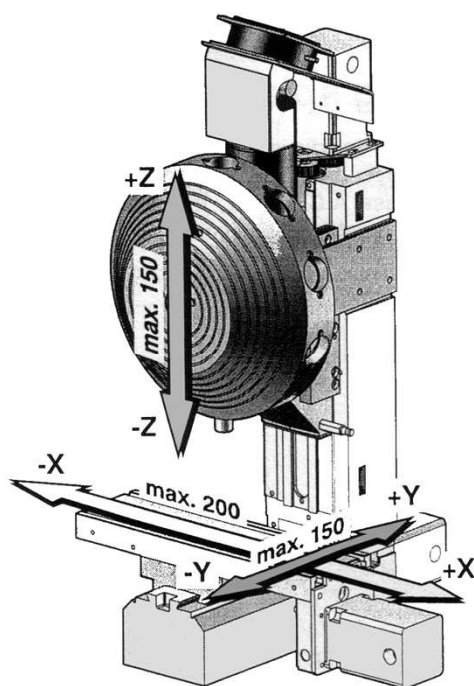


Koordinatni sistemi



Koordinatni sistemi

- Na vrtalno – frezalnih strojih uporabljamo prostorski koordinatni sistem, kjer os Z poteka vedno v smeri glavnega vretena stroja, pozitivna os Z v smeri od obdelovanca proti orodju.
- Drugi dve osi služita za opisovanje podajalnih gibanj, kjer je os X vzporedna z mizo in označuje vzdolžno gibanje, os Y pa označuje prečno gibanje.



Koordinatna izhodišča



M – **strojna ničelna točka** predstavlja središče koordinatnega sistema stroja in začetna točka za vse ostale koordinatne sisteme. Določena je v tovarni.



R – **referenčna točka je točka**, kjer se sinhronizirata stroj in krmilnik oziroma točka kalibriranja merilnega sistema. Razdalja med strojno ničelno točko in referenčno točko predstavlja teoretično delovno območje stroja.



W – **ničelna točka na obdelovancu**. Je izhodišče koordinatnega sistema na obdelovancu. Glede na to točko določamo koordinate vseh točk v programu.



N – **točka pritrditve orodja**. Je startna točka za umerjanje orodja. Določena je v tovarni.



T – **ničelna točka na držalu orodja** oziroma točka vpetja vpenjalne glave orodja.

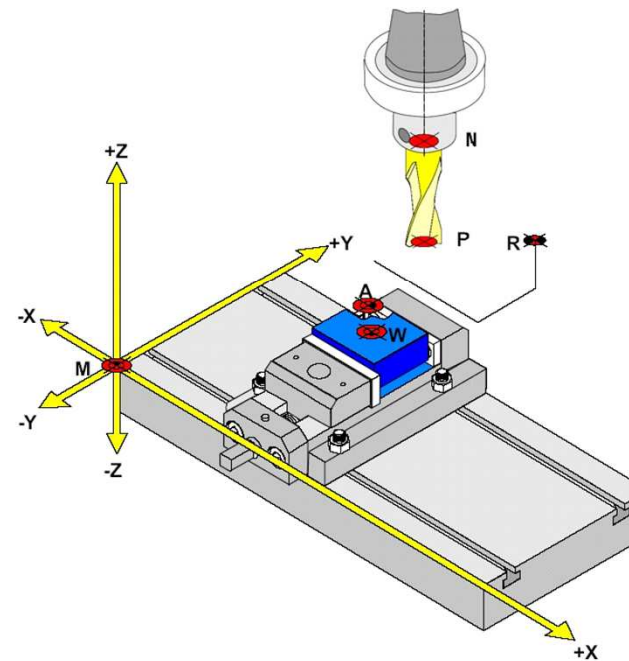
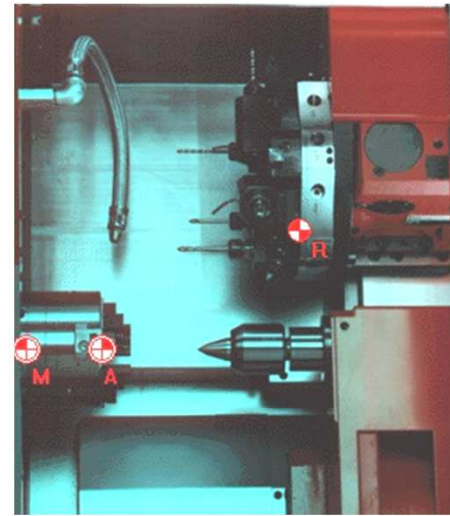


A – **začetna (skrajna) točka** ali nasedna točka obdelovanja.



