

OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM

- prezentacije sa vježbi -

Branislav Sredanović

Banja Luka, mart 2014.

- Prezentacije sa vježbi sadrže teoretske osnove za izbor i konstrukciju obradnih centara.
- Uz prezentacije se koristi skripta "Podloge za vježbe iz Obradnih sistema za obradu rezanjem".
- U pomenutoj skripti nalaze se zadaci koji se odnose na modeliranje i proračun elemenata bradnog centra.
- Prezentacije su namjene studentima treće godine Mašinskog fakulteta u Banjoj Luci.

Samo za internu upotrebu!

LITERATURA POTREBNA ZA VJEŽBE

- 1) Lukić, Lj. FLEKSIBILNI TEHNOLOŠKI SISTEMI, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet, Kraljevo, 2007.
- 2) Jovišević, V. PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2005.
- 3) Djapic, M., Lukic, Lj. APPLICATION OF THE DEMPSTER - SHAFER THEORY IN CONCEPTUAL DESIGN OF THE MACHINING CENTERS, Technical Gazette, Vol. 20, No.1., pp. 65 - 71, 2013.
- 4) Nedić, B., MAŠINE ALATKE - PROJEKTOVANJE PRENOSNIKA MAŠINA ALATKI - Skripta, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2007
- 5) Glavonjić, M., Kokotović, B., Živanović, S. GLAVNO KRETANJA OBRADNOG CENTRA - KONFIGURISANJE GLAVNOG KRETANJA, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- 6) Glavonjić, M., Kokotović, B., Živanović, S. POMOĆNA KRETANJA OBRADNOG CENTRA - KONFIGURISANJE POMOĆNIH KRETANJA, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- 7) Živkov, S. VERTIKALNA NUMERIČKI UPRAVLJANA GLODALICA ZA IZRADU ALATA ZA LIVENJE PLASTIČNIH MASA - Diplomski rad, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
- 8) Petrović, P., PROJEKTOVANJE OBRADNIH SISTEMA - Separati predavanja, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2011.
- 9) Grupa autora, KOMPONENTE NUMERIČKI UPRAVLJANIH ALATNIH MAŠINA - Skripta, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, 2001,
- 10) Miltenović, V., MAŠINSKI ELEMENTI - TABLICE I DIJAGRAMI, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, 2002.
- 11) Obradni centri i moduli: www.hasscnc.com
- 12) Obradni centri i moduli: www.hurco.com
- 13) Glavna vretena: www.shaublin.ch
- 14) Glavna vretena: www.franc-kessler.de
- 15) Ležajevi i uležištenja: www.skf.com
- 16) Ležajevi i uležištenja: www.fkl.com
- 17) Elektromotori i električna vretena: www.dynospindles.com
- 18) Elektromotori i električna vretena: www.siemens.com

STRUKTURA OBRADNIH CENTARA

Branislav Sredanović

OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM
Vježbe

OSNOVNI PRINCIPI IZBORA OBRADNIH CENTARA

Tipovi savremenih konvencionalnih CNC mašina:

- **CNC strugovi (za obradu rotacionih dijelova)**
 - sa jednim ili dva glavna vretena
 - bez pogonjenih alata ili sa pogonjem alatima
- **CNC glodalice bušilice (za obradu prizmatičnih dijelova)**
 - jednovretene ili viševretene
 - vertikalne ili horizontalne
 - troosne, četvorosne ili petosne
- **CNC brusilice**
 - za ravno ili okruglo brušenje
 - sa vertikalnim ili horizontalnim vretenom

OSNOVNI PRINCIPI IZBORA OBRADNIH CENTARA

Osnova za izbor ili konstrukciju mašine alatke su **osobine obradaka** koji će se obrađivati na mašini. U suštini analiza tehnološkog postupka izrade mora obuhvatiti sljedeće faze:

- Analiza oblika površina obratka,
- Analiza dimezija obratka,
- Analiza materijala obratka,
- Analiza tolerancija mjera i oblika na obratku.



Mašine alatke se uglavnom biraju/konstruišu na osnovu grupe dijelova koji se namjeravaju obrađivati na datoj mašini. Potrebno je težiti izboru/konstrukciji koji omogućava obradu što većeg broja površina na obratku u što manjem broju stezanja.

OSNOVNI PRINCIPI IZBORA OBRADNIH CENTARA

Prilikom izbora ili konstrukcije mašine alatke, a na osnovu prethodno pomenute analize, potrebno je voditi računa o sljedećem:

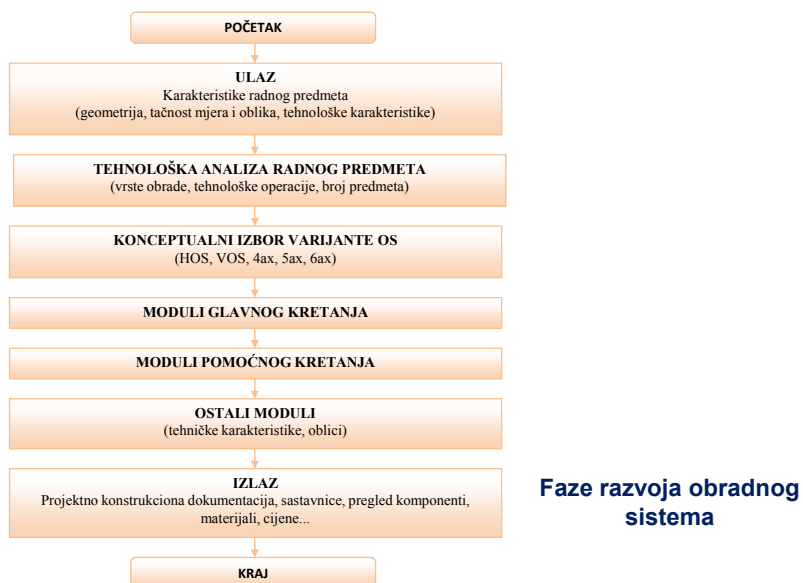
- Kinematici mašine,
- Tačnosti mašine,
- Radnom prostoru mašine,
- Snazi izvršnih organa mašine (ekonomičnosti),
- Statičkim i dinamičkim karakteristikama mašine,
- Fleksibilnosti i adaptivnosti mašine,
- Estetici i ergonomiji mašine, itd.

OSNOVNI PRINCIPI IZBORA OBRADNIH CENTARA

Izbor ili konstruisanje obradnih centara za potrebe obrade dijelova iz posmatrane grupe dijelova prolazi kroz više faza:

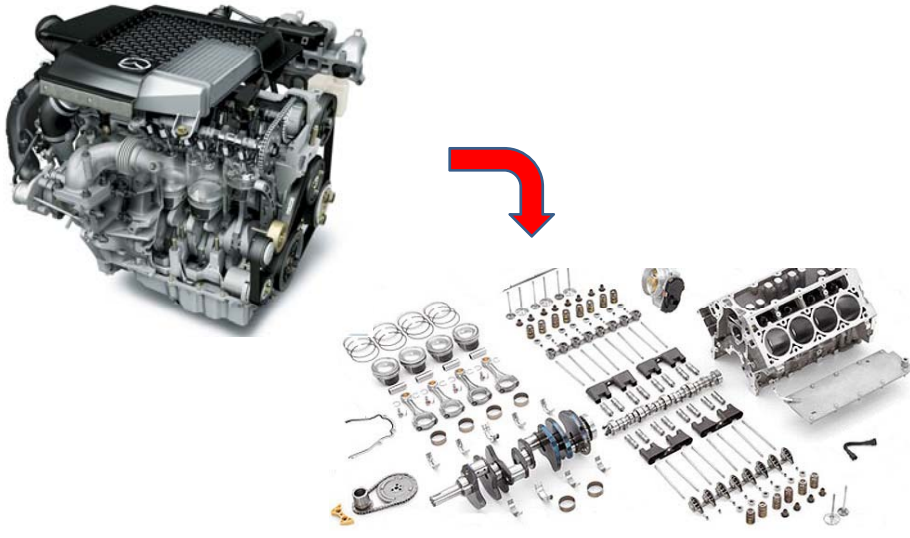
- Opredjeljenje koji je optimalan položaj glavnog vretena
- Određivanje vrste linearnih kretanja u pravcu ose glavnog vretena
- Određivanje potrebnih kretanja radnog stola
- Podjela linearnih pomoćnih kretanja na kretanja alata i RP
- Definisanje noseće strukture (jednostubna, dvostubna)
- Izbor vrste i tipa magacina alata i izmjenjivača
- Izbor vrste i tipa izmjenjivača paleta

OSNOVNI PRINCIPI IZBORA OBRADNIH CENTARA



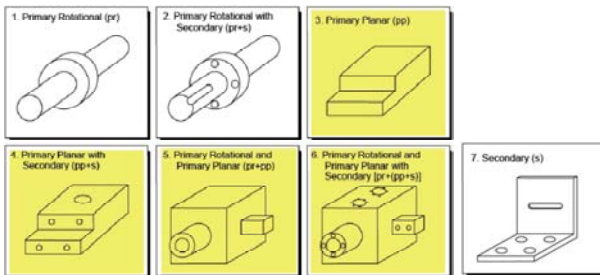
ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE

➤ Analiza dijelova



ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE

➤ Klasifikacija radnih predmeta



- Prebrojavanje dijelova po grupama

Obrade	Kategorije dijelova						
	pr	pr+s	pp	pp+s	pr+pp	pr+(pp+s)	s
Struganje	82	55			43	23	
Glodanje			80	44	33	20	5
Bušenje		27		32		33	68
Izrada navoja		10		13		13	27
Brušenje	18	8	20	11	22	11	

ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE

➤ Analiza gabaritnih dimenzija

Veličine kretanja	Broj dijelova		
	X	Y	Z
200	3	4	5
250	6	11	8
315	8	17	9
400	15	19	11
500	13	25	27
630	29	9	2
800	3	4	5
1000	6	2	8
1250	8	7	4
1600	22	12	14
2000	11	4	6
2500	9	4	4
3150	8	2	2
4000	8	2	1
5000	5	-	-
6300	3	-	-

➤ Učestale gabaritne dimenzije:

