



KOTRLJAJNI LEZAJI

Dr Snežana Ćirić Kostić, docent

MAŠINSKI ELEMENTI 1

MAŠINSKI ELEMENTI 1

▪ **Funkcija i podela**

Obezbeđuju uslove za:

- **relativno kretanje obrtnih delova i za prenošenje opterećenja** sa pokretnih na one koji miruju i obrnuto,
- **tačnost položaja osa obrtnih delova,**
- **dovoljno visoku brzinu rotacije i**
- **odstupanje položaja ose rotacije.**

PODELA

Prema pravcu sile koju prenose:

- **Radijalni** (prsteni),
- **Aksijalni** (kolutni) i
- **Radiaksijalni** (prsteni)

Prema vrsti relativnog kretanja:

- **Kotrljajni**
- **Klizni**

Prema kotrljajnim telima:

- **kuglični,**
- **valjčani,**
 - **iglični,**
- **konusno valjčani,**
- **bačvasti,**
- **konusno bačvasti**

MAŠINSKI ELEMENTI 1

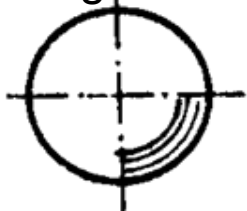
- Delovi kotrljajnih ležaja



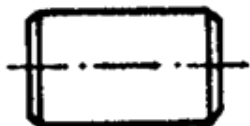
MAŠINSKI ELEMENTI 1

Delovi kotrljajnih ležaja

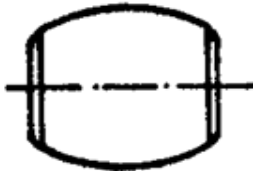
kuglice



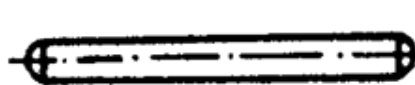
valjci



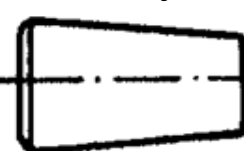
bačvice



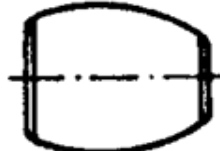
iglice



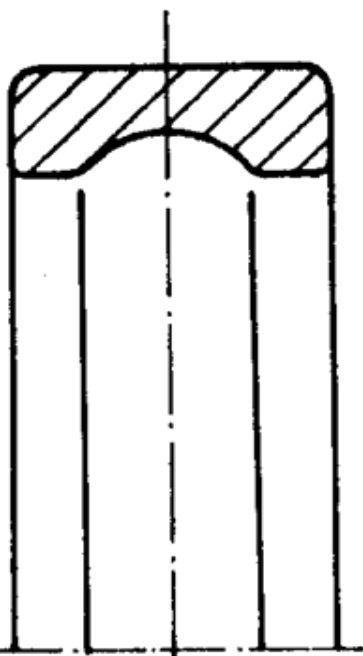
konusni
valjci



konusne
bačvice



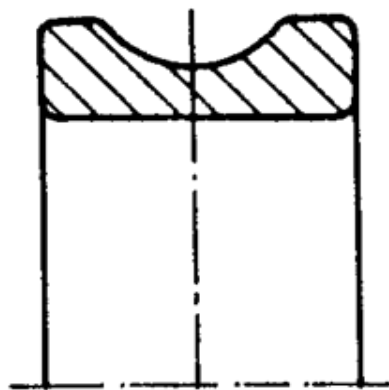
kotrljajna tela



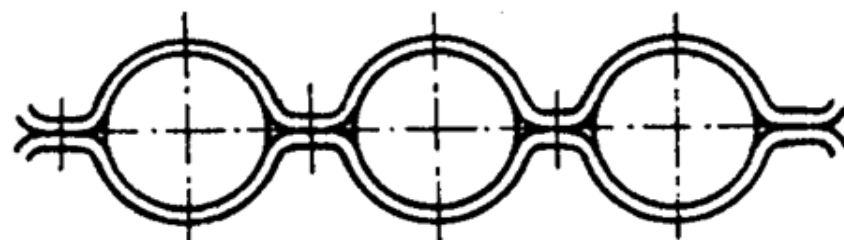
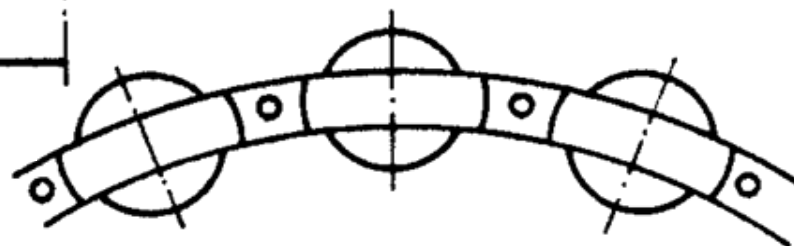
spoljni prsten



kolut



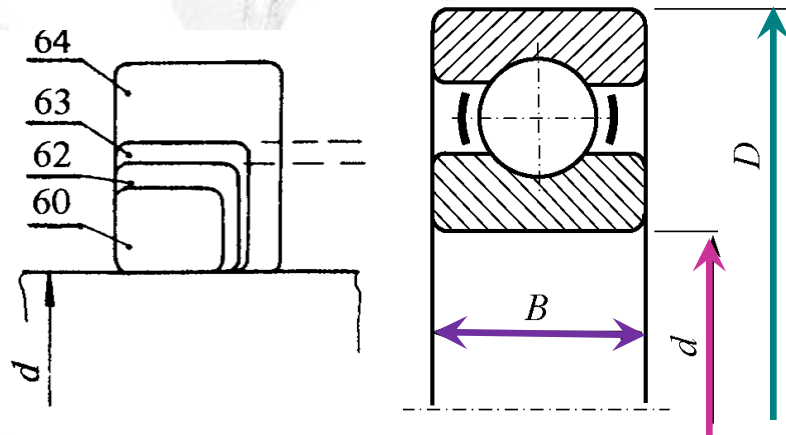
unutrašnji prsten



držač kotrljajnih tela (kavez)

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Označavanje



Za ugradnju ležaja važne dimenzije su:

- prečnik provrta ležaja d ,
 - spoljni prečnik D ,
 - širina B i
 - radijus zaobljenja r
- i one su standardizovane.

- Za svaki prečnik d predviđeno je više veličina D i B od kojih zavisi veličina preseka ležaja – red mera, 00, 02, 03 i 04.
- Tip ležaja se označava brojevima, na primer jednoredni kuglični ležaj sa radijalnim dodirom, brojem 6.

U kombinaciji sa redom mera dobijaju se oznake 60; 62; 63 i 64.

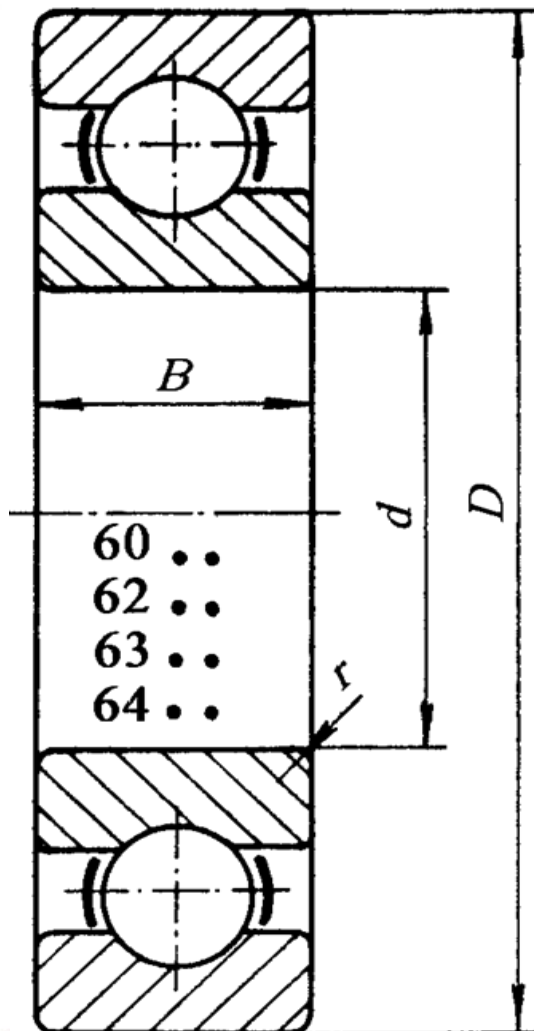
- Drugi deo oznake se odnosi na veličinu prečnika provrta tj. prečnik provrta d podeljen brojem 5 ($d/5$). → prečnici provrta ležaja deljivi su brojem 5 i mogu biti 15, 20, 25, 30...110, 120, 130...190, 200....

Na primer za $d=30\text{mm}$, oznaka može biti 6206 ili za $d=60\text{mm}$ 6212 i td.

Dvoredni kuglični ležaj označava se brojem 3 (32 i 33) i dopunjava se oznakom prečnika provrta, na isti način.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Radijalni kuglični ležaji



a)

Jednoredi kuglični ležaj sa radijalnim dodirom pogodan je za prenošenje radijalnih sila kao i aksijalnih sila koje nisu veće od 70% njegove radijalne nosivosti.