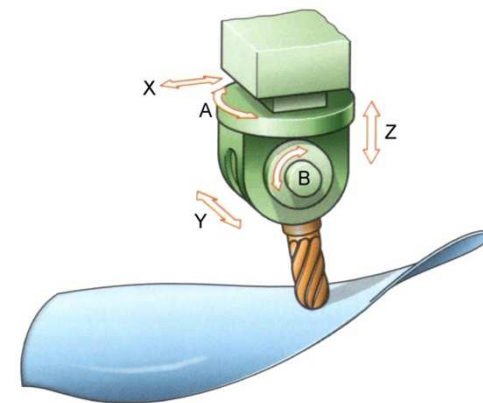
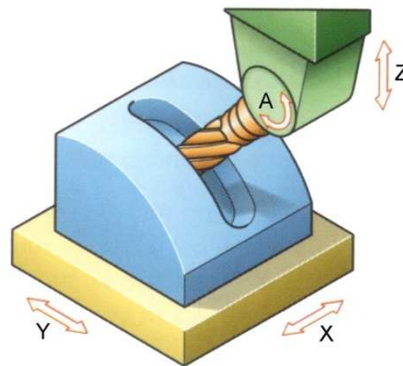
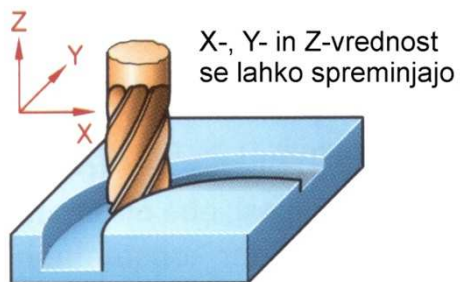
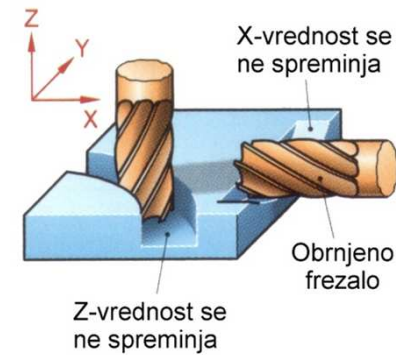
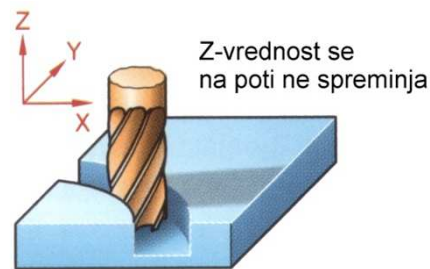
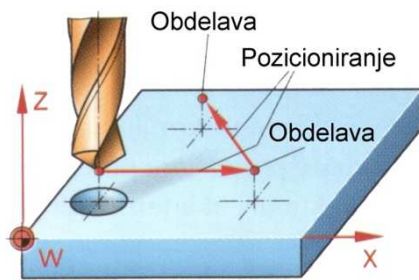
P – **ničelna točka na orodju** oziroma izhodiščna točka konice orodja ali lege orodja.