Po x osi: Xg = **630** mm
 Po y osi: Yg = **500** mm
 Po z osi: Zg = **500** mm

ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE

➤ Analiza dimenzija i materijala

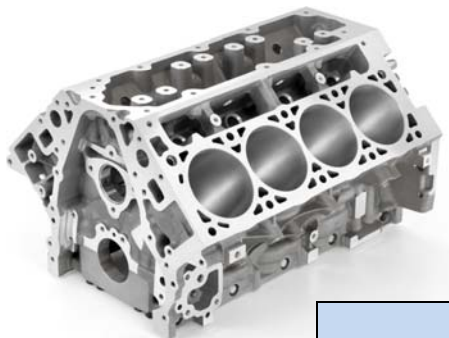
- Prebrojavanje dijelova po gabaritima

Kategorija	Dugački: Max / Min > 3	Ujednačeni: Max / Min < 3
pp	14	86
pp+s	22	78
pr+pp	19	81
pr+(pp+s)	23	77

Osobina RP	Vrijednost / Opis
Dominantni tip oblika predmeta	Rotacioni Prizmatični Kombinovani
Odnosi gabaritnih dimenzija	Ujednačen Dugački
Materijal sa najlošijom obradivošću	Cr - Ni čelik
Tačnost za dominantne obrade	± 0,01 mm
Kvalitet za dominantne obrade	N6
Težina predmeta obrade (m _g)	100 kg
Radni predmet sa najslabijim površinama i obradama	Blok motora BM - 200

ANALIZA PROGRAMA PROIZVODNJE

- Izdvajanje informacija o proizvodu predstavniku

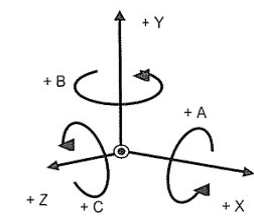


Alat	Maksimalni prečnik D_{max} (mm)	Minimalni prečnik D_{min} (mm)	Maksimalna dužina sa adapterima L_{max} (mm)
Čeono glodalo	100	20	200
Vretenasta glodala	40	3	120
Burgije	30	2	220
Razvrtači	30	3	220
Ureznice	M16	M3	50

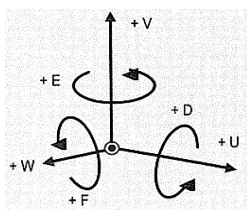
POTREBNI OBLICI I VRSTE KRETANJA

Oblici kretanja po osama sistema:

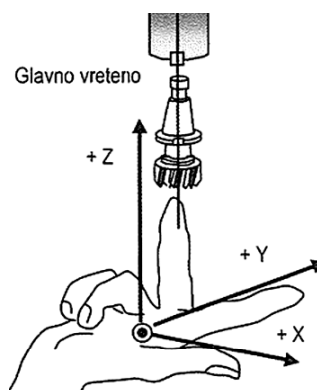
- rotaciona ili pravolinijska,
- glavna i pomoćna kretanja.



Primarni koordinatni sistem



Sekundarni koordinatni sistem

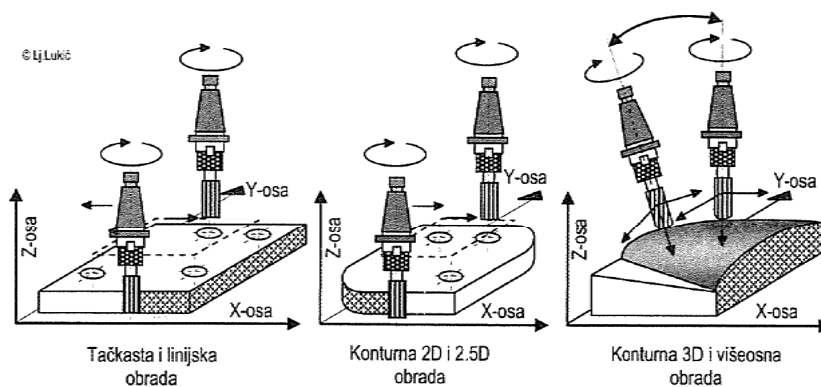


- Moguće je definisati tri **translatorsna** i tri **rotaciona** kretanja.
- **Osa Z** je uvijek definiše kao osa alata, dok je **X osa** uvijek horizontalna.

POTREBNI OBLICI I VRSTE KRETANJA

Upravljanje kretanjima radnim organima u koordinatnim pravcima:

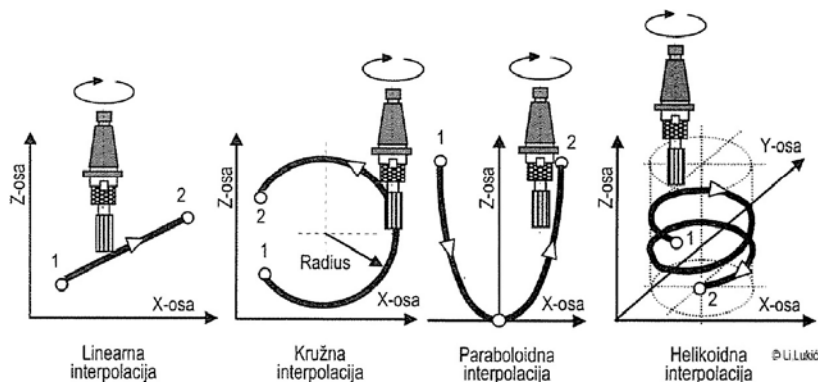
- poziciono upravljanje (tačka po tačka),
- paraksijalno upravljanje (linijsko upravljanje),
- konturno upravljanje (upravljanje sa inercijom)



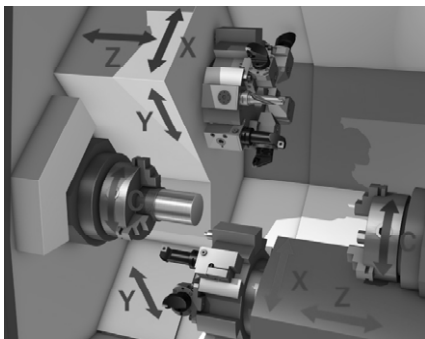
POTREBNI OBLICI I VRSTE KRETANJA

Interpolacija je proces sinhronizacije kretanja po osama:

- linearna interpolacija,
- kružna interpolacija,
- spiralna interpolacija,
- parabolička interpolacija,
- interpolacija po krivoj višeg reda.

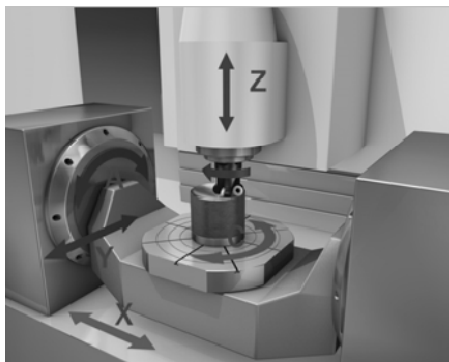


POTREBNI OBLICI I VRSTE KRETANJA



U zavisnosti od broja sinhronizovanih osa, konturno upravljanje može biti 2D, 2½D, 3D, 4D i 5D upravljanje.

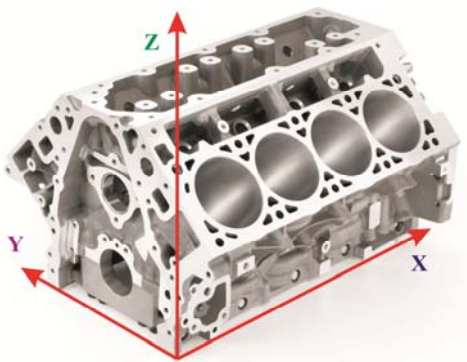
2D je najjednostavnije, 3D je složenije, dok su upravljanja sa više sinhronizovanih osa jako problematična i nemoguća bez upotrebe računarskih programa - **CAM softvera**.



POTREBNI OBLICI I VRSTE KRETANJA

Analiza predmeta obrade daje informacije za:

- određivanje pravca translatorskih kretanja,
- određivanje pravca rotacionih kretanja,
- sagledavanje potrebnih veličina translatorskog i rotacionog kretanja i
- sagledavanje potrebne veličine radnog prostora.



Za prikazani dio:

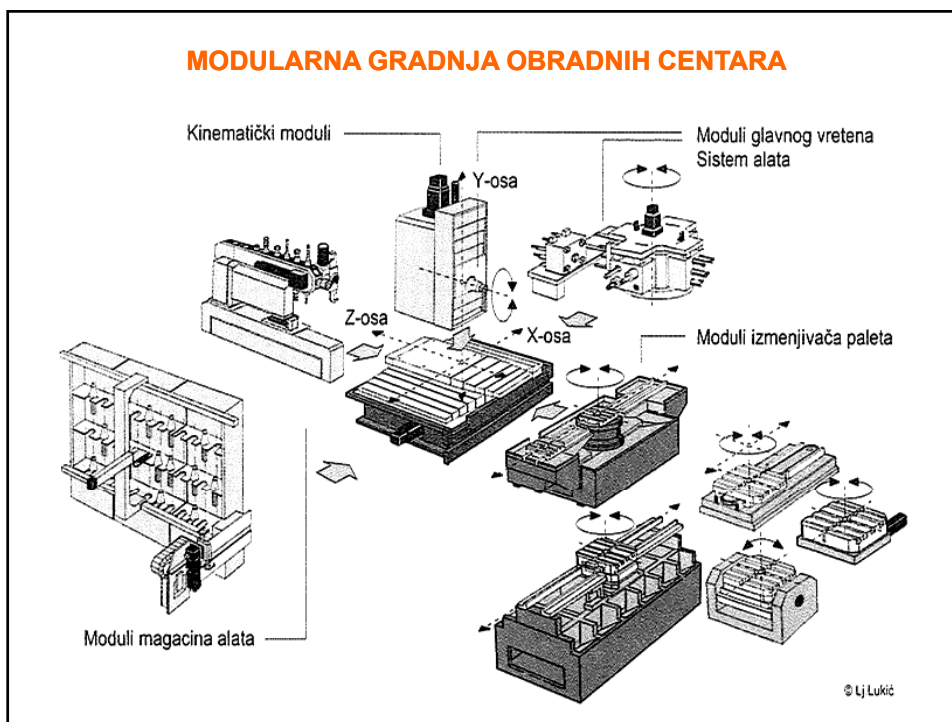
- **Translatorske: X, Y i Z**
- **Obrtne: A i C**
- **Vertikalno vreteno**