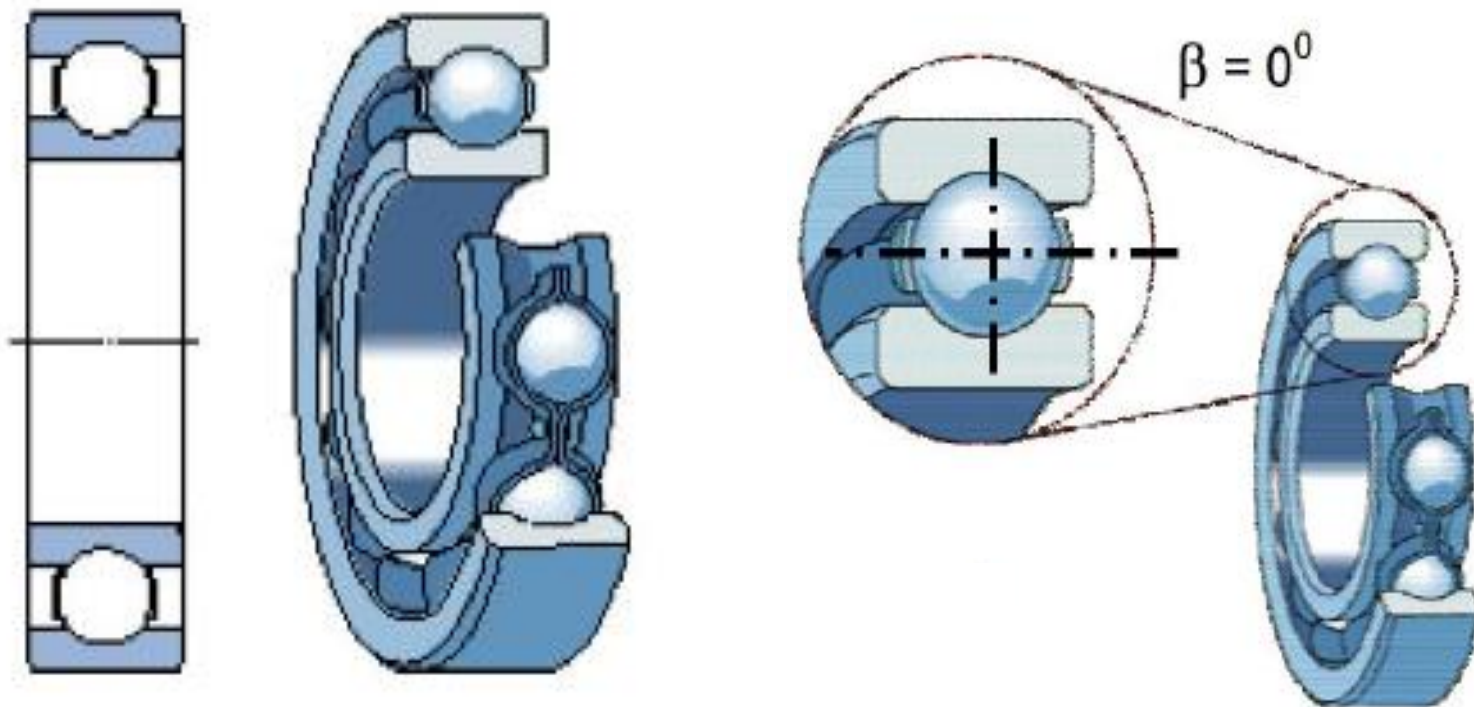
Broj kuglica u ovom ležaju je relativno mali tj. ograničen je mogućnošću sklapanja.

Ako se na prstenima načini bočno proširenje u vidu otvora za punjenje, broj kuglica može biti uvećan.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

- **Radijalni kuglični ležaji**

- Z O M R O Z O M C

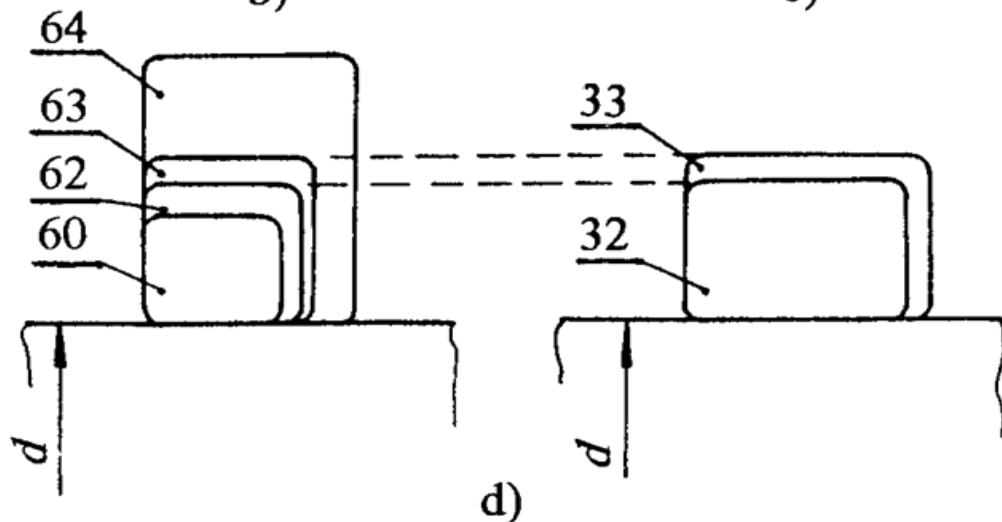
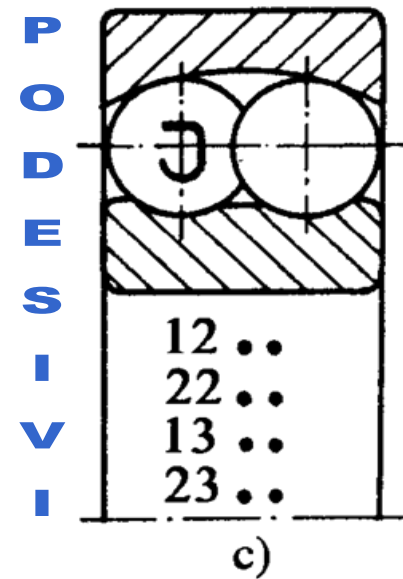
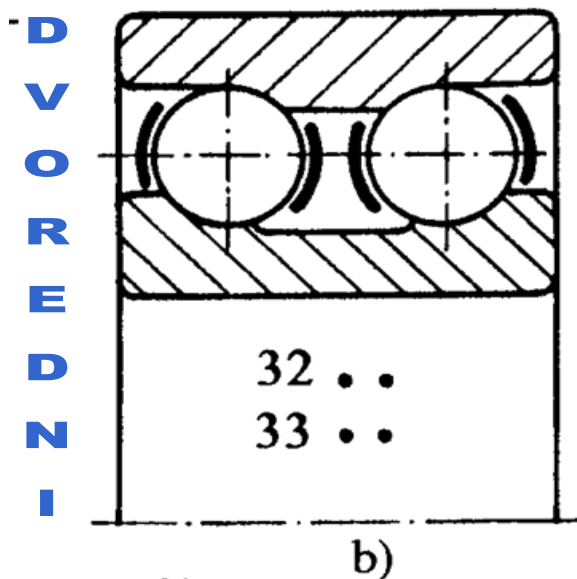


Radijalni kuglični ležaji

Dvoredi kuglični ležaj je sa većom radijalnom nosivošću ali ne dopušta ugaono odstupanje vratila.

Za tu svrhu je namenjen **podesivi kuglični ležaj** koji dopušta ugaono prilagodjavanje odstupanju do 4° .

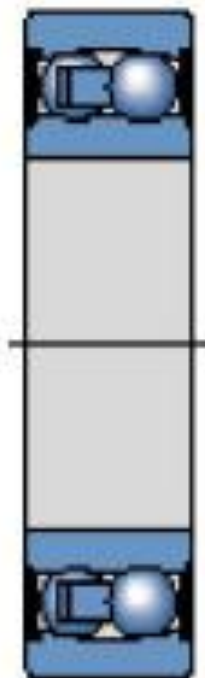
Zbog smanjene dodirne površine manje je nosivosti i osetljiv je na dejstvo aksijalne sile, koja ne sme biti veća od 20% od radijalne nosivosti.



MAŠINSKI ELEMENTI 1

- **Radijalni kuglični ležaji**

D
V
O
R
E
D
N
I

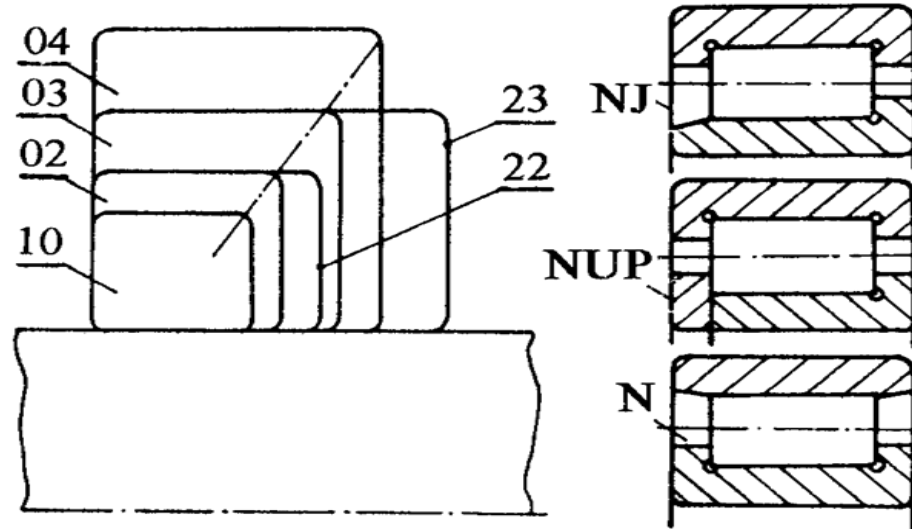
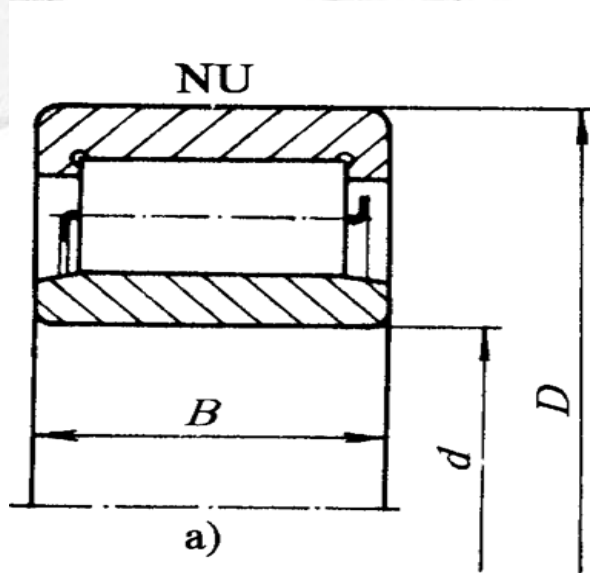