Koordinatna izhodišča



Načini krmiljenja

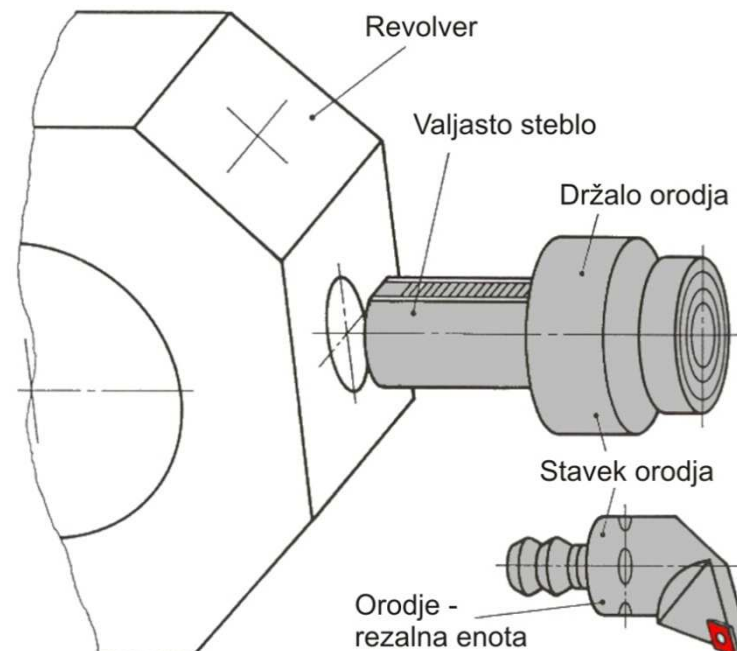
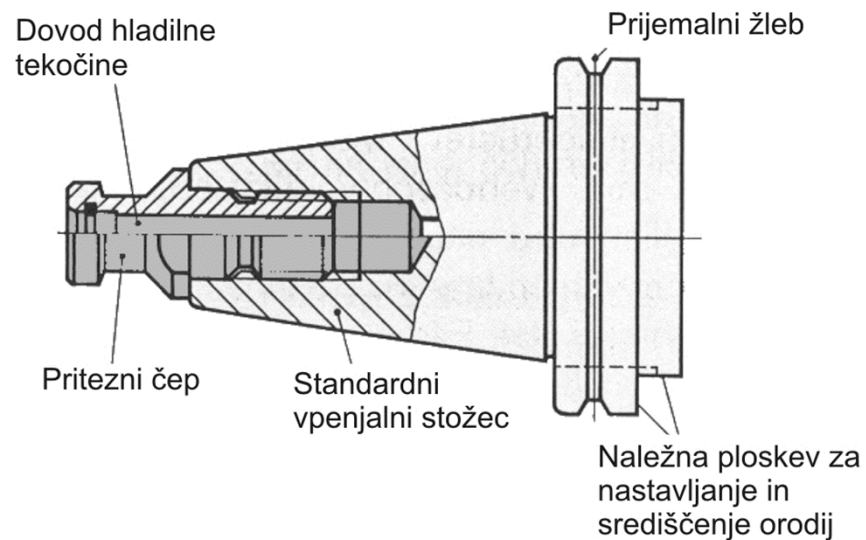
- Krmiljenje od točke do točke (asinhrono ali sinhrono)
- Krmiljenje po poti oziroma konturno krmiljenje (2D, 2.5D, 3D, 4D, 5D)



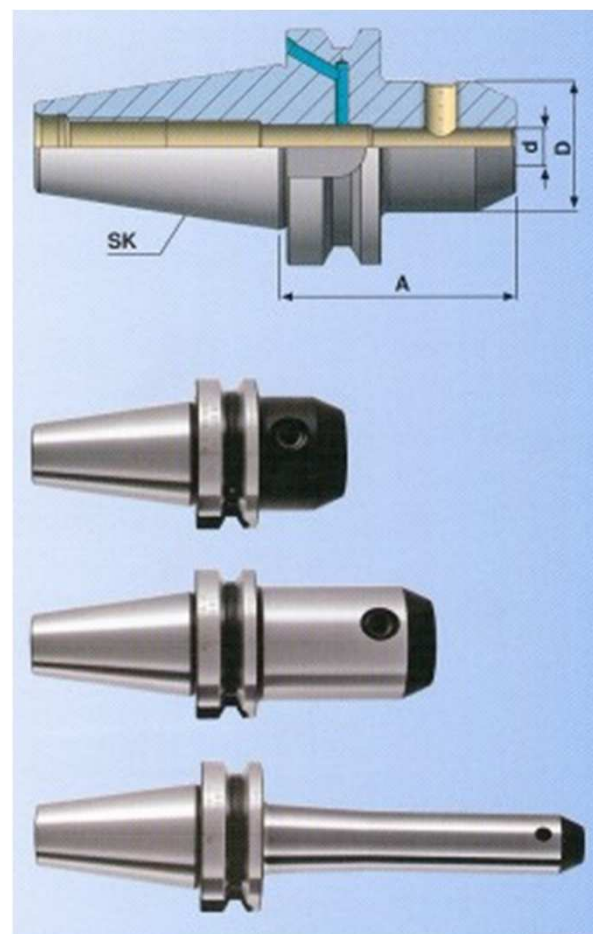
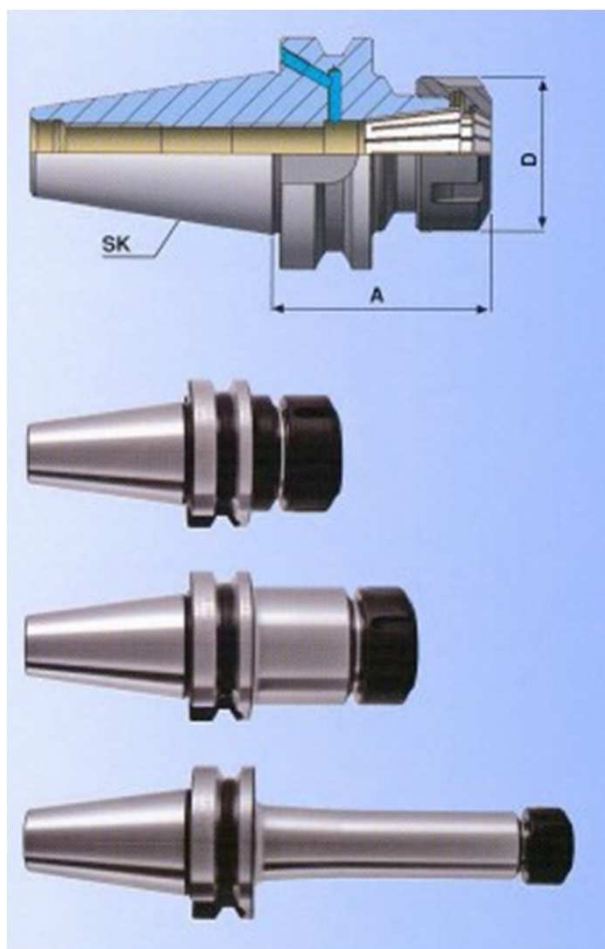
Orodni sistemi