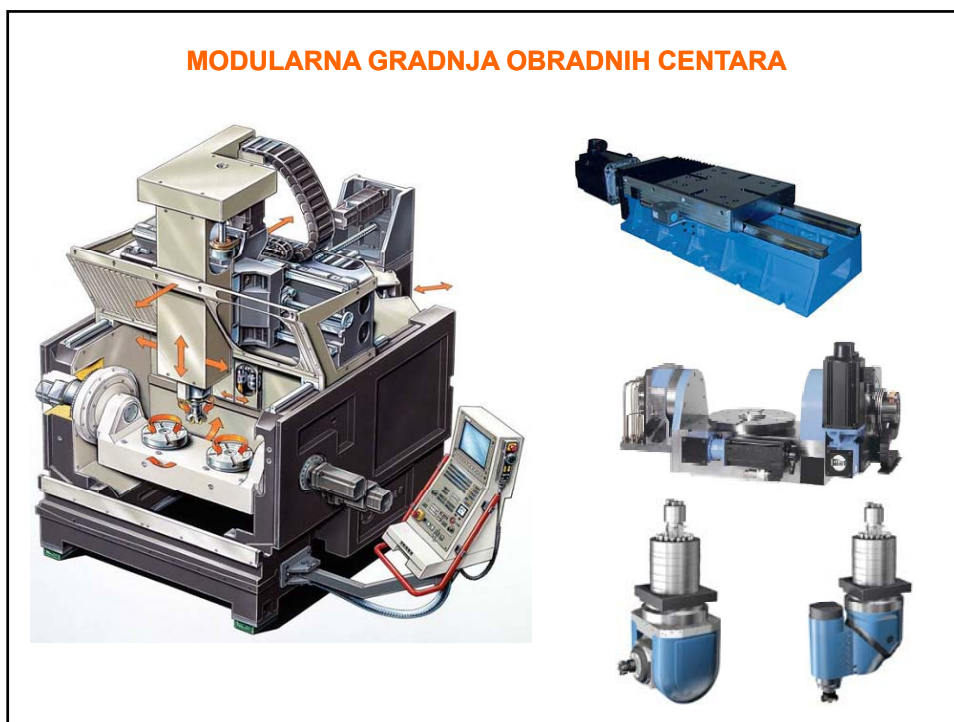
MODULARNA GRADNJA OBRADNIH CENTARA

Moduli obradnih centara se mogu podeliti u dvije grupe:

- **Osnovni ili kinematički moduli**
 - Modul glavnog kretanja ili modul glavnog vretena
 - Moduli linearnih koji izvode translatora pomoćna kretanja
 - Moduli obrtnih pomoćnih kretanja koji izvode kružna pomoćna kretanja
- **Dodatni moduli:**
 - CNC upravljački sistem
 - sistem alata i magacin alata,
 - izmjenjivač alata i izmjenjivač paleta,
 - sistem za hladjenje i podmazivanje,
 - transporter strugotine,
 - zaštitna kabina, itd.
- **U funkcionalne sisteme spadaju:**
 - Pogonski sistemi - obrtni motori i linearni motori
 - Sistemi za vođenje - klizne i linearne vođice
 - Mjerni sistemi - direktni mjerni sistem i indirektni mjerni sistem

MODULARNA GRADNJA OBRADNIH CENTARA





MODULARNA GRADNJA OBRADNIH CENTARA

➤ **Označavanje mašina**

Prvi način označavanja: U koordinatnoj strukturalnoj formuli **stacionarni modul O** dijeli niz osnovnih modula na dva dijela. Na kraju lijevog dijela nalazi se modul koji nosi **radni predmet**, a na kraju desnog dijela je modul koji nosi **alat**.

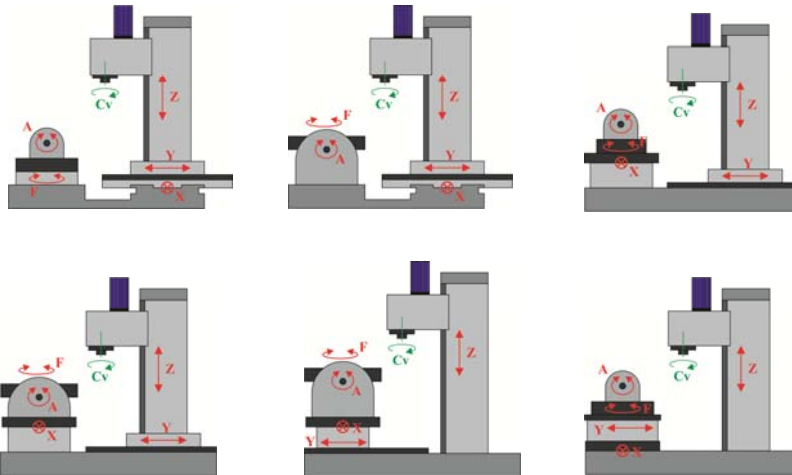
Drugi način označavanja: ose se pišu redom i ukoliko glavno kretanje vrši alat, tada se ose pomoćnih kretanja alata označavaju samo **slovom** (X, Y, Z, A,...), a ose pomoćnih kretanja obratka **slovom sa oznakom prim** (X', Y', Z', A',...).

I - koordinatna strukturalna formula sastava mašine:

BXOWYZ / C_h

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

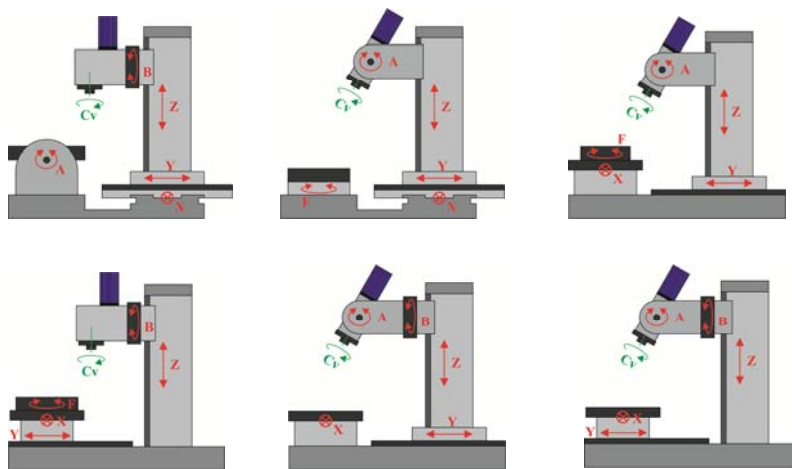
➤ Kombinacije modula – različite strukture obradnih centara



VOC sa obrtnim stolom

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

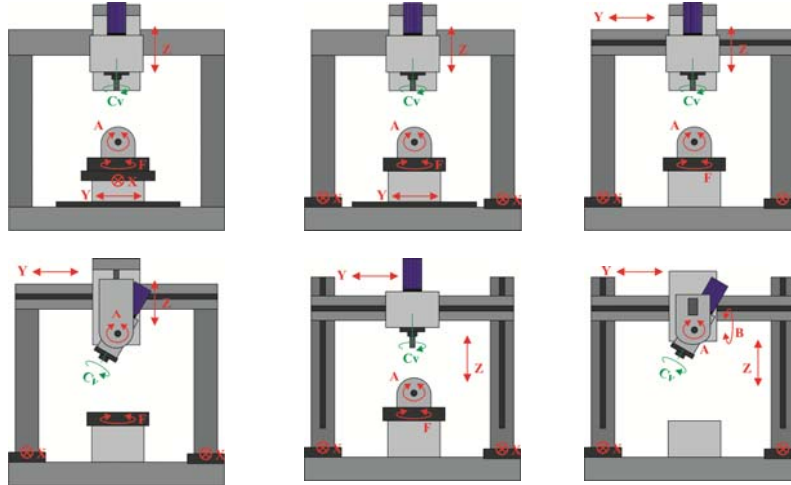
➤ Kombinacije modula – različite strukture obradnih centara



VOC sa obrtnom glavom

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

➤ Kombinacije modula – različite strukture obradnih centara



Portalni VOC

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

➤ Izbor povoljne strukture

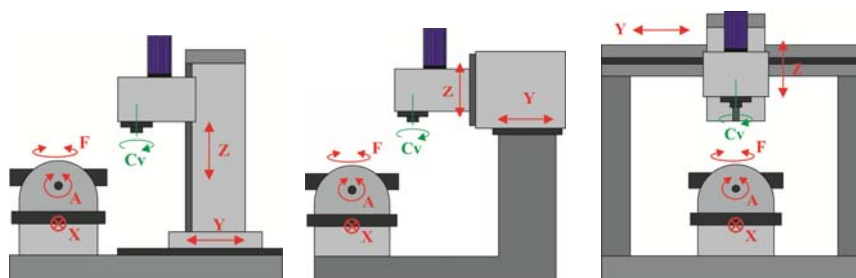
	Ako je	Onda	Napomena
Osnovni RP	Cilindričan	Glavno kretanje izvodi RP	Strugovi
	Prizmatičan	Glavno obrtno kretanje izvodi AL	Glodalice
Masa radnog predmeta	$m_x > 400$ kg	Sva pomoćna i glavna kretanja izvodi AL	Portalni tip
	$m_x < 200$ kg $m_y < 100$ kg $m_z < 200$ kg $m_x > 200$ kg	Pomoćna horizontalna može da izvodi RP Vertikalno pomoćno kretanje može da izvodi RP Obrtna pomoćna kretanja može da izvodi RP Obrtna pomoćna kretanja treba da izvodi AL	
Veličine radnog predmeta	$Zg > 300$ mm	Vertikalno pomoćno kretanje treba da izvodi AL	
	$Zg > 350$ mm	Vertikalno kretanje treba preko dugačke Z ose	
	$Xg > 400$ mm	Horizontalno kretanje po X osi treba da izvodi RP	
	$Yg > 400$ mm	Kretanje po Y osi treba da izvodi RP	
	$Xg > 300$ mm	Treba izbegavati nadovezivanje sa Y osom	
	$Yg > 300$ mm	Treba izbegavati nadovezivanje sa X osom	
Pomoćna kretanja (tehnici)	$Zg < 300$ mm	Vertikalno kretanje može preko kratke Z ose	
	Povišena	Izbjegavati obrtna pomoćna kretanja AL	
	Povišena	U suštini izbegavati pomoćna obrtna kretanja	
	Povišena	Izbjegavati vertikalno kretanje RP po Z osi	
	Povišena	Stacionarni modul u sredini strukturne formule	
	Povišena	Izbjegavati vezana obrtna kretanja	
	Povišena	Kretanje po Z osi treba vezati za postolje	
Normalna	Podjeliti pomoćna obrtna kretanja na A i RP		
Normalna	Obrtno kretanje oko dugačke X ose izvodi RP		

Povoljna struktura obradnog sistema je varijanta koja zadovoljava najveći broj kriterijuma poistavljenih pred obradni sistem:

FAXOYZCv

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

➤ Odabir izvedbe strukture



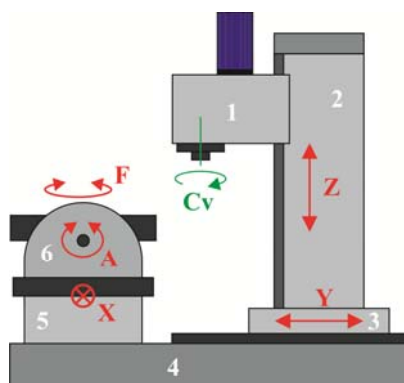
FAXOYZCv ?