P
O
D
E
S
I
V
I

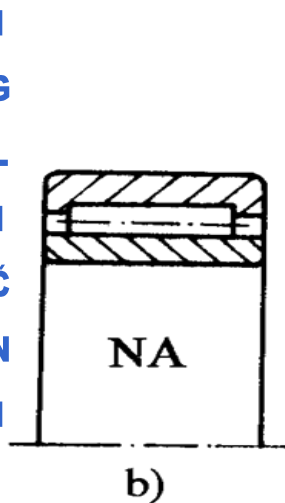
MAŠINSKI ELEMENTI 1

Radijalni ležaji

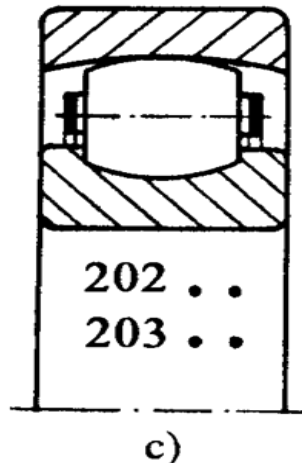
V
A
L
J
Č
A
N
I



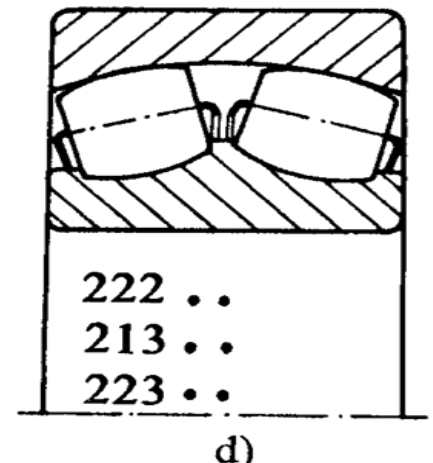
I
G
L
I
Č
N
I



U
M
E
R
N
I
C
K
I
L
E
Ž
A
J
I



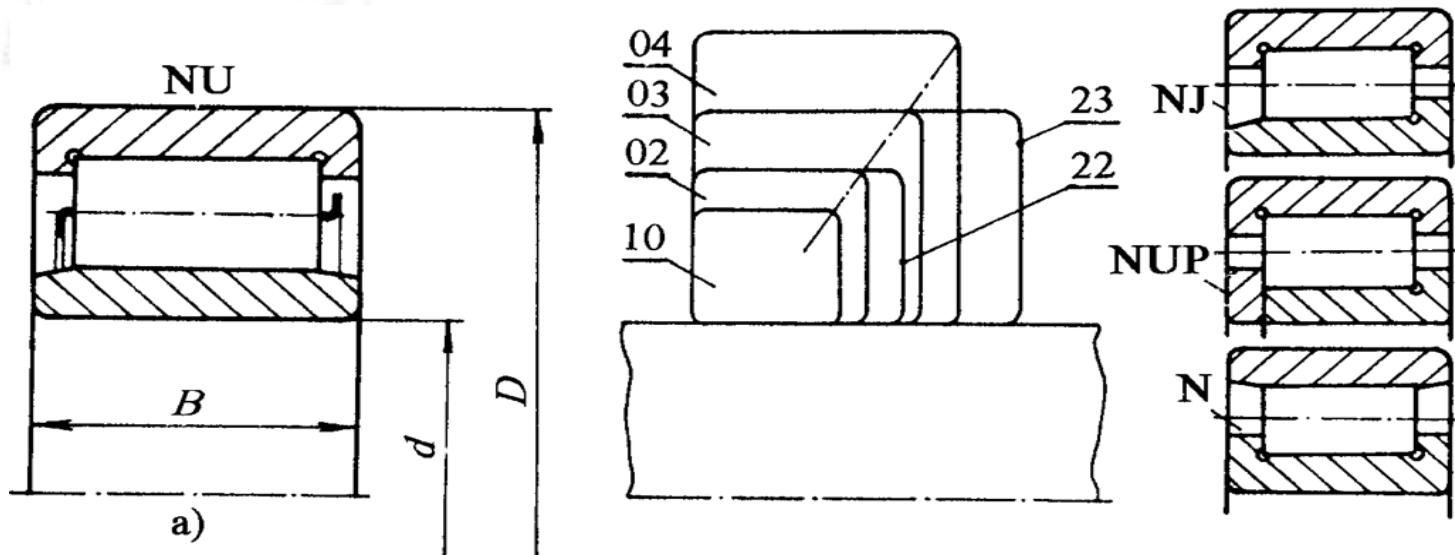
D
O
K
U
M
E
N
T
I



MAŠINSKI ELEMENTI 1

Radijalni ležaji

V
A
L
J
Č
A
N
I

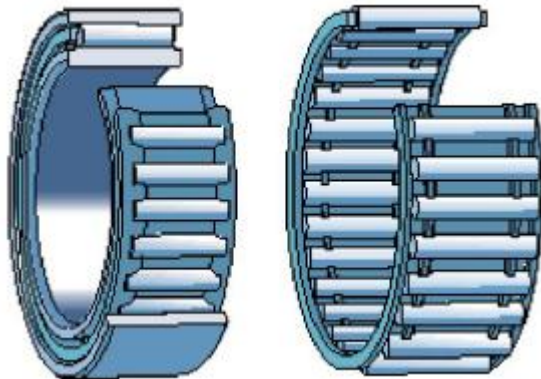
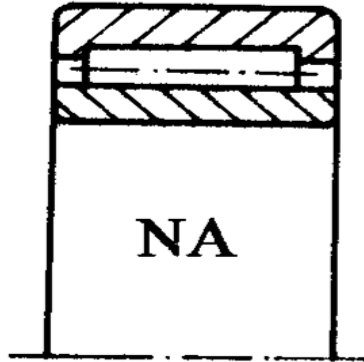


- U poređenju sa kugličnim (jednorednim), uvećana nosivost 1,7 puta,
- dodir se ostvaruje po izvodnici valjka,
- dodirna površina je povećana,
- povećana opasnost od neravnomerne raspodele opterećenja duž izvodnice valjka.

- Koriste se za prenošenje velikih radijalnih sila kod izrazito krutih vratila.
- Nije moguće prenošenje aksijalnih sila.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

■ Radijalni ležaji

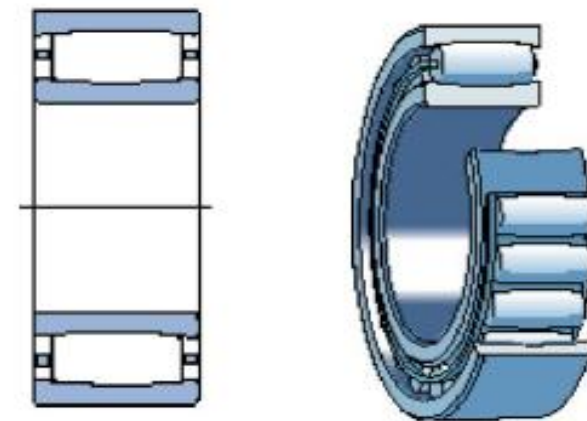


I
G
L
I
Č
N
I

- Iglični ležaji su u poređenju sa valjčanim, veće nosivosti, a manjeg gabarita.
- Kotrljajna tela su smanjenog prečnika, a povećane dužine.
- Ugrađuje se veći broj kotrljajnih tela, a smanjena je debljina ležaja tj. smanjen je spoljni prečnik.
- Radijalna nosivost je vrlo visoka,
- nije moguće prenošenje aksijalnih sila i
- nisu dopuštene deformacije vratila.

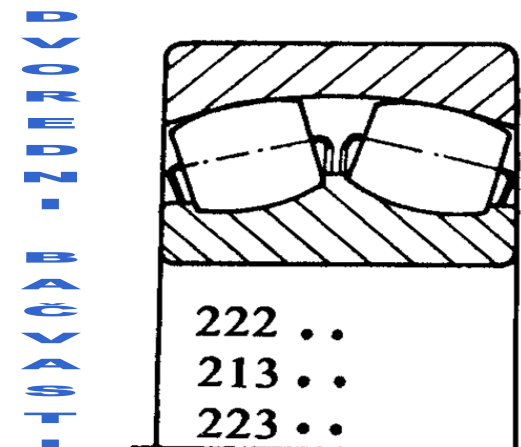
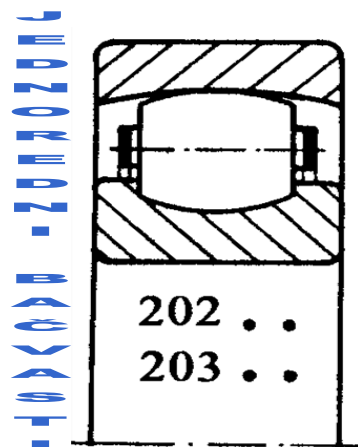
MAŠINSKI ELEMENTI 1

▪ Radijalni ležaji



Podesivi ležaj sa jednim redom bačvica i sa dva reda bačvica su:

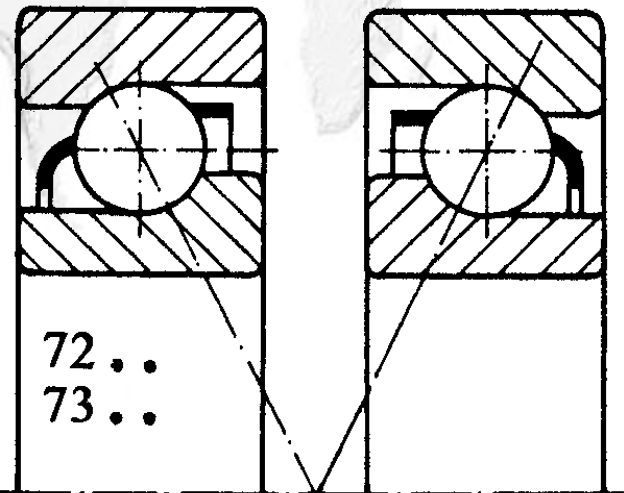
- visoke nosivosti,
- visoke prilagodljivosti elastičnim deformacijama vratila,
- nisu osetljivi na udare,
- ali nisu pogodni za prihvatanje većih aksijalnih sila.



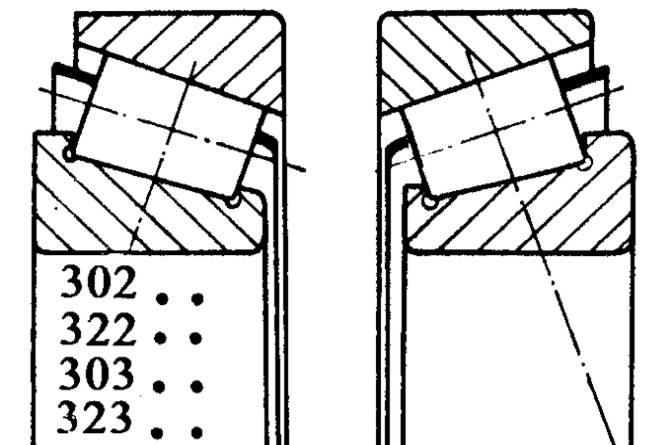
- Primenjuju se za vrlo teške uslove rada i skuplji su u odnosu na druge ležaje.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Radiaksijalni ležaji



KUGLIČNI SA KOSIM DODIROM I SA "X" UGRADNJOM



KONUSNO VALJČANI LEŽAJI I SA "O" UGRADNJOM

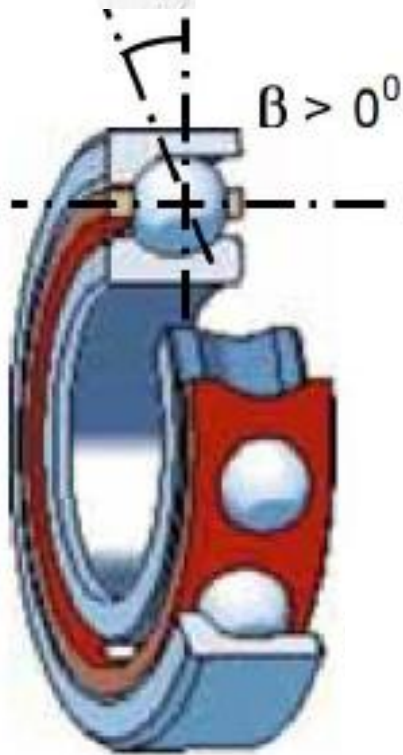
Ležaji pogodni za prenošenje i radijalnih i aksijalnih sila.