- V orodni sistem spadajo:
 - orodja,
 - vpenjalne priprave za vstavljanje orodij v vreteno stroja,
 - držala orodij,
 - orodna skladišča,
 - naprave za menjavo orodij,
 - sistema za računalniško upravljanje orodij.
- Zahteve, ki jih mora izpolnjevati orodni sistem so:
 - hitro in varno rokovanje,
 - možnost prednastavljanja orodij,
 - velika ponovljivost pri izmenjavi orodij,
 - zbiranje podatkov o orodjih v orodni podatkovni bazi in upravljanje z njimi,
 - nadzor orodij.

Orodni sistemi

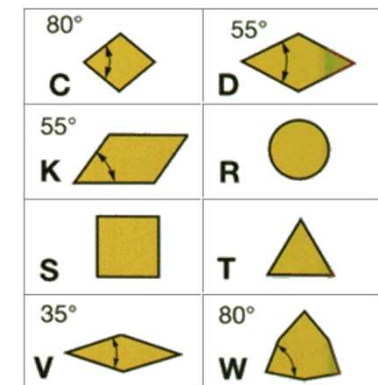
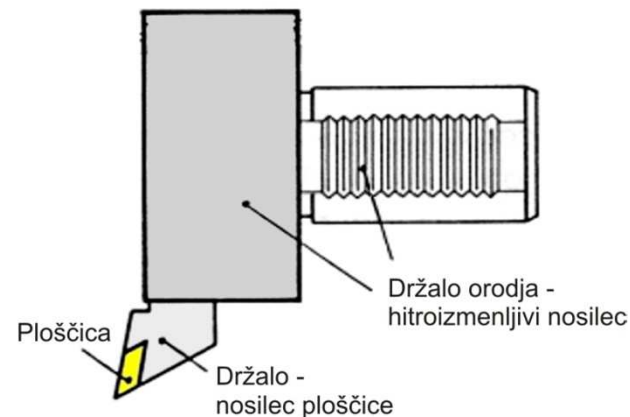
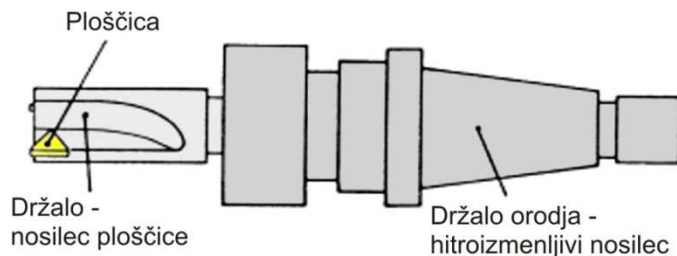


Orodni sistemi



Orodja

- Sodobna rezalna orodja so sestavljena iz držala in menjalnih rezalnih ploščic različnih oblik.
- Ploščice mehansko pritrdimo na držala različnih oblik, le-te pa v hitromenjalni nosilec orodja ali revolversko glavo (na stružnicah) ter trne ali stročnice (na frezalnih strojih).
- Držala in ploščice same se po obliki in velikosti prilagajajo vrsti delovne operacije in geometrijskim oblikam obdelovanca in surovca.