Struktura obradnog centra zavisi od potrebne krutosti sistema, veličine potrebnih kretanja i težine radnog predmeta. Prilikom struktuisanja, treba težiti jednakom broju modula kretanja sa obje strane stacionarnog modula.

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

➤ Odabir izvedbe strukture



- 1 - Modul glavnog vretena (vertikalno)
- 2 - Modul linearnog kretanja u pravcu Z ose
- 3 - Modul linearnog kretanja u pravcu Y ose
- 4 - Postolje obradnog centra
- 5 - Modul linearnog kretanja u pravcu X ose (translatorni sto)
- 6 - Modul pomoćnog obrtnog kretanja oko osa X i Z (obratno - zakretni sto)

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

➤ Analiza dosadašnjih izvedbi



Specifications	VMX24m	VMX24t	VMX30m	VMX30t	VMX42m	VMX42t
Winmax Control	Single screen	Twin screen	Single screen	Twin screen	Single screen	Twin screen
X, Y, Z Travel (mm)	610x508x610	610x508x610	760x508x610	760x508x610	1060x610x610	1060x610x610
Table working surface (mm)	760x510	760x510	1020x510	1020x510	1270x610	1270x610
Maximum Table Load	990 Kg	1390 Kg	990 Kg	1390 Kg	990 Kg	1390 Kg
Spindle Taper	CAT 40/BT opt.	CAT 40/BT opt.	CAT 40/BT opt.	CAT 40/BT opt.	CAT 40/BT opt.	CAT 40/BT opt.
Spindle Speed	10,000 RPM	12,000 RPM	10,000 RPM	12,000 RPM	10,000 RPM	12,000 RPM
Spindle Power	15kW (20HP)	9kW (12.5HP)	15kW (20HP)	13.2kW (18.5HP)	21.6kW (29HP)	18kW (24HP)
Spindle Torque (1 min) @ RPM	102 Nm @ 1450	95 Nm @ 900	102 Nm @ 1450	214 Nm @ 600	143 Nm @ 1450	237 Nm @ 720
X, Y, Z Rapids (m/min)	30/30/20	35/35/30	30/30/20	35/35/30	30/30/20	35/35/30
Accuracy (mm)	+/- 0.005mm	+/- 0.005mm	+/- 0.005mm	+/- 0.005mm	+/- 0.005mm	+/- 0.005mm
Repeatability (mm)	+/- 0.0025mm	+/- 0.0025mm	+/- 0.0025mm	+/- 0.0025mm	+/- 0.0025mm	+/- 0.0025mm
Toolchanger Stations	24	24	24	24 (40 option)	24 (40 option)	24 (40 option)
Machine Weight	4,350 Kg	4,640 Kg	4,450 Kg	4,740 Kg	6,400 Kg	6,350 Kg

ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

➤ Analiza dosadašnjih izvedbi



ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

- Analiza dosadašnjih izvedbi



ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

- Analiza dosadašnjih izvedbi



ODABIR STRUKTURE OBRADNOG CENTRA

➤ Analiza dosadašnjih izvedbi



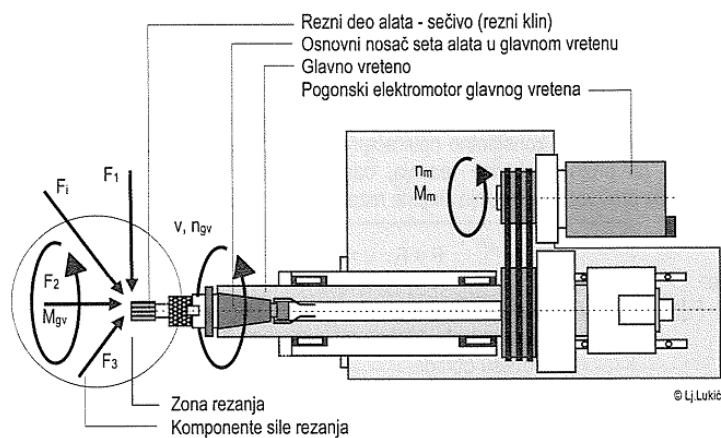
OPTEREĆENJE OBRADNIH CENTARA

Branislav Sredanović

OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM
Vježbe

OPTEREĆENJE OBRADNIH CENTARA

Pošto je mašina predviđena za bušenje i glodanje, potrebno je proračunati opterećenja za obe obrade.



OPTEREĆENJE OBRADNIH CENTARA

- Vrijednost sila se računaju za predviđene najteže uslove obrade:
 - Glodanja
 - Bušenja

- Potrebno je proračunati:
 - Obimnu silu glodanja
 - Radijalnu silu glodanja
 - Moment pri glodanju
 - Aksijalnu silu bušenja
 - Moment pri bušenju

UKUPNA OPTEREĆENJA

Mjerodavna snaga iznosi:

$$P_U = \max(P_G, P_B)$$

Mjerodavni moment:

$$M_U = \max(M_G, M_B)$$

Maksimalni broj obrtaja - prema najvećoj brzini i najmanjem alatu:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot v_{\max}}{\pi \cdot D_{\min}}$$

KONFIGURISANJE MODULA GLAVNOG VRETENA

Branislav Sredanović

OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM
Vježbe

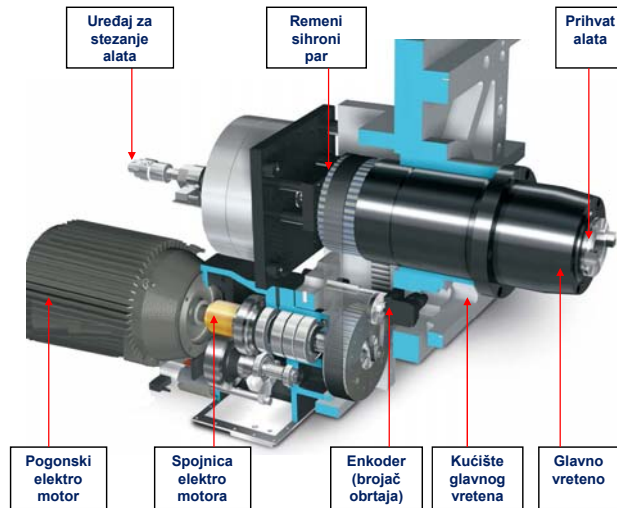
OSNOVNI ELEMENTI MODULA GLAVNOG VRETENA

Modul glavnog vretena:

- pogonski elektromotor,
- zupčasti i kaišni prenosnik,
- glavno vreteno
- uležištenja,
- sistem za stezanje i otpuštanje alata,
- kućište modula glavnog vretena.

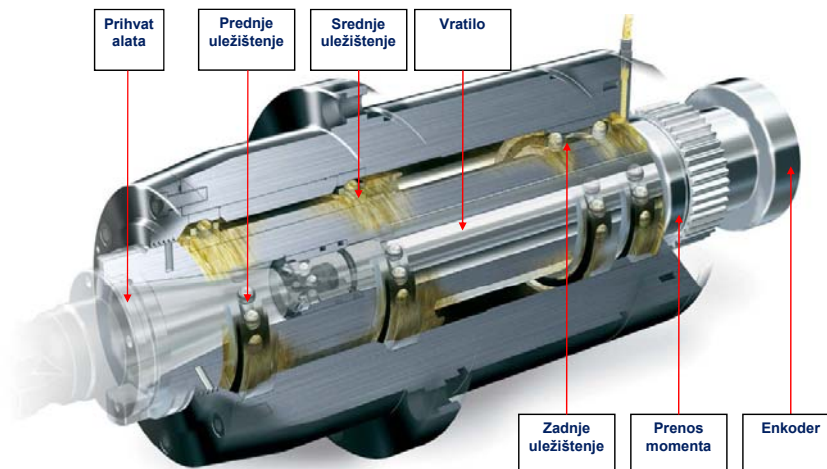
OSNOVNI ELEMENTI MODULA GLAVNOG VRETENA

Modul glavnog vretena:



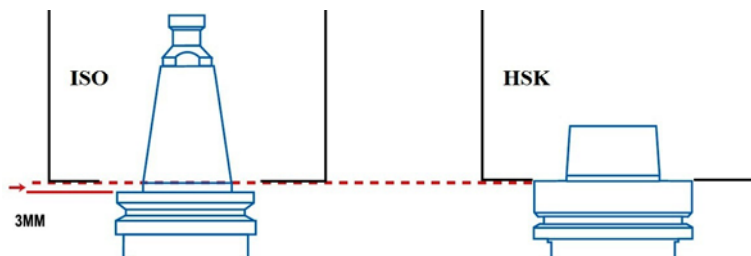
GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

Početna tačka dimenzionisanja glavnog vretena bazira se na odabiru **prihvata alata** (eng. *tool holder*) odnosno sjedištu alata.



GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

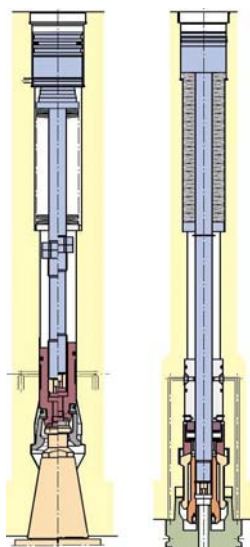
Držač alata (eng. *tool holder*):



Tip	Osobine	Područje
ISO	Prihvat sa strmim konusom 7:24 (<i>Tepered Shank</i>)	$n \leq 10000 \text{ min}^{-1}$
HSK	Cilindrični prihvat (<i>Hollow Shank Taper</i>)	$n > 10000 \text{ min}^{-1}$

GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

Principi stezanja držača alata:



Tip	Oznaka veličine	Primjena
ISO	30	Veoma male mašine
	40	Obradni centri srednje veličine
	50	Veliki obradni centri
HSK	24	Mikromašine
	30	Obradni centri za mikroobradu
	38	Mali visokobrzinski obradni centri
	48	Visokobrzinski obradni centri srednje veličine
	60	Veliki visokobrzinski obradni centri

GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

➤ Rasponi na glavnom vretenu:

Koef. prepusta:

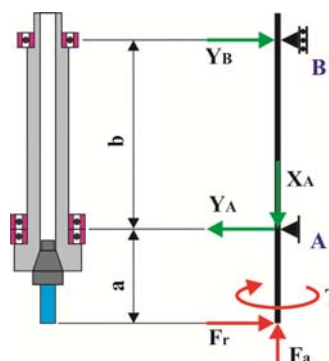
Koef. raspona:

$$K_a = \frac{a}{D_A}$$

$$K_b = \frac{b}{a}$$

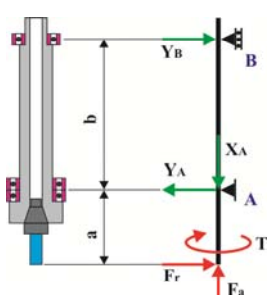
Tip	Prečnik vretena na prednjem ležaju D_A za snage mašine (kW)				
	1.5 - 3.5	3.5 - 7.5	7.5 - 14.5	14.5 - 22	22 - 30
Strugovi	60 - 90	70 - 125	95 - 165	130 - 220	200 - 240
Glodalice	50 - 90	60 - 110	80 - 130	100 - 250	220 - 250
Brusilice	40 - 60	50 - 80	70 - 95	85 - 105	100 - 110

Tip	Preciznost obrade ili krutost vrtila	Koeficijent prepusta kod prednjeg ležaja K_a	Koeficijent međurastojanja između ležajeva K_b
I	Visoka	0.60 - 1.50	3.70 - 1.25
II	Srednja	1.25 - 2.50	1.50 - 0.70
III	Niska	2.50 - 5.00	0.70 - 0.30

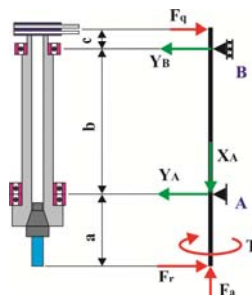


GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

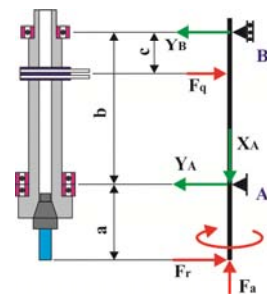
➤ Opterećenje različitih oblika glavnog vretena:



IN LINE



Sa remenicom konzolno



Sa remenicom između

GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

➤ Ugibi različitih oblika glavnog vretena:

IN LINE
$$y_{gv} = \frac{F_r \cdot a^3}{3 \cdot I_x \cdot E} + \frac{F_r \cdot b \cdot a^2}{3 \cdot I_x \cdot E}$$

Sa remenicom konzolno
$$y_{gv} = \frac{F_r \cdot a^3}{3 \cdot I_x \cdot E} + \frac{F_r \cdot b \cdot a^2}{3 \cdot I_x \cdot E} + \frac{F_q \cdot c \cdot b \cdot a}{6 \cdot I_x \cdot E}$$

Sa remenicom između
$$y_{gv} = \frac{F_r \cdot a^3}{3 \cdot I_x \cdot E} + \frac{F_r \cdot b \cdot a^2}{3 \cdot I_x \cdot E} - \frac{F_q \cdot b^2 \cdot a}{6 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{b-c}{b}\right) \cdot \frac{c}{b} \cdot \left(1 + \frac{c}{b}\right)$$

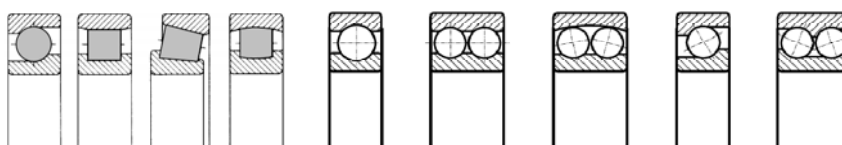
$$I_x = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$$

➤ Materijali za izradu glavnog vretena:

- ugljenični konstrukcioni čelici za poboljšanje
- legirani konstrukcioni čelici za poboljšanje

GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

➤ Uležištenje glavnog vretena:















Vrste kotrljajnih ležajeva

Principi ugradnje više ležajeva na jednom osloncu			
Način ugradnje			
Naziv	O raspored	X raspored	Tandem raspored
Karakteristike	Prenos aksijalne sile u oba pravca		Prenos aksijalne sile samo u jednom pravcu

GLAVNO VRETENO OBRADNOG CENTRA

➤ Uležištenje glavnog vretena:

Tip	Prednje nepokretno uležištenje	Zadnje pokretno uležištenje	Velike brzine	Tačnost u radu	Krutost	Radni vijek
A			+	++	+++	+++
B			++	+++	++	++
C			++	+++	++	++
D			+++	+++	+	+
D			+++	+++	+	+
E			++++	+++	-	-

KONFIGURISANJE MODULA POMOĆNOG KRETANJA

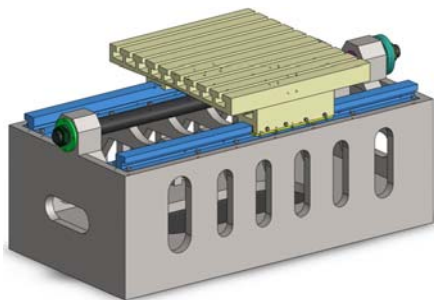
Branislav Sredanović

OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM

Vježbe

OSNOVNI ELEMENTI MODULA POMOĆNOG KRETANJA

- Moduli za pomoćna kretanja služe za precizno vođenje, programiranim i brzim koracima, izvršnih organa mašine - glavnog vretena ili radnih stolova.
- **Prema konstrukciji** razlikuju se:
 - moduli za linearna pomoćna kretanja i
 - moduli za obrtna pomoćna kretanja.

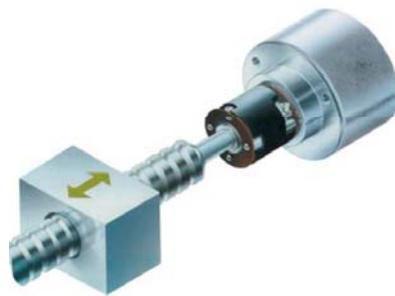


OSNOVNI ELEMENTI MODULA POMOĆNOG KRETANJA

- **Osnovni elementi** su:
 - elektromehanički pogonski sistem za prenos i pretvaranje kretanja
 - za translatorno kretanje
 - za obrtno kretanje
 - elementi za vođenje odnosno vođice
 - klizne
 - kotrljajne
 - elektromagnetne
 - noseća struktura
 - stubovi
 - traverze
 - konzole
 - izvršni organi - radni stolovi
 - mjerni sistem
- **Elektromehanički pogonski sistemi** za prenos i pretvaranje kretanja imaju zadatak generisanja jednog vida kretanja i pretvaranje istog u drugi oblik.

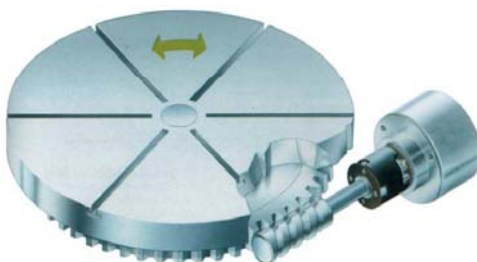
OSNOVNI ELEMENTI MODULA POMOĆNOG KRETANJA

- Elektromehanički pogonski sistemi modula za **pomoćno linearno kretanje** konstruktivno su izvedeni sa:
 - obrtnim elektromotorom i mehaničkim sistemom za pretvaranje obrtnog u translatorno kretanje
 - direktnim linearnim kretanjem pomoću translatorskih elektromotora



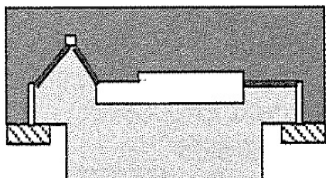
OSNOVNI ELEMENTI MODULA POMOĆNOG KRETANJA

- Elektromehanički pogonski sistemi modula za **pomoćno obrtno kretanje** konstruktivno su izvedeni sa:
 - direktnim obrtnim elektromotorom ugrađeni u direktno u osi sa obrtnim stolom ili
 - obrtnim elektromotorom sa zupčastim prenosnicima za pretvaranje obrtnog kretanja (pužni reduktor, planetarni reduktor, itd.).

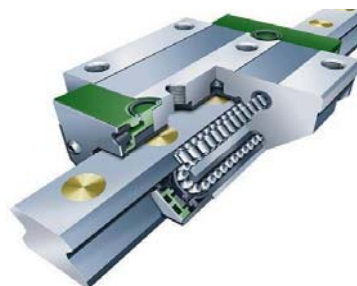


KLIZNE I KOTRLJAJNE VOĐICE

- **Vođice** predstavljaju precizne staze po kojima se kreću izvršni elementi modula pomoćnih kretanja obradnih centara.
- Izvode se kao:
 - klizne - za normalne preciznosti ($>0,001$ mm) i veće snage (>3 kW)
 - kotrljajne - za povišene preciznosti ($<0,001$ mm) i manje snage (<3 kW)



Klizne

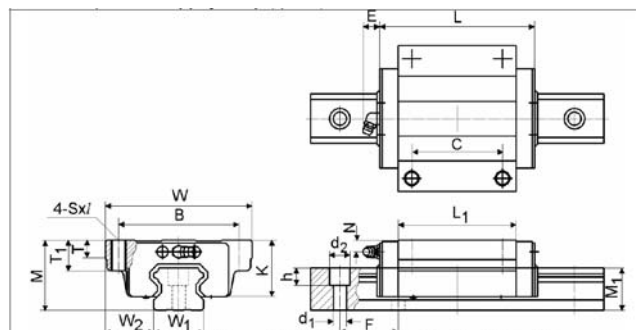


Kotrljajne

KLIZNE I KOTRLJAJNE VOĐICE

- Kao konstruktivne izvedbe kliznih vođica najčešće se pojavljuju:
 - pravugaone - manja krutost, manje trenje i pojava zazora
 - trougaone - veća krutost, veće trenje i efikasna eliminacija zazora
 - trapezne - koriste se za pomoćne module obradnih centara
 - kombinovane - povećana pokretljivost i eliminacija zazora