Neki od napred navedenih ležaja, osim radijalne sile, mogu da prenesu i značajnu veličinu aksijalne.

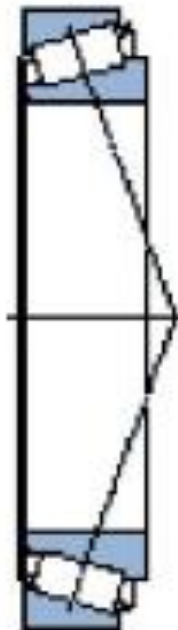
- **Jednoredni, kuglični ležaj sa kosim dodirom i konusno valjčani ležaj** su pogodni za prihvatanje relativno velikih aksijalnih sila. Ovi su ležaji rasklopivi i kod njih je moguće podešavati unutrašnji zazor.
- Kosi dodir dovodi do stvaranja dodatne samoindukovane aksijalne sile.
- **Uravnoteženje ove sile ostvaruje se u paru ležaja.**
- Normale na dodirne površine u parovima mogu obrazovati slovo "X" ("X" ugradnja) ili slovo "O" ("O" ugradnja).

MAŠINSKI ELEMENTI 1

- Radi aksijalni ležaji



KUGLIČNI SA KOSIM DODIROM

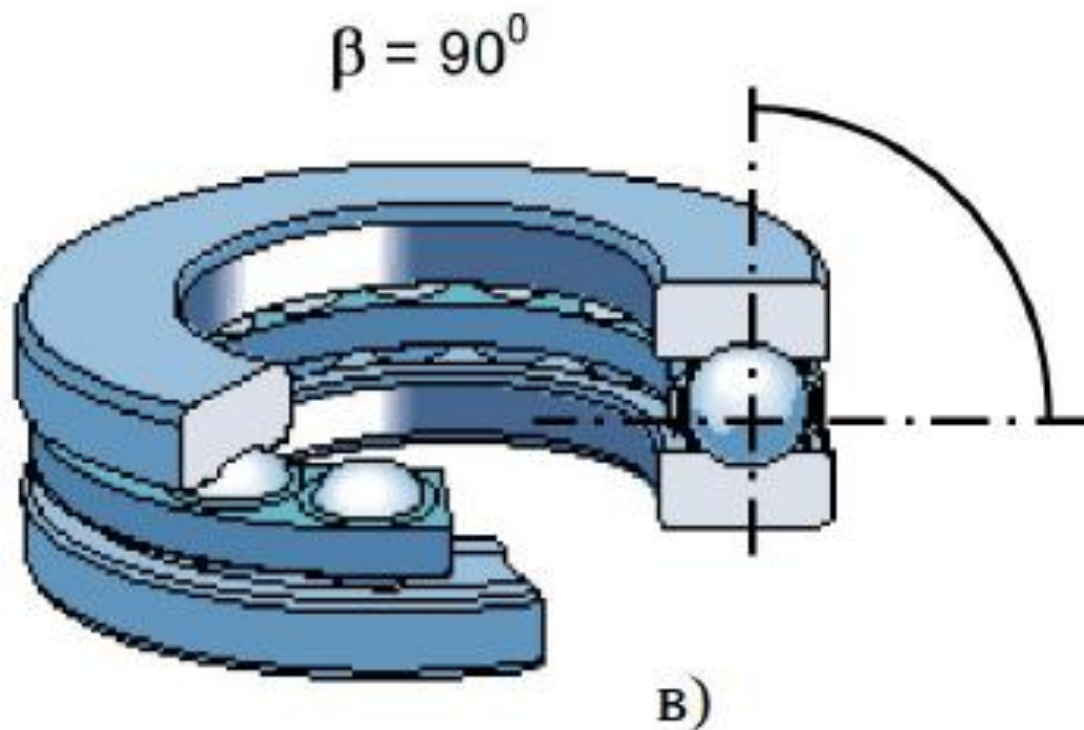


KONUSNO VALJČANI



MAŠINSKI ELEMENTI 1

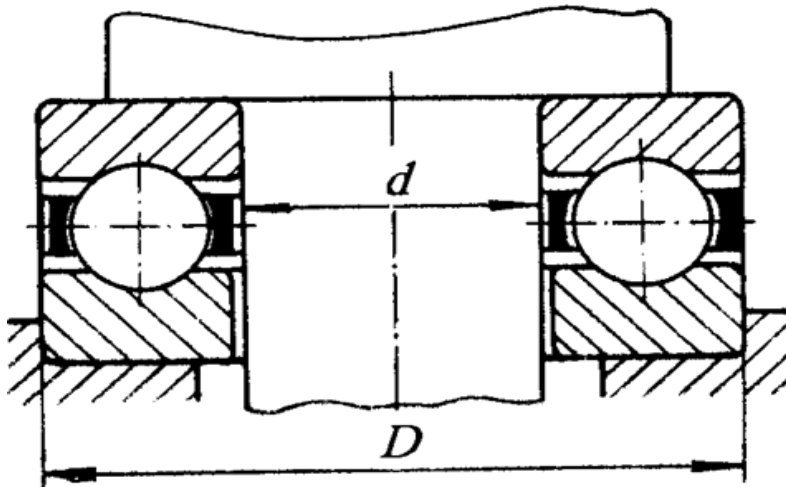
Aksijalni (kolutni) ležaji



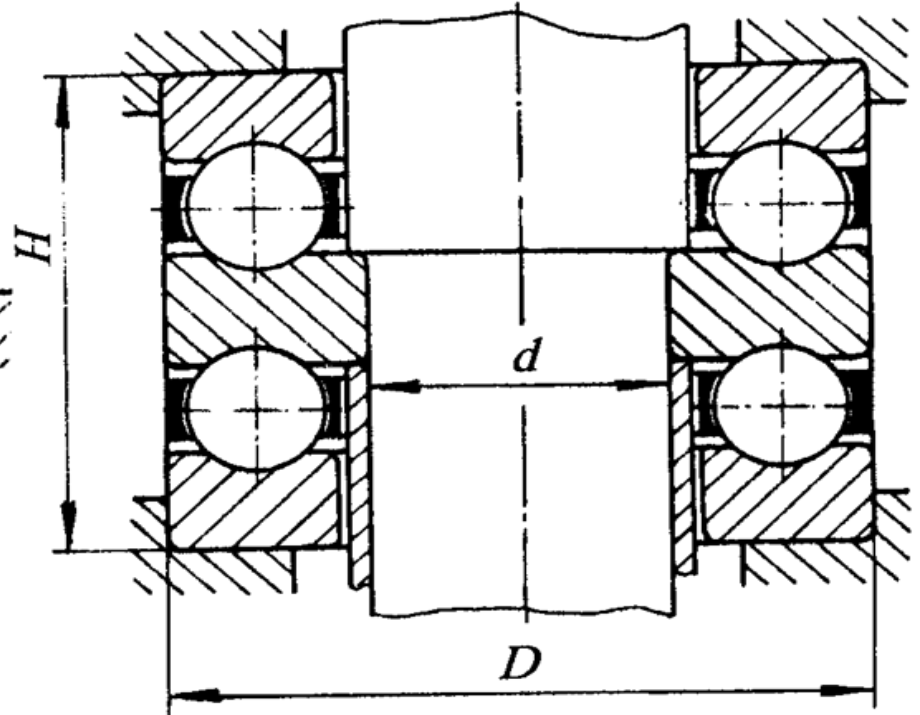


MAŠINSKI ELEMENTI 1

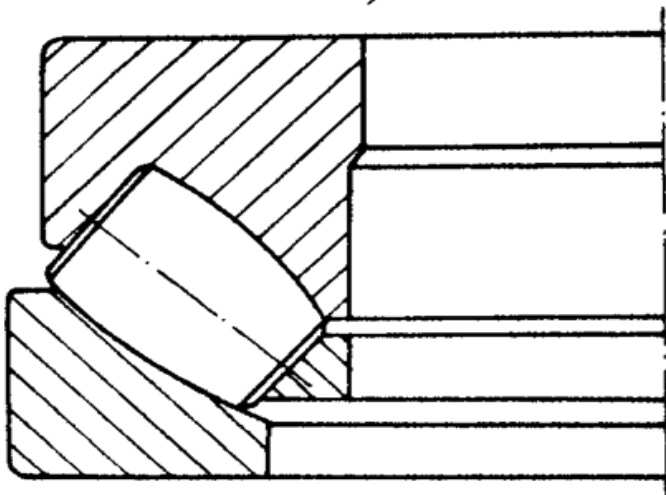
Aksijalni (kolutni) ležaji



a)



b)



c)



d)