Orodja



Orodja

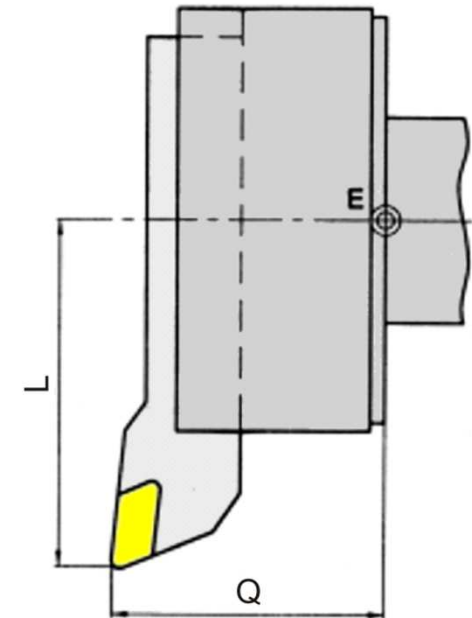
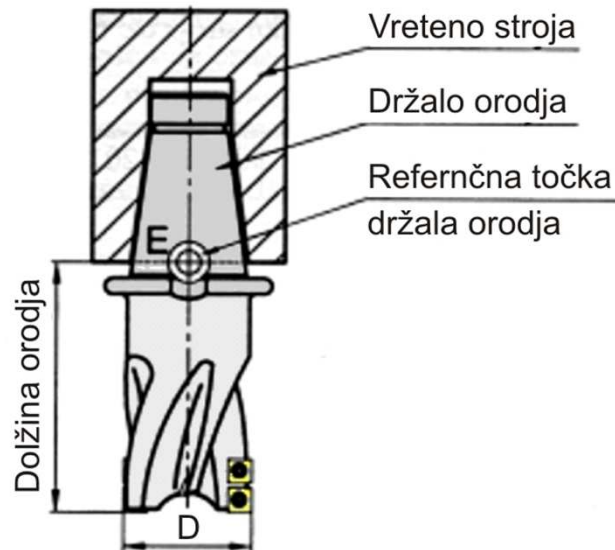
- Na izbiro pravilnega materiala pa vplivajo naslednje zahteve:
 - trdota orodja mora biti večja od trdote obdelovanca,
 - čim večja temperaturna trdota,
 - čim manjša nagnjenost k obrabi,
 - čim večja žilavost,
 - čim manjše trenje med orodjem in obdelovancem,
 - čim nižja cena.
- **Tehnološka zanesljivost orodja** pove, pri katerih rezalnih pogojih še ne nastopi povečana obraba orodja ali njegov zlom, kar vse bistveno vpliva na izdelovalne čase in količino izdelanih izdelkov.
- **Geometrijska zanesljivost orodja** pomeni nespremenljivo geometrijo orodja in izmere med obdelavo. Orodja so običajno vnaprej nastavljena, NC-program pa te izmere upošteva. V kolikor pride med obdelavo do spremembe geometrije orodja, se spremenijo tudi mere obdelovanca.

Umerjanje orodja

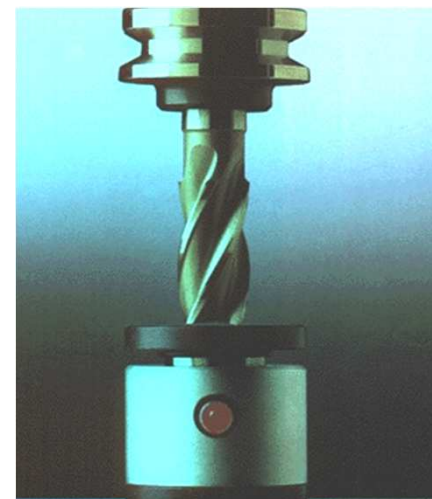
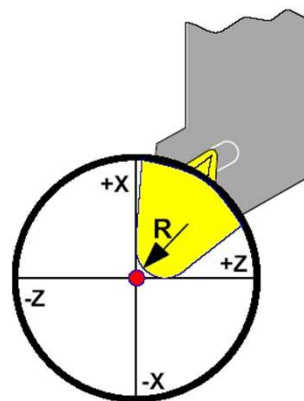
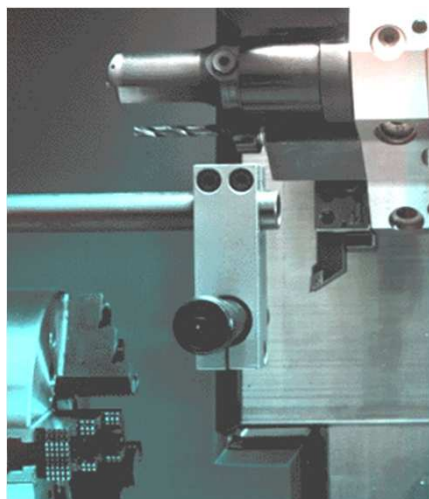
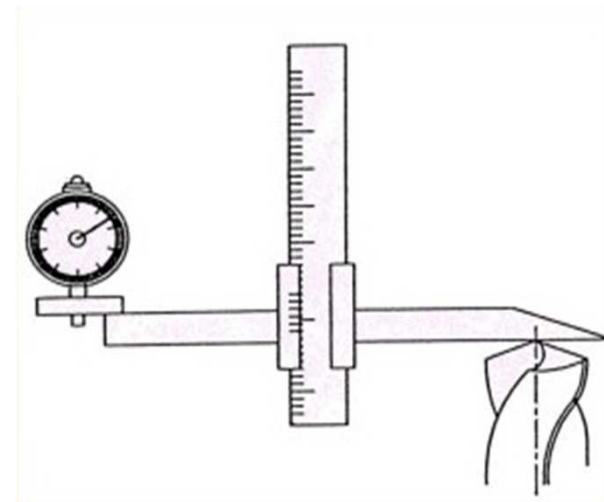
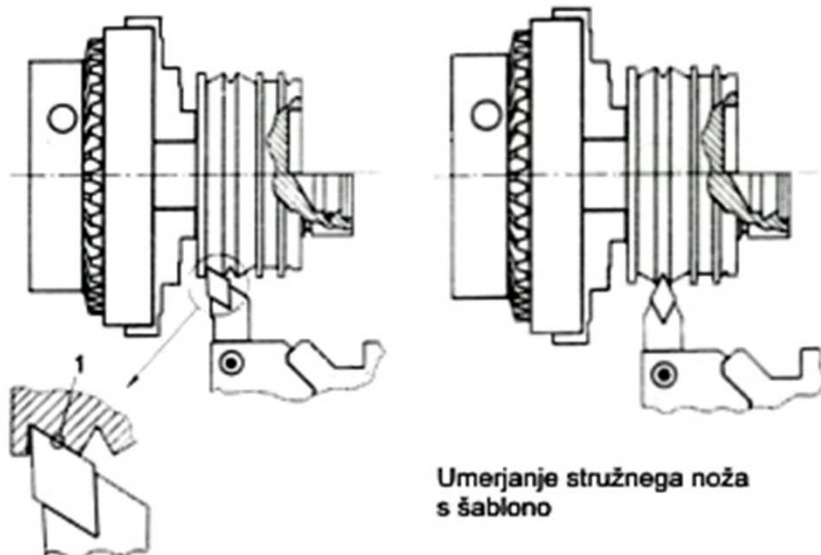
- Glede na mesto ločimo umerjanje orodja:
 - na samem stroju ali pa
 - izven stroja na posebnih merilnih mestih (prednastavljanje).