KLIZNE I KOTRLJAJNE VOĐICE



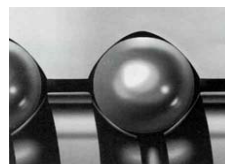
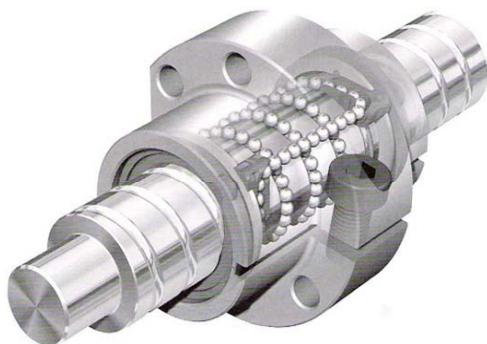
Nazivna veličina HSR	Mere [mm]																	Moc nošenja		Masa		
	M	W	L	B	C	S x I	L ₁	T	T ₁	K	N	E	W ₁ ±0.05	W ₂	M ₁	F	G	d ₁ x d ₂ x h	C [kN]	C ₀ [kN]	F ₀ [N]	m ₀ [kg]
15A 15AM	24	47	56.6	38	30	M5x0.8x11	38.8	7	11	19.3	4.3	5.5	15	15	15	60	20	4.5x7.5x6.3	9.33	13.5	0.35	1.5
20A 20AM	30	63	74	53	40	M6x1.0	60.8	10	18	26	5	12	20	21.5	18	60	20	6x9.5x8.5	13.8	23.8	0.35	2.3
25A 25AM	30	63	86	53	40	M6x1.0	66.8	10	18	26	5	12	20	21.5	18	60	20	6x9.5x8.5	21.3	31.8	0.47	2.3
25A 25LAM	36	75	83.5	57	45	M6x1.0	59.5	10	18	26	5	12	23	23.5	22	60	20	7x11x9	19.3	34.4	0.59	3.3
30A 30AM	36	70	102.5	57	45	M6x1.0	78.6	10	18	30.5	6	12	23	23.5	22	60	20	7x11x9	27.2	45.9	0.75	3.3
30A 30LAM	42	86	96	72	52	M10x1.8	74.4	10	18	35	7	12	26	31	26	80	20	9x14x12	26	46.9	1.1	4.8
30LA 30LAM	42	90	121	72	52	M10x1.8	93	10	18	35	7	12	28	31	26	80	20	9x14x12	37.3	62.5	1.3	4.8
35A 35AM	48	100	109.5	82	62	M10x2.1	80.4	13	21	40.5	8	12	34	33	29	80	20	9x14x12	37.3	61.1	1.5	6.6
35LA 35LAM	48	100	135	82	62	M10x2.1	105.8	13	21	40.5	8	12	34	33	29	80	20	9x14x12	50.2	81.5	2.0	6.6
45A	60	120	139	100	80	M12x1.5	98	14	25	60	10	16	45	37.5	38	105	22.5	14x20x17	60	95.6	2.8	11.9
ERLA	60	120	171	160	80	M12x1.5	129.8	14	25	60	10	16	45	37.5	38	105	22.5	14x20x17	80.4	127	3.3	11.9
65A	70	140	163	116	95	M14x1.7	118	15	25	67	11	16	53	43.5	44	120	30	16x23x20	88.5	137	4.5	15.1
65LA	70	140	207	116	95	M14x1.7	156.1	15	25	67	11	16	53	43.5	44	120	30	16x23x20	119	183	6.7	15.1
85A	90	170	186	142	110	M16x2.3	147	23	37	76	19	16	63	53.5	53	150	35	18x26x22	141	215	6.5	22.5
85LA	90	170	246	142	110	M16x2.3	206.5	23	37	76	19	16	63	53.5	53	150	35	18x26x22	192	286	10.7	22.5
110A	110	215	247	185	140	M20x3.0	178.6	30	55	94	23	16	85	65	65	180	45	24x35x28	230	310	17.8	35.2
110LA	110	215	303	185	140	M20x3.0	236	30	55	94	23	16	85	65	65	180	45	24x35x28	295	412	23.0	35.2

Kotrljajne vođice tipa HSR

m₀ - masa bloka, *m₁* - masa šine
 Slovo M, na kraju oznake ukazuje na izvođenje u kome se šina, kuglici i kuglice napraveju od nerđajućeg čelika (za rad u agresivnom okruženju)

KUGLIČNO ZAVOJNO VRETENO

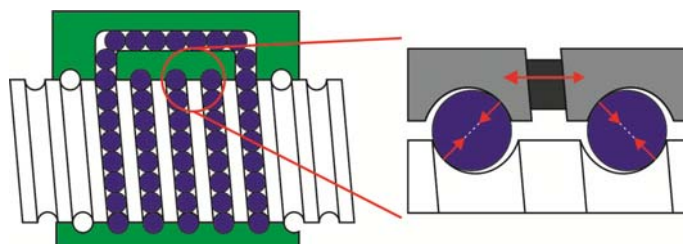
- **Mehanički prenosnici** za pretvaranje obrtnog u pravolinijsko kretanje izvode se kao:
 - sistem zupčanik zupčasta letva,
 - sistem sa zavojnim vretenom i navrtkom ili
 - sistem sa kugličnim zavojnim vretenom sa sistemom za recikulaciju



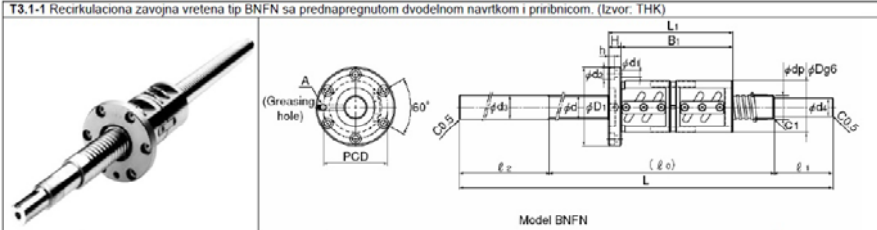
Kuglično zavojno
vreteno

KUGLIČNO ZAVOJNO VRETENO

- Recirkulacioni sistem se izvodi kao:
 - unutrašnji sistem ili
 - spoljašnji sistem sa cjevčicom.
- Radi smanjenja zazora koristi se **prednaprezanje navrtke**:
 - prednaprezanje tipa X
 - prednaprezanje tipa O
 - prednaprezanje varijacijom prečnika kuglice
 - prednaprezanje varijacijom koraka zavojnog vretena



KUGLIČNO ZAVOJNO VRETENO



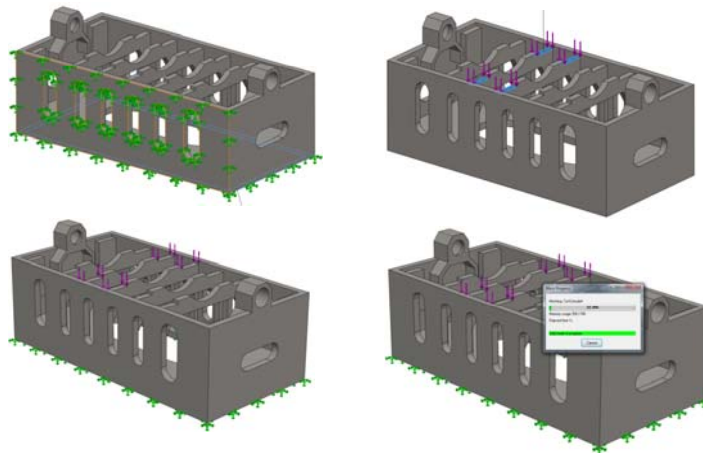
Model BNFN

Model	Podaci o zavojnom vretenu							Mere navrtke							Mere završetka vretena								
	d	l	d _p	RxT	C _a	C _{0a}	N	D	D ₁	L ₁	H	B1	PCD	d ₁	d ₂	h	L	l ₀	l ₁	l ₂	d ₃	d ₄	
BNFN 3210A-S	32	10	33.75	2x2.5	47.2	112.7	2350	74	108	190	15	175	90	9	14	8.5	M6	730	800	70	160	32	25.3
																		830	700				
																		1220	1000				
																		1430	1230				
																		1830	1630				
BNFN 4010-S	40	10	41.75	2x2.5	52.7	141.1	2650	82	124	193	18	175	102	11	17.5	11	M6	1230	1000	70	180	40	30.3
																		1730	1500				
																		2030	1800				
																		2330	2000				
																		2630	2300				
BNFN 5010-S	50	10	51.75	2x2.5	58.2	176.4	2800	93	135	193	18	175	113	11	17.5	11	PT1/8	1800	1500	100	200	50	40.3
																		2300	2000				
																		2600	2300				
																		2900	2600				
																		3200	2900				

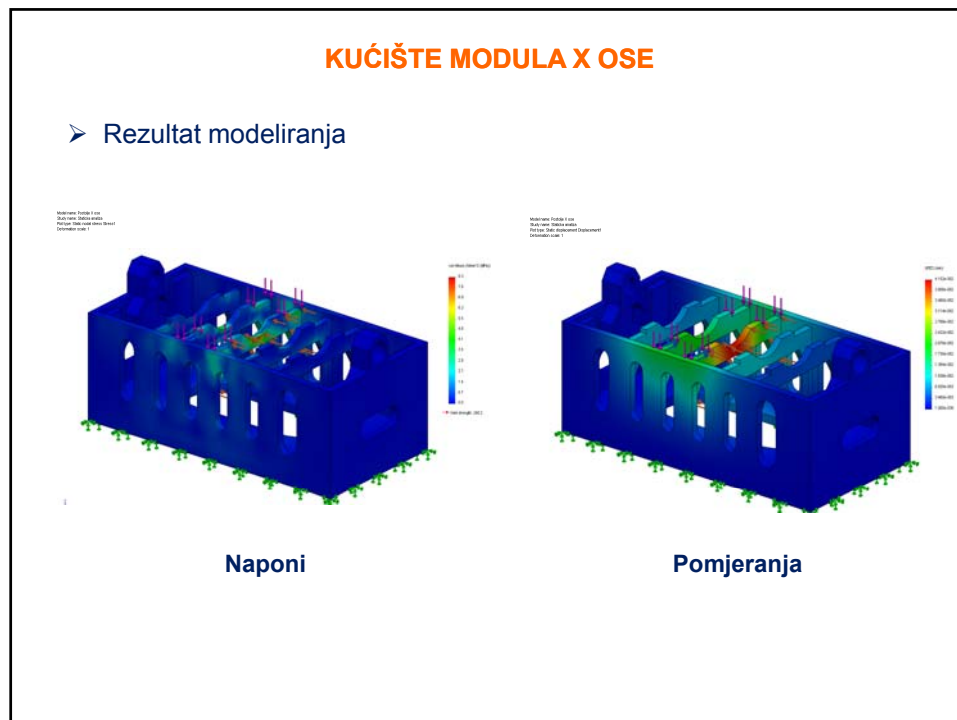
Kuglična zavojna vretena tipa BNFN

KUĆIŠTE MODULA X OSE

➤ Kućište modula se najčešće projektuju poću MKE



Faze u modeliranju MKE



POGONI NA OBRADNOM CENTRU

Branislav Sredanović

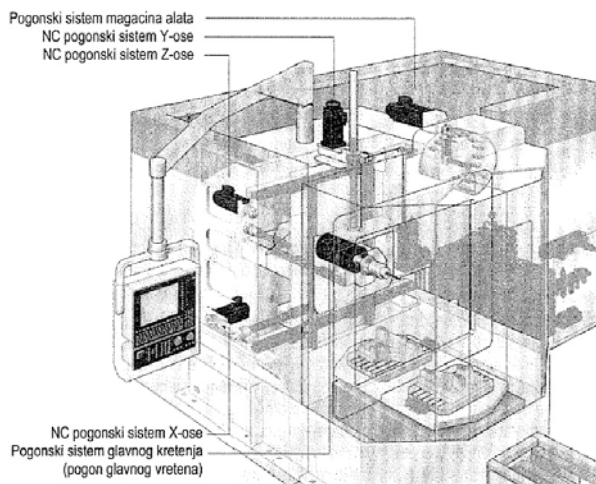
OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM

Vježbe

POGONSKI SISTEMI

➤ **Pokretanje izvršnih organa** na obradnom centru se izvodi korišćenjem pogonske energije kao što je:

- električna,
- hidraulička,
- pneumatska ili
- kombinacija.

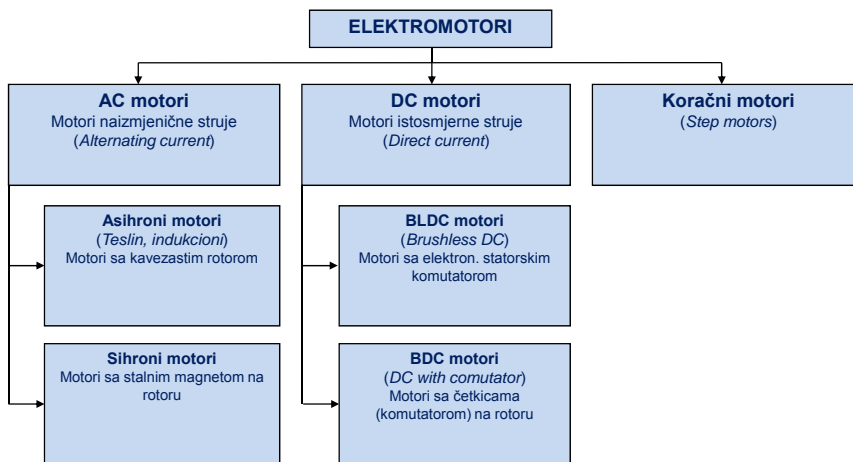


POGONSKI SISTEMI

- Na obradnim centrima postoje tri **vrste pogonskih sistema**, i to:
 - pogonski sistem glavnog vretena (glavni pogon),
 - pogonski sistem pomoćnih kretanja (posebni pogoni za svaku od osa obradnog centra) i
 - pogonski sistemi pomoćnih funkcija (pogoni magacina i izmjenjivača alata, paleta, itd.)
- Veoma bitna karakteristika pogonskog sistema je **moгуćnost upravljanja izlaznim brojem obrtaja**, ubrzanjem i usporenjem.
- Motori koji imaju regulacije broja obrtaja zovu se **servo motori**.

POGONSKI SISTEMI

- **Elektromotorni pogoni:**



POGONSKI SISTEMI

➤ Prednost AC motora:

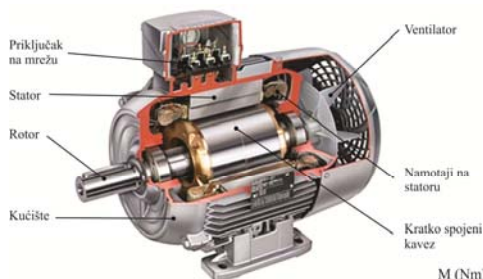
- ostvarivanje relativno veće snage i momenta,
- efikasnije hlađenje i izostanak dijelova koji se troše prilikom klizanja
- promjena broja obrtaja izvodi promjenom frekvencije

➤ Prednosti DC motora:

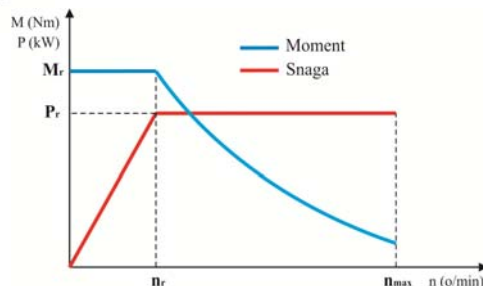
- relativno manja cijena,
- jednostavnije upravljanje (promjenom napona i struje)
- i mogućnost promjene broja obrtaja u širokom rasponu.

POGONSKI SISTEMI

➤ Elektromotorni pogoni:



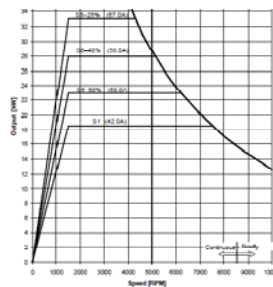
Asihroni elektromotor
naizmjenične struje



POGONSKI SISTEMI

➤ Izbor standardnog elektromotora:

- Proizvođač: SIEMENS
- Tip elektromotora: 1PH7
- Kataloška oznaka elektromotora: 1PH7135-2NFOC-OL

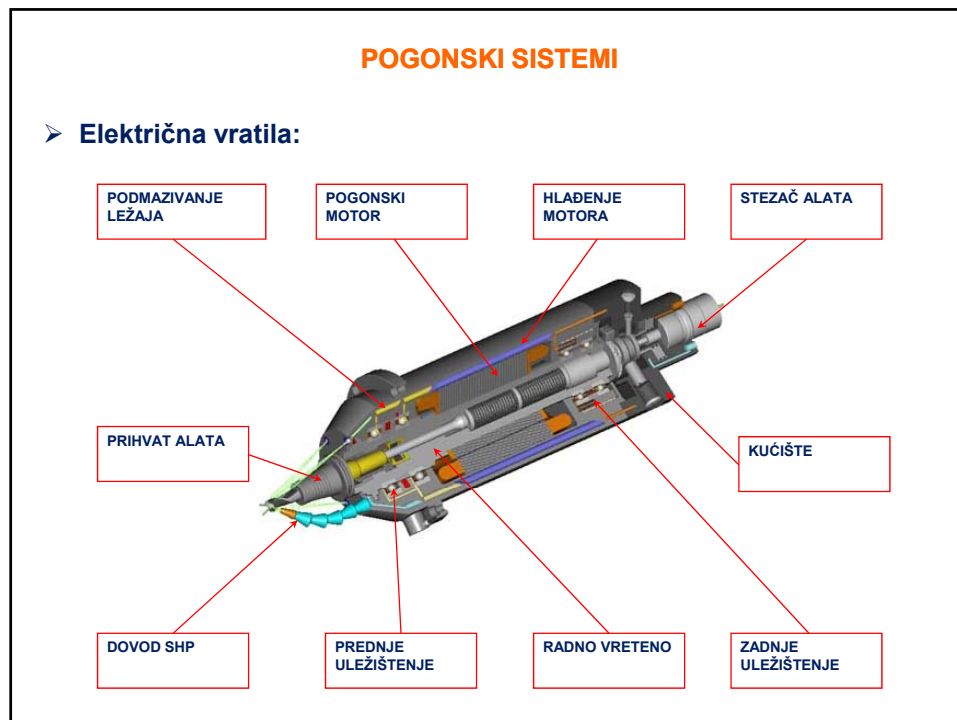


POGONSKI SISTEMI

➤ Izbor standardnog elektromotora:

- Proizvođač: SIEMENS
- Tip elektromotora: 1PH7
- Kataloška oznaka elektromotora: 1PH7135-2NFOC-OL

Snaga (S1)	kW	18.5
Referentni broj obrtaja	min ⁻¹	1500
Moment (S1)	Nm	118
Maksimalni broj obrtaja	min ⁻¹	10000
Težina	kg	130
Moment inercije	kgm ²	0.109



POGONSKI SISTEMI

➤ Izbor električnog vratila:

- Proizvođač: SIEMENS
- Tip: 2SP1
- Oznaka: 2SP1255-8HA03-0AD2

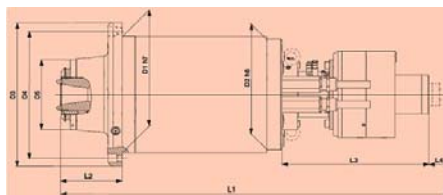
Spectrum of standardized milling motor spindles 2SP1

Order No.	Rated power ≤1 kW	Rated torque ≤1 Nm	Rated speed rpm	Rated current ≤1 A	Rated power S6-40% kW	Rated torque S6-40% Nm	Rated power ≤1 kW	Rated torque ≤1 Nm	Rated speed rpm	Rated current ≤1 A	Maximum speed rpm
Synchronous			Star operation				Delta operation				
2SP1202-1HA-1D-10	12.0	42	2,700	30	12.0	55					15,000
2SP1202-1HB-2D-20	15.5	42	3,500	42	15.5	55					18,000
2SP1204-1HA-1D-10	26.4	84	3,000	60	26.4	110					15,000
2SP1204-1HB-2D-20	35.0	78	4,300	79	35.0	110					18,000
Asynchronous											
2SP1253-8HA0-0-2	13.2	70	1,800	28	18.9	100	13.2	32	4,000	29	10,000
2SP1253-8HA0-1D-2	13.2	70	1,600	28	18.9	100	13.2	32	4,000	29	15,000
2SP1255-8HA0-0-2	11.7	140	800	30	16.7	200	11.7	62	1,800	29	10,000
2SP1255-8HA0-1D-2	11.7	140	800	30	16.7	200	11.7	62	1,800	29	15,000
Synchronous											
2SP1253-1HA0-0-2	26.0	100	2,500	53	29.0	130					10,000
2SP1253-1HB0-1D-2	35.0	100	3,300	68	38.0	130					15,000
2SP1255-1HA0-0-2	46.3	170	2,600	95	55.0	236					10,000
2SP1255-1HB0-1D-2	53.4	170	3,000	120	64.0	236					15,000