OSLANJANJE SFERNIH KOLUTA

—Z0—P0CX—Z0M70Z0M6

—H00>K0000Z0CZ0X

—Z0—P0CX—Z0M70Z0M6

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Aksijalni (kolutni) ležaji

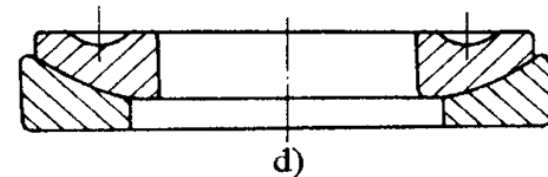
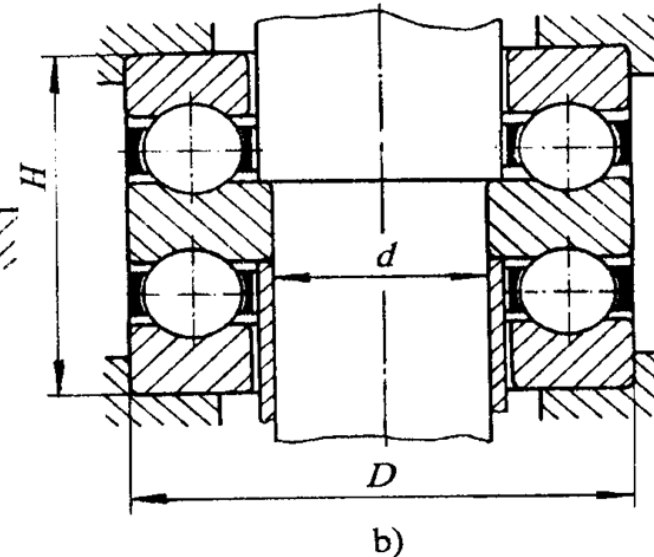
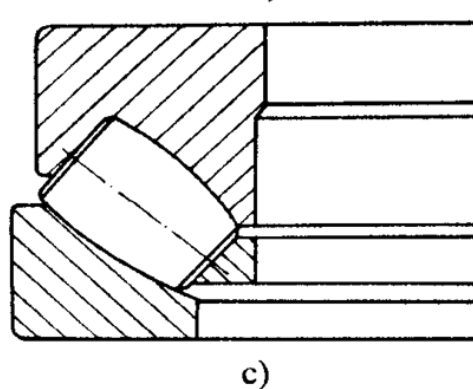
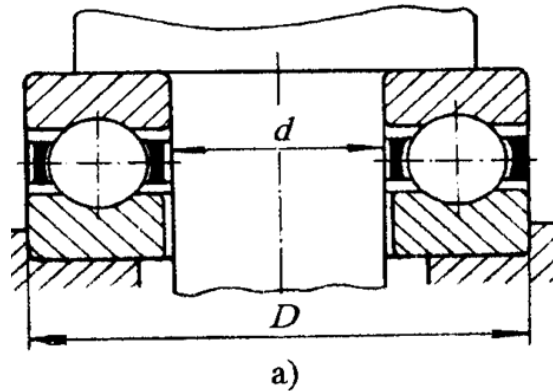
Kolutni ležaji sa aksijalnim dodirom, mogu biti

- sa jednim redom kuglica (za silu u jednom smeru) i
- sa dva reda kuglica (za silu u oba smera).

Ovi ležaji ne mogu prenositi radijalnu silu.

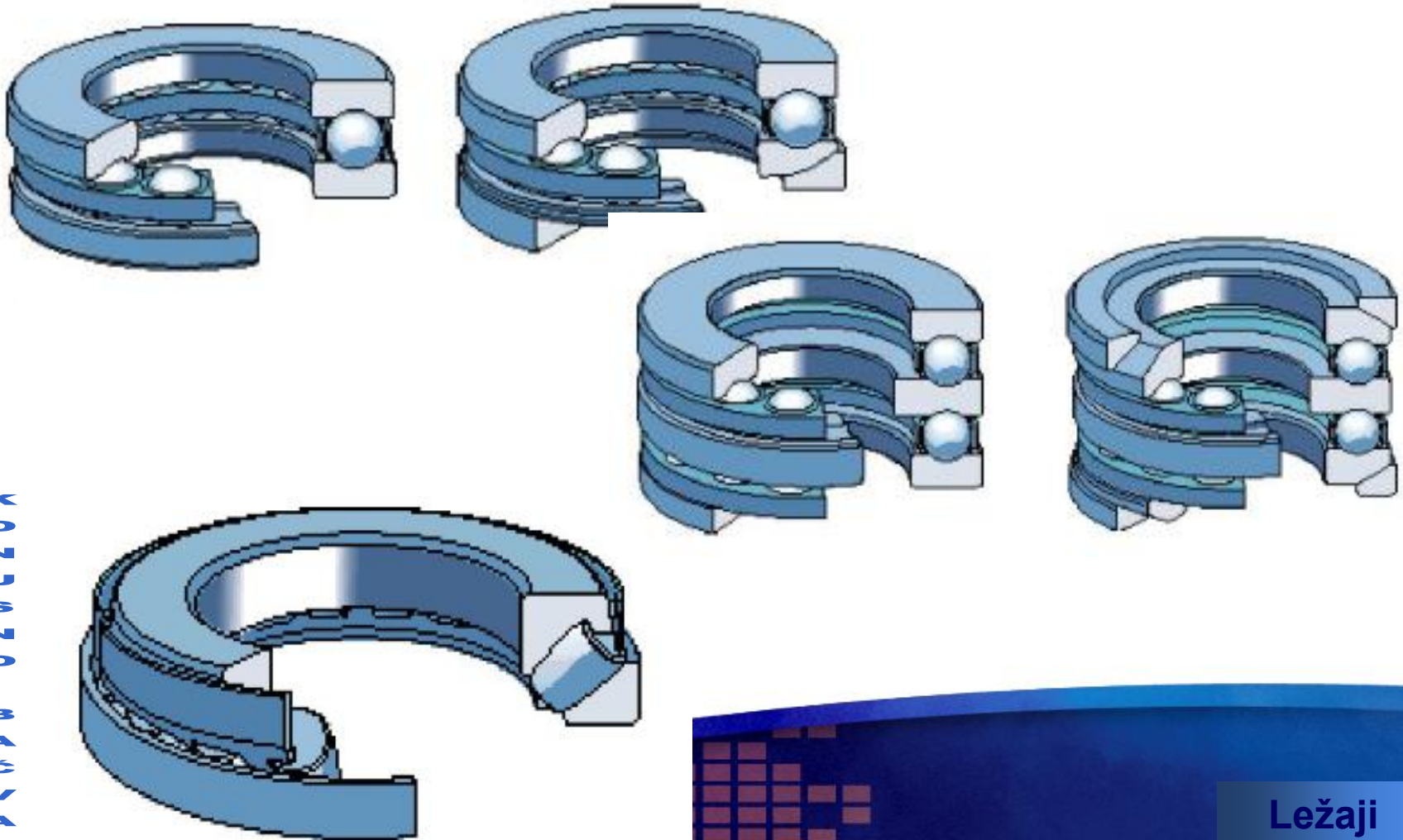
Koluti sa sfernim dodirom omogućuju prilagođavanje osi vratila.

Konusno bačvasti ležaji su prilagodljivi osi vratila i mogu prenositi i radijalne sile.



MAŠINSKI ELEMENTI 1

Aksijalni (kolutni) ležaji



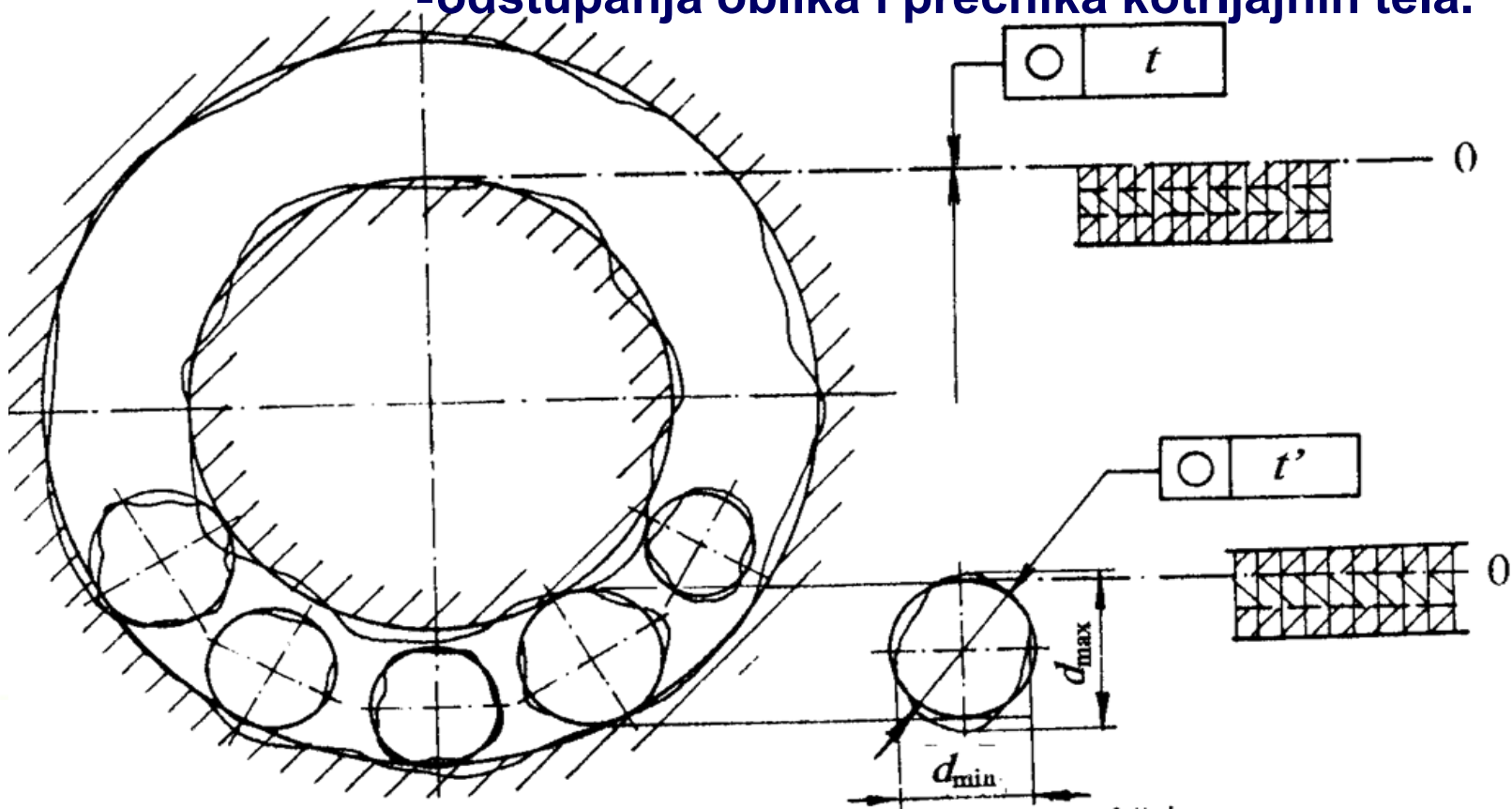


MAŠINSKI ELEMENTI 1

Tolerancije ležaja

Ispravnost funkcionisanja zavisi od odstupanja unutrašnjih geometrijskih parametara.

- odstupanja oblika staza kotrljanja,
- odstupanja prečnika staza kotrljanja,
- odstupanja oblika i prečnika kotrljajnih tela.



MAŠINSKI ELEMENTI 1

■ Tolerancije ležaja

- ❑ Prečnik provrta d se izrađuje sa posebnim **tolerancijskim poljem KB**,
- ❑ Spoljni prečnik D sa takođe posebnim **tolerancijskim poljem hB**.