- Načini umerjanja:

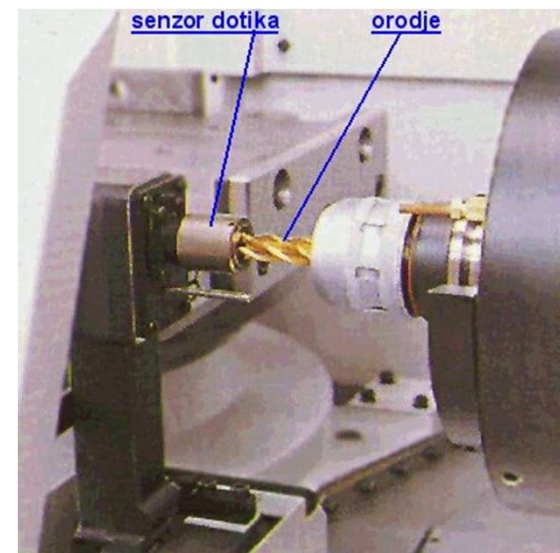
- Mehansko
- Optično
- Elektronsko



Umerjanje orodja



Umerjanje orodja



Parametri odrezavanja

- Rezalno hitrost
 - Število vrtljajev glavnega vretena
 - Podajanje
 - Globina odrezovanja materiala
- Z iskanjem optimalnih parametrov odrezavanja želimo zmanjšati obrabo orodja, zagotoviti ustrezno kakovost površine, samo točnost izdelkov in čim manjše stroške obdelave.
- Rezalna hitrost

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} [m / \min] \quad \rightarrow \quad n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} [\min^{-1}]$$

Parametri odrezavanja

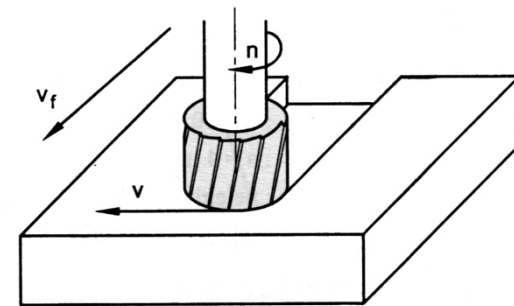
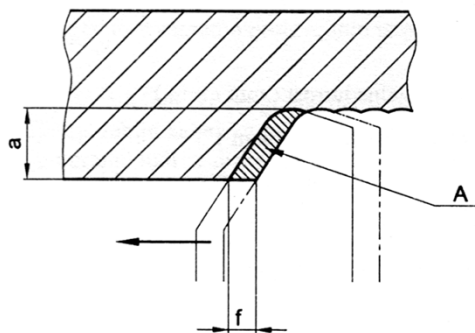
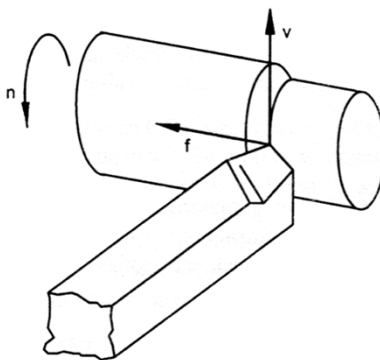
● Podajanje

- Pri fini obdelavi je podajalna hitrost običajno nižja kot pri grobi obdelavi.