POGONSKI SISTEMI

➤ Izbor električnog vratila:

- Proizvođač: SIEMENS
- Tip: 2SP1
- Oznaka: 2SP1255-8HA03-0AD2



	D1 mm	D2 mm	D3 mm	D4 mm	D5 mm	L1 ¹⁾ mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm
2SP1202	200	199	250	225	150	735 ⁴⁾	115.5	309 ⁴⁾	58 ⁴⁾
2SP1204	200	199	250	225	150	835 ⁴⁾	115.5	309 ⁴⁾	58 ⁴⁾
2SP1253 ²⁾	250	237	310	275	150	813	124.4	310	43
2SP1255 ²⁾	250	237	310	275	150	913	124.4	310	43
2SP1253 ³⁾	250	237	310	275	150	819	130.0	310	43
2SP1255 ³⁾	250	237	310	275	150	919	130.0	310	43

POKAZATELJI KVALITETA OBRADNIH CENTARA

Branislav Sredanović

OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM
Vježbe

POKAZATELJI KVALITETA OBRADNOG CENTRA

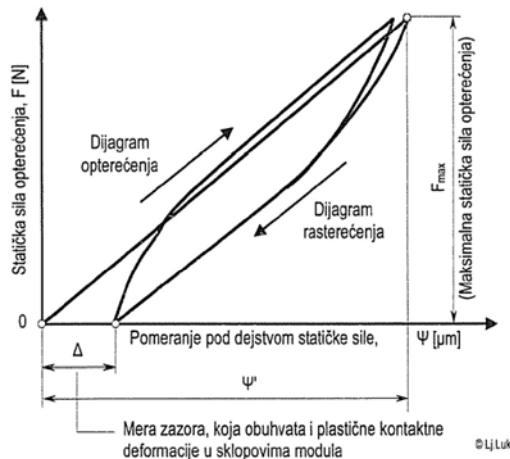
Kvalitet obradnog centra se bazira na pokazateljima :

- **ponašanja u eksploataciji** (statička i dinamička stabilnost, toplotne pojave, buka, itd.),
- **proizvodnog kvaliteta** (geometrijska tačnost, tačnost kretanja izvršnih organa, itd.) i
- **ekonomskih pokazatelja** (produktivnost, rentabilnost, vremena pomoćnih procesa, itd.).

POKAZATELJI KVALITETA OBRADNOG CENTRA

Statička krutost mašine alatke se određuje na osnovu statičkih deformacija elemenata i sklopa mašine, koje su izazvane dejstvom spoljašnjih sila:

- sila rezanja,
- sila stezanja,
- inercijalnih sila i
- težine.



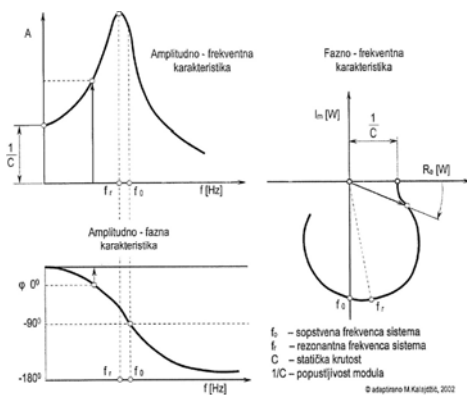
Histerzis dijagram

POKAZATELJI KVALITETA OBRADNOG CENTRA

Dinamička stabilnost mašine alatke se definiše na osnovu pojave vibracija (prinudnih, samopobudnih i slobodnih), različitih amplituda i frekvencija.

Pojava **samopobudnih vibracija** se manifestuje naglim porastom:

- amplitude vibriranja elemenata,
- povećanjem buke,
- pogoršanjem oblika strugotine,
- narušavanjem kvaliteta obrađene površine.

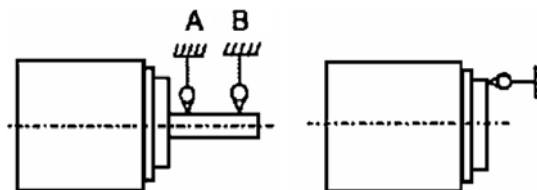


POKAZATELJI KVALITETA OBRADNOG CENTRA

Geometrijska tačnost mašina alatki se odnosi na tačnost oblika i međusobnog položaja elemenata mašine. Ispitivanje tačnosti je obuhvaćeno standardom ISO 230-1.

Ispituje se:

- paralelnosti,
- upravnosti,
- saosnosti,
- rotacija, itd.



POKAZATELJI KVALITETA OBRADNOG CENTRA

Kinematička tačnost mašine alatke (ISO 230-2) se odnosi na tačnost i preciznost pozicioniranja izvršnih organa (odstupanje zauzete pozicije u odnosu na zadanu poziciju) i ponovljivost pozicioniranja izvršnih organa (ponovljivost pozicioniranja više puta bez obzira na smijer prilaženja).

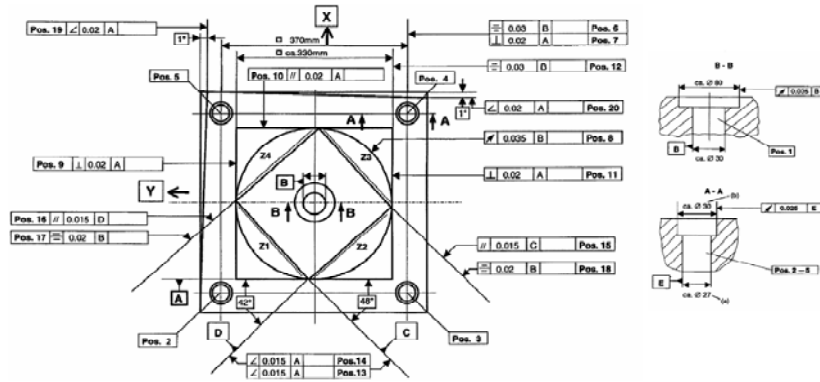


Ispituje se metodom:

- linearni postupak
- postupak pilger - koraka
- postupak quasi - pilger koraka

POKAZATELJI KVALITETA OBRADNOG CENTRA

Ispitivanje radne tačnosti izvodi se obradom standardizovanih uzoraka i njihovim mjerenjem i kontrolisanjem.



LABORATORIJSKE VJEŽBE

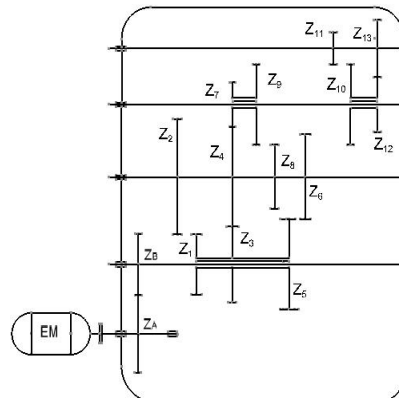
Branislav Sredanović

OBRADNI SISTEMI ZA OBRADU REZANJEM

Vježbe

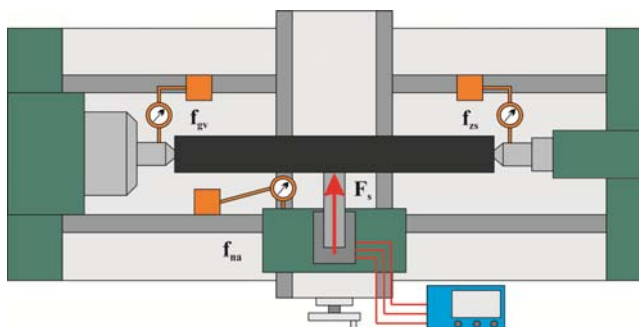
SNIMANJE GLAVNOG PRENOSNIKA MAŠINE ALATKE

- Na univerzalnoj horizontalnoj alatnoj glodalici potrebno je izvršiti snimanje prenosnika za glavno kretanje. Pri tome je potrebno skicirati šlezingerov dijagram, kinematsku šemu prenosnika i šemu uključivanja.



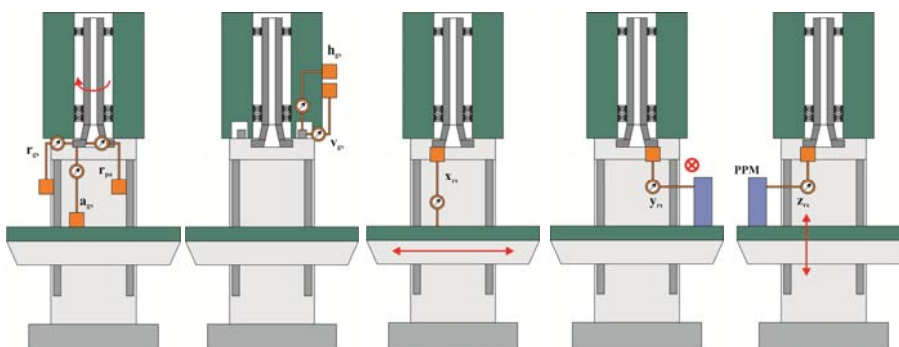
ISPITIVANJE STATIČKE KRUTOSTI MAŠINE ALATKE

- Izvršiti ispitivanje statičke krutosti univerzalnog struga ADA POTISJE US-220. U okviru ispitivanja odrediti krutost nosača pinole, glavnog vrtena i nosača alata. Silu pritiska mjeriti pomoću mjernog lanca KISTLER 9257B, a pomjeranja karakterističnih tačaka pomoću komparatora sa magnetnim stalkom tačnosti 0.001 mm.



ISPITIVANJE GEOMETRIJSKE TAČNOSTI MAŠINE ALATKE

- Izvršiti ispitivanje geometrijske tačnosti vertikalne NC glodalice Microcut WF-800. U okviru ispitivanja odrediti geometrijske tačnosti radnog stola i vretena. Odstupanja oblika i položaja karakterističnih tačaka mjeriti pomoću komparatora sa magnetnim stalkom tačnosti 0.001 mm.



ISPITIVANJE RADNE TAČNOSTI MAŠINE ALATKE

- Izvršiti ispitivanje radne tačnosti vertikalne NC glodalice Microcut WF-800. U okviru ispitivanja odrediti tačnost rada osa radnog stola i vretena. Odstupanja mjera karakterističnih tačaka mjeriti pomoću komparatora montiranim na prihvat u glavnom vretenu tačnosti 0.001 mm.