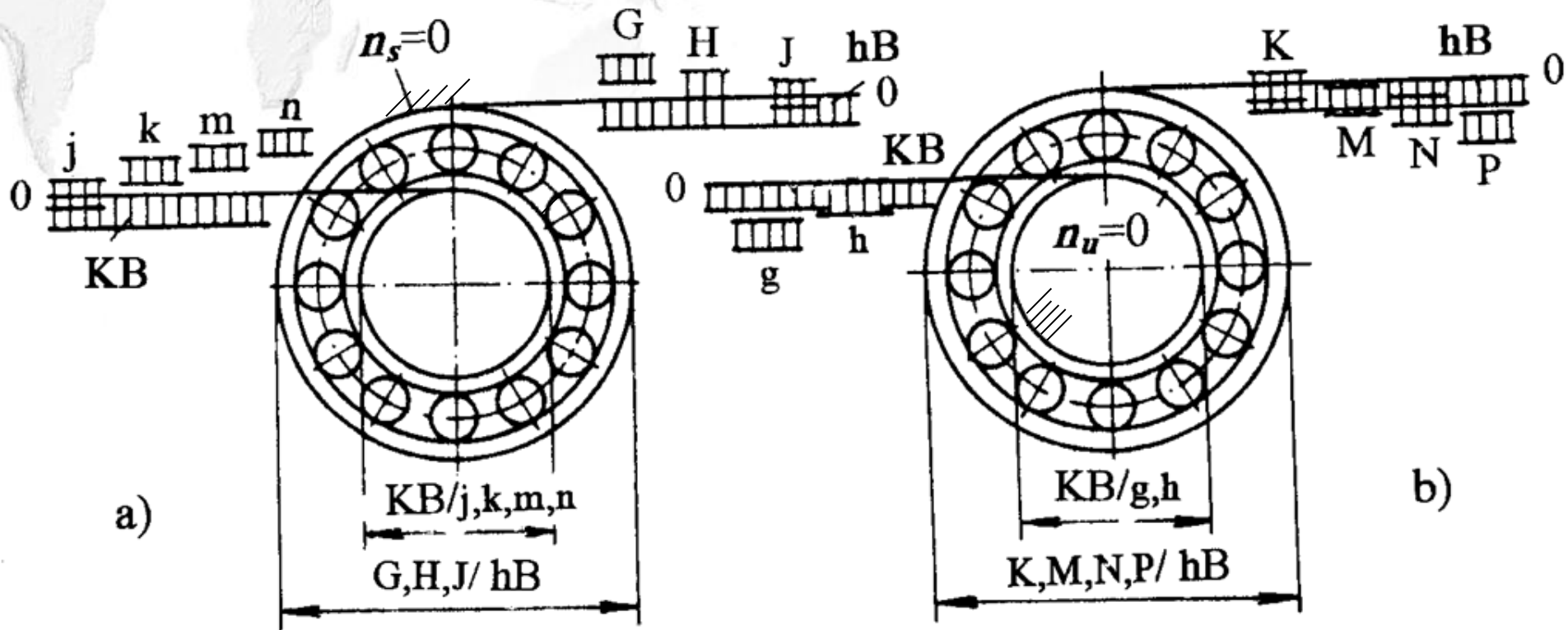
Izborom odgovarajućeg tolerancijskog polja za prečnik rukavca na vratilu i za otvor u kućištu, ostvaruje se željeno naleganje.

- ❑ Onaj **prsten koji rotira** mora formirati **čvrsto naleganje sa malim preklopom**.
- ❑ **Prsten koji miruje** formira **labavo naleganje sa malim zazorom**.

Stepen tolerancije obično je **5, 6 ili 7**.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Naleganja ležaja na vratilu i u kućištu

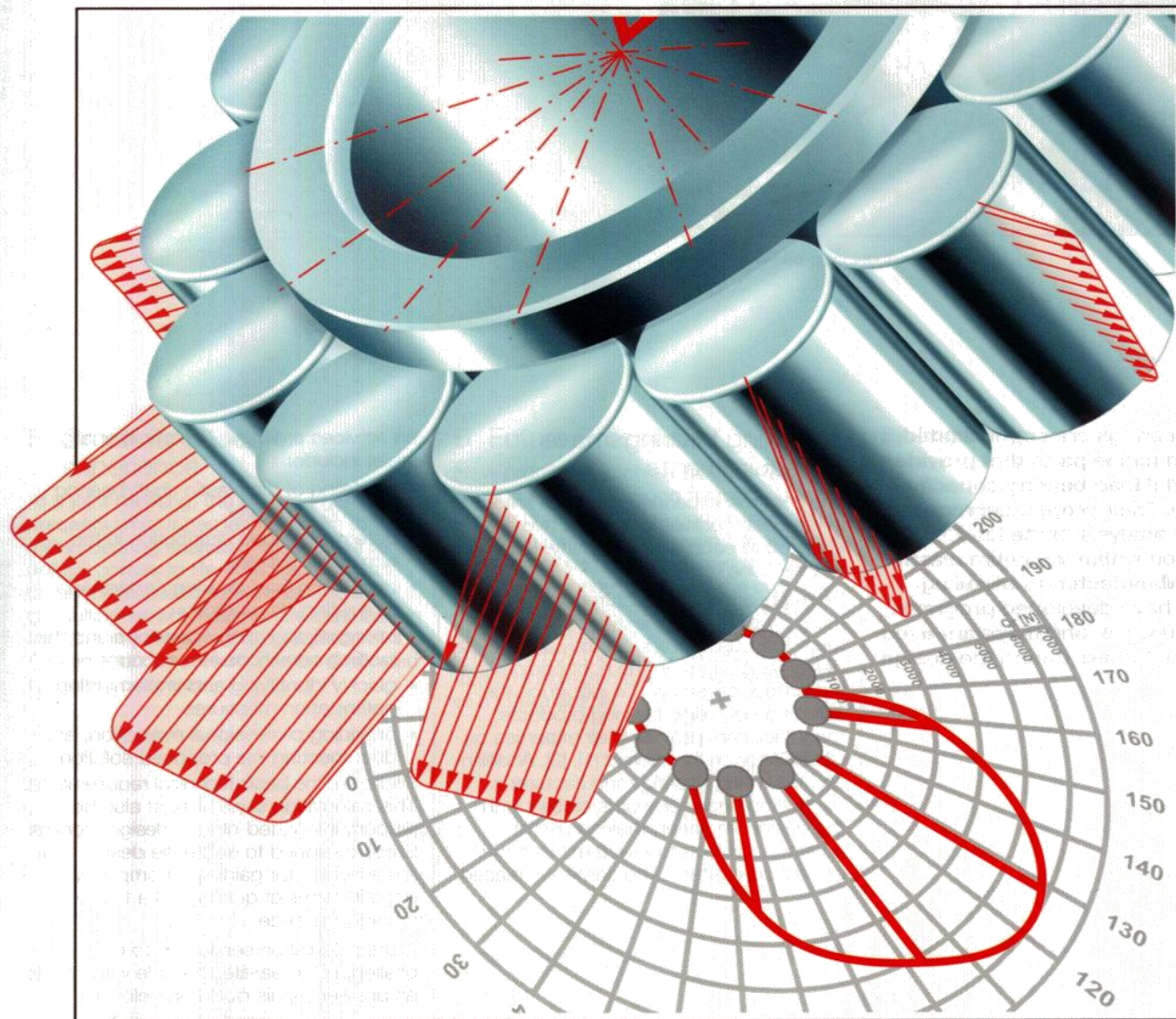


ako spoljni prsten miruje

ako unutrašnji prsten miruje

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Nosivost i radni vek ležaja



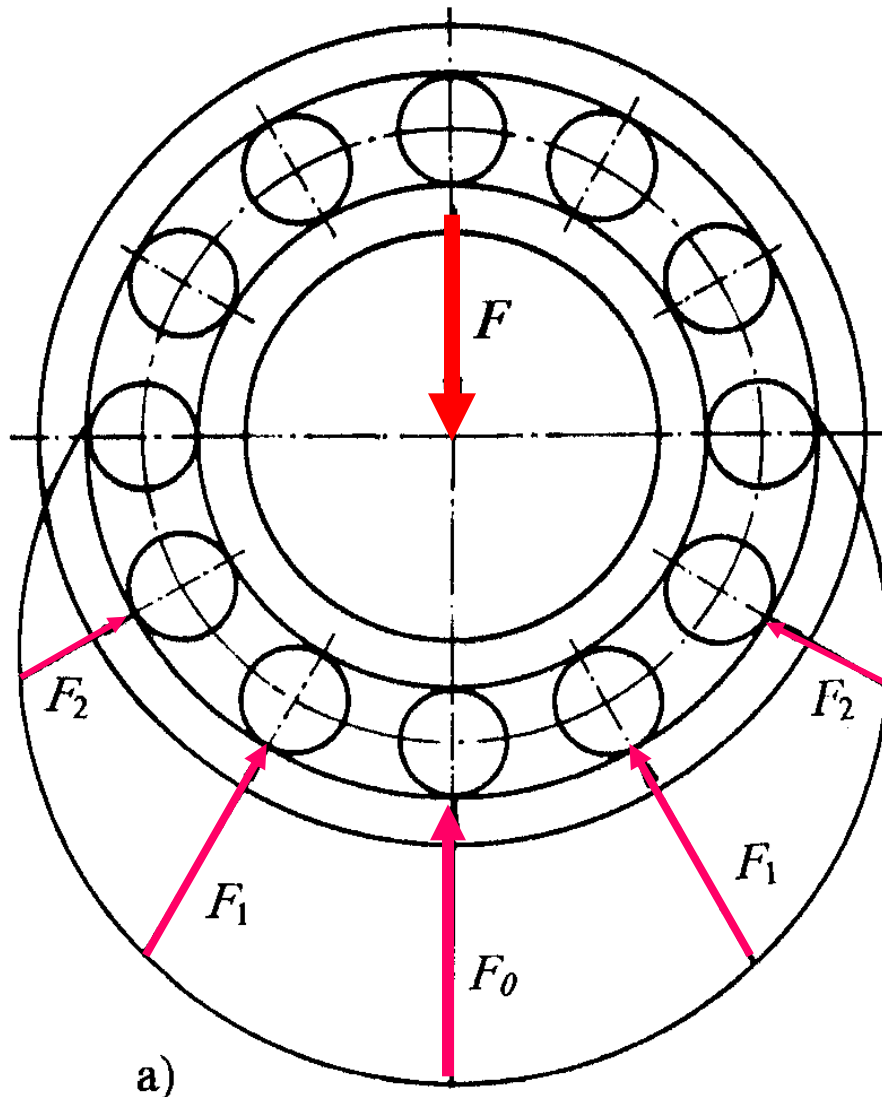
MAŠINSKI ELEMENTI 1

Naponi i razaranje ležaja

Sila F koju prenosi ležaj, raspodeljuje se na veći broj kotrljajnih tela u ležaju.