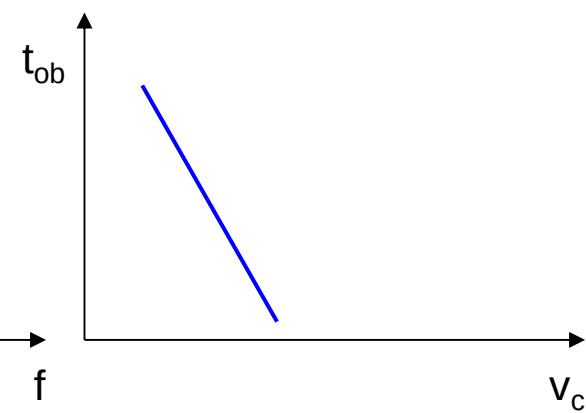
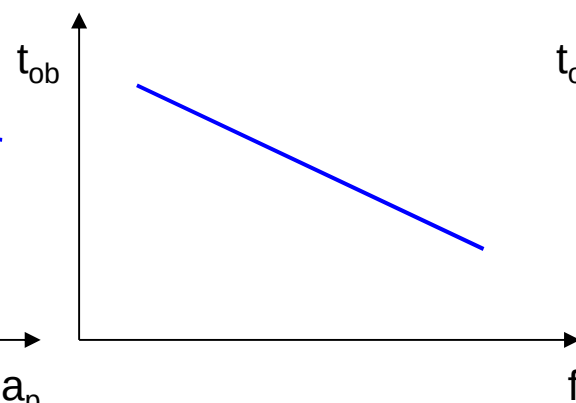
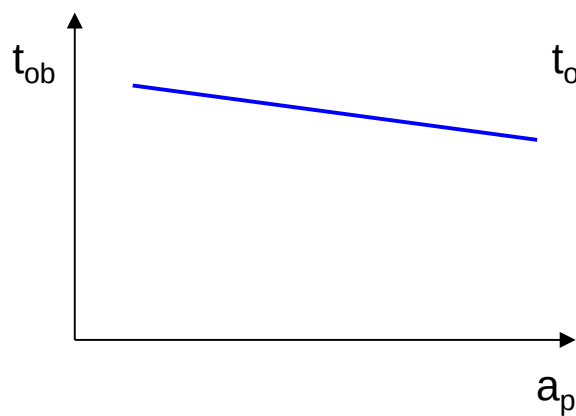
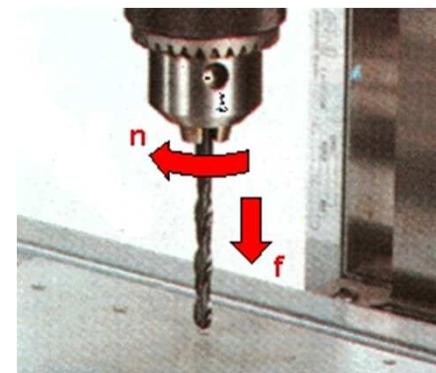
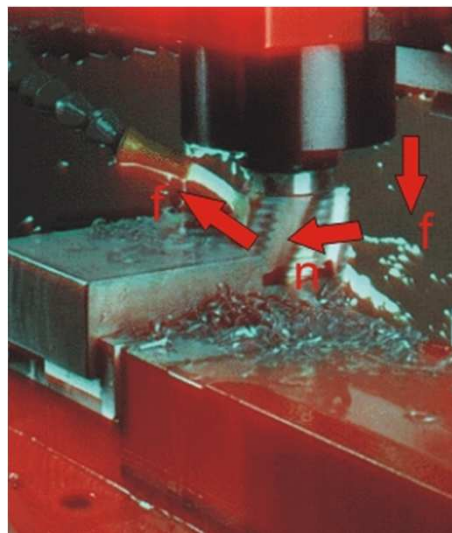
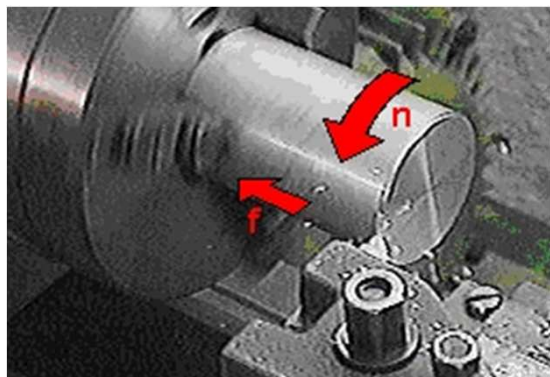
$$v_f = n \cdot f \quad \text{struženje}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad \text{frezanje}$$

- Globino reza določimo predvsem glede na moč motorja in izbrano podajanje.