Sila se raspodeljuje samo na ona kotrljajna tela koja su ispod meridijanske ravni.

Najveća je na onom kotrljajnom telu koje je na pravcu dejstva spoljne sile F , a na ostala se raspoređuje po sinusnom zakonu.



k_0 - koeficijent srazmere
z-broj kotrljajnih tela

$$F_0 = k_0 \cdot \frac{F}{z}$$

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Pritisak na dodiru kotrljajnih tela

Pritisak na dodiru valjka i prstena je po Hecovom obrazcu

$$p_{\max} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{F_0 E}{\rho b}}$$

$$\rho = \frac{\rho_u \rho_k}{\rho_u + \rho_k}$$

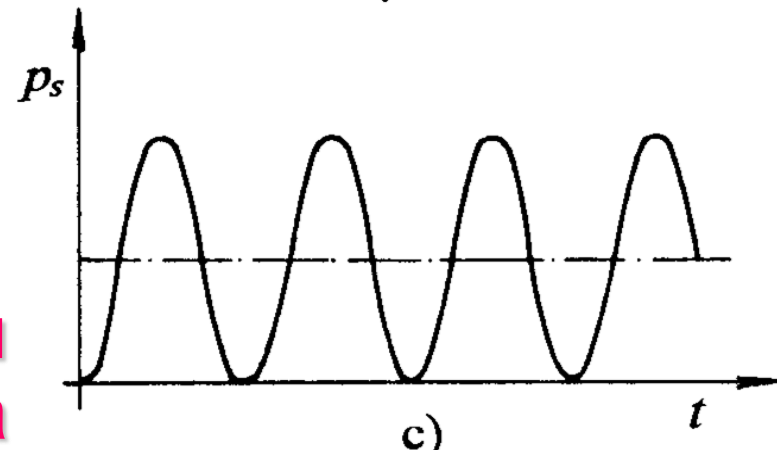
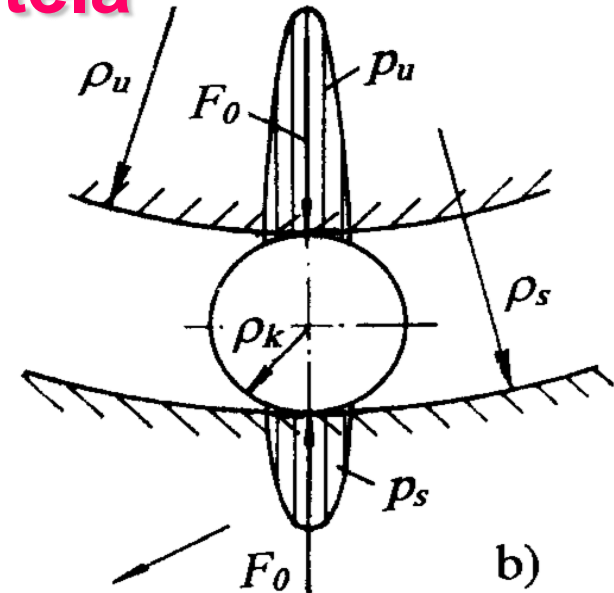
$$\rho = \frac{\rho_s \rho_k}{\rho_s + \rho_k}$$

E - ekvivalentni modul elastičnosti delova u dodiru

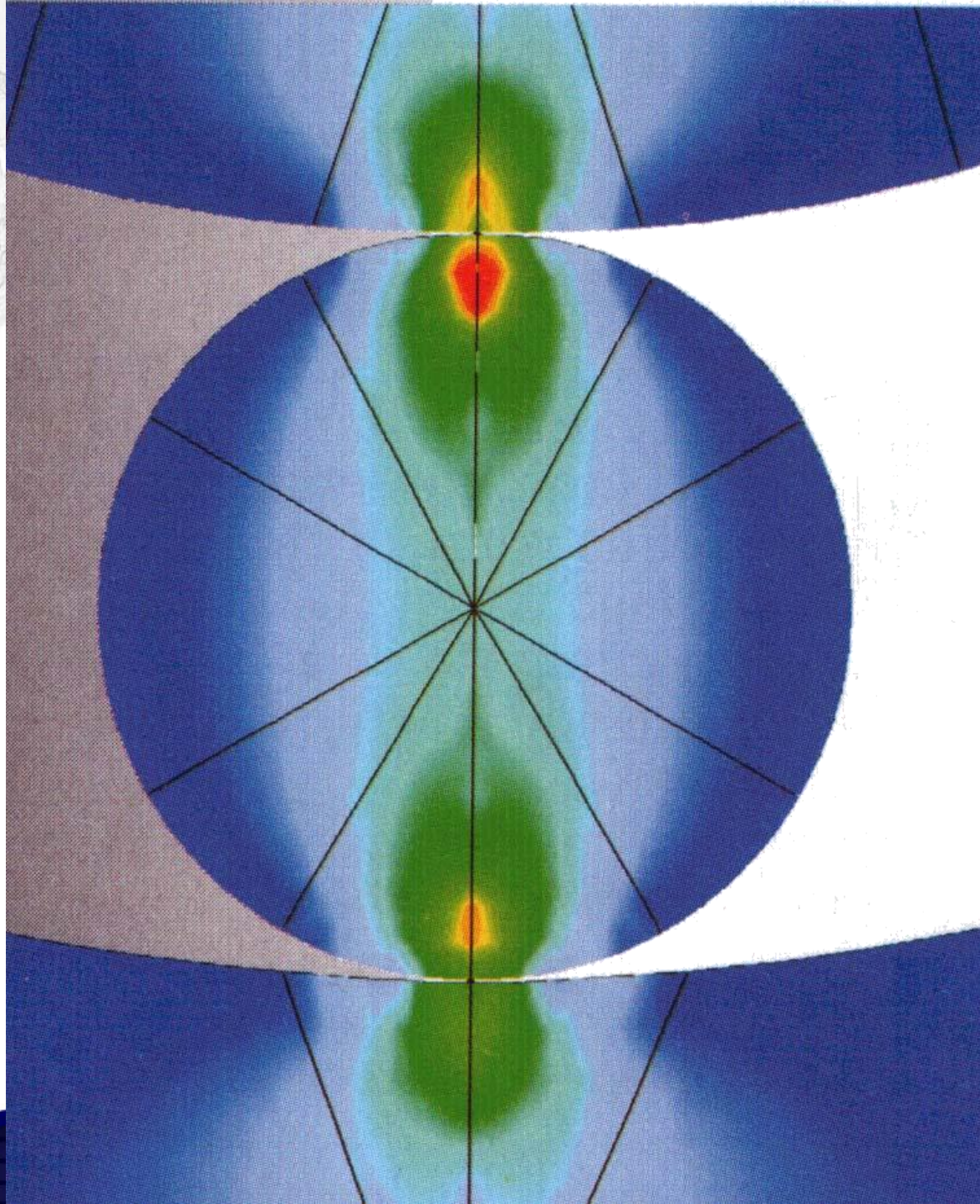
ρ -ekvivalentni radijus krivine delova u dodiru

b -širina dodira

Pritisak na dodiru kotrljajnih tela



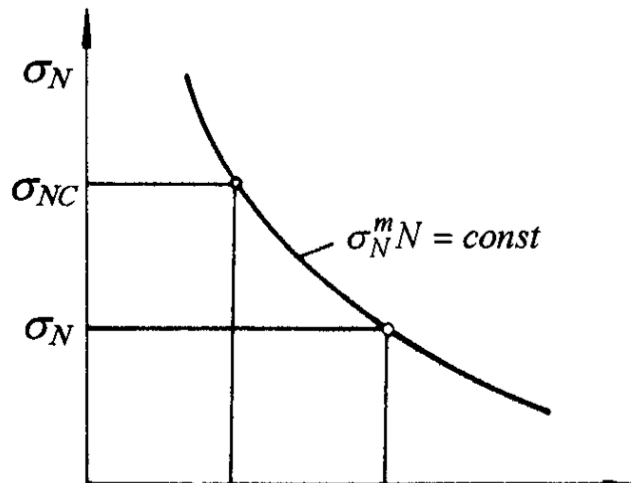
U toku jednog obrta ležaja, broj promena pritiska je jednak broju z



MAŠINSKI ELEMENTI 1

Krive zamaranja ležaja

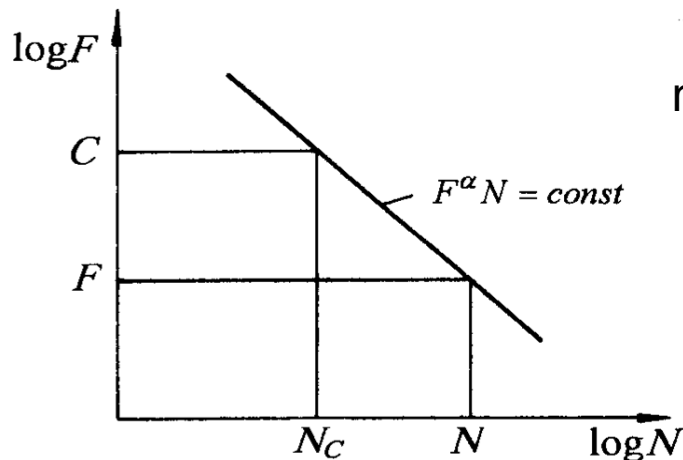
Ako se za meru broja promena napona usvoji broj obrta ležaja N , polazeći od krive zamaranja dobija se



$$\sigma_{Nc}^m N_c = \sigma_N^m N$$

$$\sigma_N = p_{\max} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{k_0 F E}{z \rho b}}$$

$$\left(0,418 \cdot \sqrt{\frac{k_0 F_{Nc} E}{z \rho b}}\right)^m N_c = \left(0,418 \cdot \sqrt{\frac{k_0 F E}{z \rho b}}\right)^m N$$



C-dinamička
nosivost ležaja
za $N_c = 10^6$

$$F_{Nc}^{\frac{m}{2}} N_c = F_N^{\frac{m}{2}} N$$

$$C^\alpha N_c = F^\alpha N$$

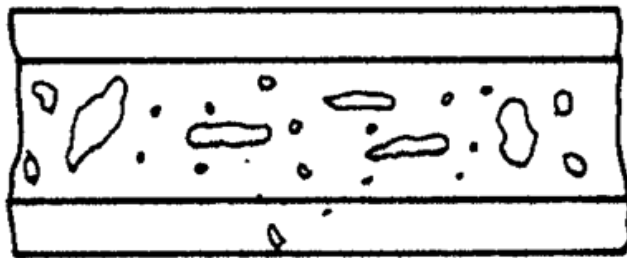
$$m/2 = \alpha \Rightarrow$$

za kuglične ležaje iznosi $\alpha = 3$,
za valjčane $\alpha = 10/3 = 3,33$.