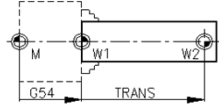
Parametri odrezavanja



Programiranje CNC-strojev

● Tehnična in tehnološka dokumentacija

- Delavniška risba
- Operacijski list
- Orodni list
- Skica vpetja in pozicioniranja
- Načrt rezanja
- Programski list

RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA		ORODNI LIST – STRUŽENJE				
Naziv risbe:		Številka risbe:		Ime programa:		
ČEP S KROGLO		CNC-S-001		CEP1, CEP2		
Obdelovalni stroj:		Tip krmilnika:		Izdelal:		
EMCO TURN 105		SINUMERIK 810/840D		Robert BALAŽIČ		
				Datum:		
				18. 9. 2009		
SUROVEC	Material	Oznaka	Dimenzije	Opombe		
	Aluminij	AlCu5PbBi	Ø30x65			
VPENJANJE	Priloge	Koordinatna izhodišča				
	Trilceljstna vpenjalna glava V4W 186R					
ORODJA	T1	Nož za struženje navoja – desni		T2	Nož za fino obdelavo - levi	
		Številka korekcije: D1	Tip orodja: 540		Številka korekcije: D1	Tip orodja: 510
		Lega konice: 8		Lega konice: 3		
		Polmer konice:		Polmer konice: 0,4		
		Hitrost: 800 min ⁻¹		Hitrost: 180 m/min		
		Podajanje:		Podajanje: 0.1 mm/vrt		

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:	Izdelal:	Pregledal:	Datum:	
EMCO TURN 105	SINUMERIK 810/840D	Robert BALAZIČ		18. 9. 2009	
Z.ŠT.	OPIS OPERACIJE		ORODJE	OPOMBA	
	A stran				
1	Premik ničelne točke			TRANS Z64.5	
2	Čelna poravnava		T2 D1	Levi nož	
3	Grobo 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	Grobo struženje		T2 D1	180 m/min, 0.1mm/vrt	
3	Fino struženje		T2 D1	220 m/min, 0.05 mm/vrt	
4	Konec programa				

RAČUNALNIŠKO PODPRTA PROIZVODNJA	PROGRAMSKI LIST				
	Naziv risbe:	Številka risbe:	Ime programa:	List:	Listov:
	ČEP S KROGLO	CNC-S-001	CEP WPD	1	2
Obdelovalni stroj:	Tip krmilnika:	Izdelal:	Pregledal:	Datum:	
EMCO TURN 105	SINUMERIK 810/840D	Robert BALAZIČ		18. 9. 2009	
N	PROGRAMSKE FUNKCIJE			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",1,5,0,0,0,1,0,1,0,0,5,0,1,0,0)			Groba obdelava	
N50	G96 S220 F0.05				
N55	CYCLE95("CEP1",0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,0,0,0,0,0)			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	

Programiranje CNC-strojev

● Zgradba programa

- Programiranje NC-strojev je standardizirano po DIN 66025 in ISO 6983.
- 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).
- Program je zaporedje geometrijskih in tehnoloških ukazov, napisanih v obliki, ki jo razume krmilna enota posameznega CNC-stroja.
- Program je sestavljen iz programskih stavkov, ki predstavljajo eno izmed operacij (pozicioniranje, delovni gib...). Stavek je sestavljen iz posameznih besed, ki pa predstavljajo vrsto opravil, potrebnih za eno operacijo (nastavitev števila vrtljajev, rezalne hitrosti, podajanja, koordinat, menjavo orodja...). Besede so sestavljene iz posameznih črk in niza števil s predznakom.

Programiranje CNC-strojev

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		

Številka stavka	Podatki o poti		Stikalni podatki			
	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

Programiranje CNC-strojev

● Načini programiranja

Odvisno od:

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

● Ročno programiranje

● Ročno programiranje direktno na stroju (WOP)

● Programiranje s podporo računalnika in programskim sistemom

Programiranje CNC-strojev

● Ročno programiranje

- 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.

Programiranje CNC-strojev

● Programiranje s podporo računalnika

- 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.

Programiranje CNC-strojev

● Prednosti programiranja s podporo računalnika

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