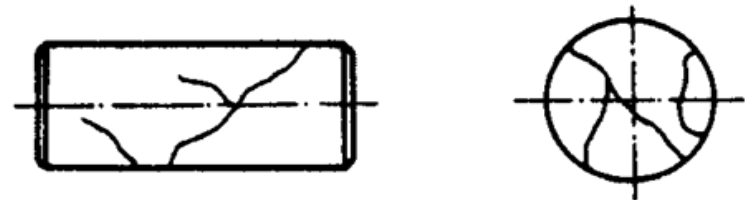
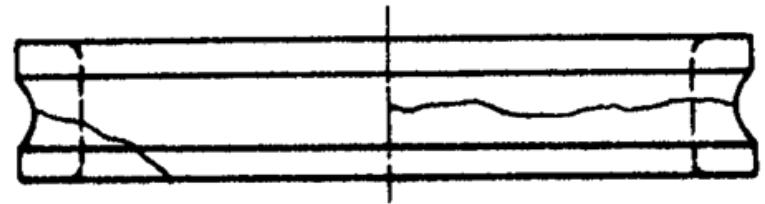
MAŠINSKI ELEMENTI 1

Razaranja delova kotrljajnog ležaja

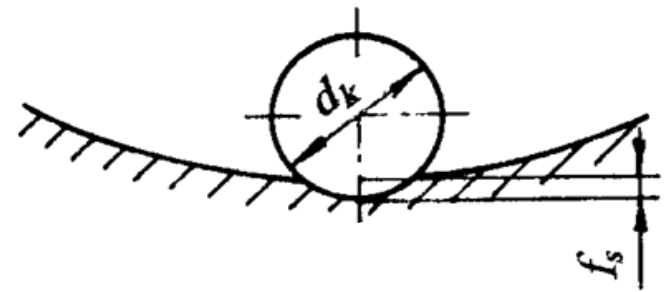
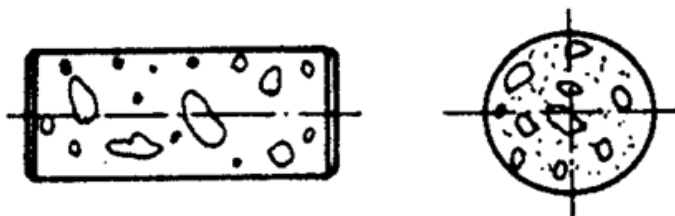
- Površinska razaranja usled zamora (piting)



- Zapreminska razaranja usled zamora



- Statička razaranja (gnječenje)



MAŠINSKI ELEMENTI 1

Dinamička nosivost ležaja

Dinamička nosivost ležaja C je opterećenje – sila koju ležaj može da prenosi u toku $N_c = 10^6$ obrtaja s tim da se pri tom ne razori više od 10% od ispitivanog skupa ležaja.

To je eksperimentalna veličina koju utvrđuju proizvođači ležaja i daje se u odgovarajućim katalozima (tabl. 4.4, knjiga).

Za radijalni ležaj, C je radijalna sila, a za aksijalni to je aksijalna sila koja predstavlja polaznu veličinu na osnovu koje se izračunava vek ležaja.

Na osnovu poznavanja vrednosti C vrši se i izbor ležaja odgovarajućih parametara.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Radni vek ležaja

Radni vek ležaja izražava se brojem časova rada do razaranja L_h i koji se može transformisati u broj obrta ležaja do razaranja N .

Polazeći od date relacije

$$N = N_c \left(\frac{C}{F} \right)^\alpha$$

$$N = 60nL_h$$



$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{F} \right)^\alpha$$

$$L_h = a_1 a_2 a_3 \frac{10^6}{60n} \left(\frac{k_g k_c C}{F} \right)^\alpha$$

a - korekcionni faktori koji se odnose na korekciju izračunatog veka

k - korekcionni faktori koji se odnose na korekciju dinamičke nosivosti

(Tabl.4.4)

n -broj obrtaja izražen u min^{-1}

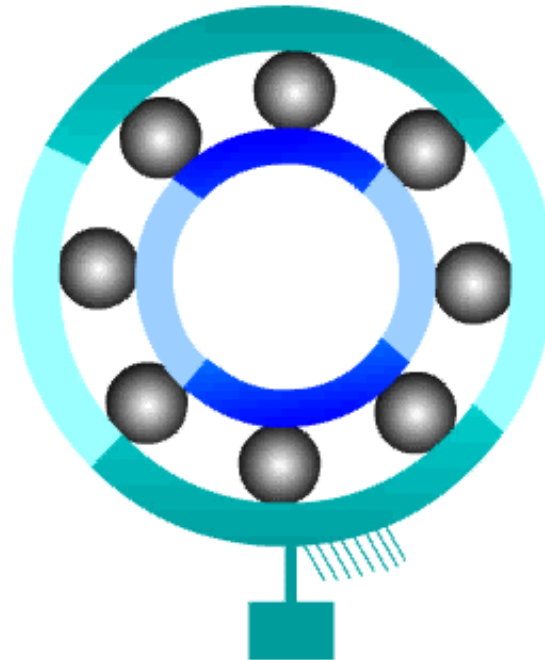
$N_c=10^6$ obrtaja koji odgovara razaranju 10% ležaja pod dejstvom sile C (tabl.4.3)

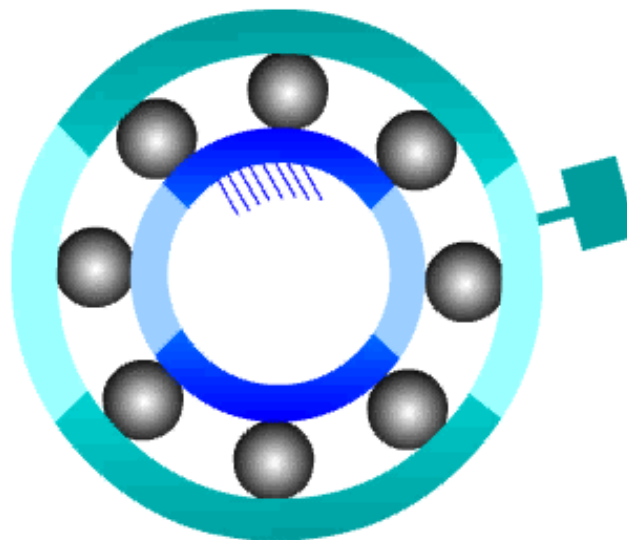
MAŠINSKI ELEMENTI 1

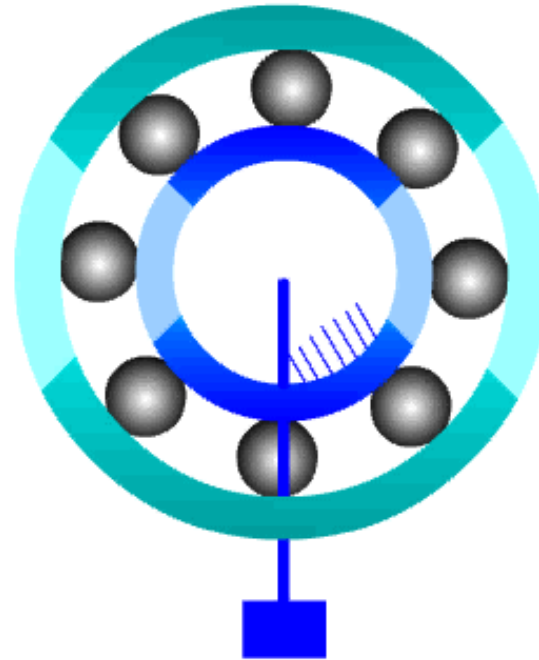
Statička nosivost ležaja

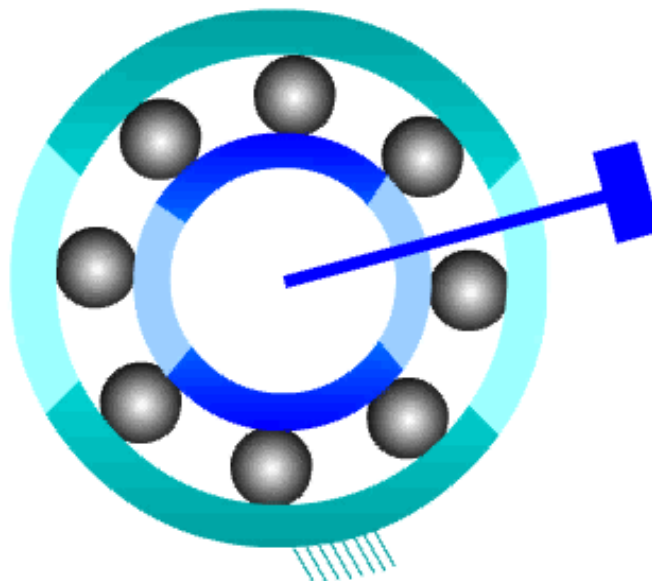
Statička nosivost je opterećenje ležaja C_0 koje dovede do trajnih deformacija na dodirnim površinama koje nisu veće od 10^{-4} prečnika kotrljajnog tela d_k tj. $f_s \leq 10^{-4} d_k$.

- Veće trajne deformacije doprinose snižavanju kvaliteta rada ležaja odnosno tačnosti obrtanja.
- Ležaji sa većom učestanosti obrtanja n , prenose relativno male sile te ne postoji opasnost od trajnih deformacija.
- U obrnutom slučaju, za $n < 10 \text{ min}^{-1}$, ležaj prenosi veliko opterećenje koje može biti veće od statičke nosivosti C_0 .
- Stoga se pri ovim učestanostima obrtanja proverava statička nosivost.
- Potrebno je da spoljnje opterećenje F_0 bude manje od statičke nosivosti C_0 ($F_0 < C_0$).









MAŠINSKI ELEMENTI 1

Ekvivalentno opterećenje, izbor i ugradnja ležaja

Ekvivalentno opterećenje ležaja je sila F čije je dejstvo na oštećenje ležaja ekvivalentno zajedničkom dejstvu radijalne sile F_r i aksijalne sile F_a

X i Y - koeficijenti
proporcionalnosti

$$F = XF_r + YF_a \text{ odnosno } F_0 = X_0F_r + Y_0F_a \quad (\text{ekvivalentnosti) tabl. 4.5 i 4.6}$$

Radijalna sila F_r koju prenosi ležaj jednaka je vektorskom zbiru otpora oslonaca u obe međusobno upravne ravni, tj. za otpore oslonaca je

$$F_{rA} = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{yA}^2}$$

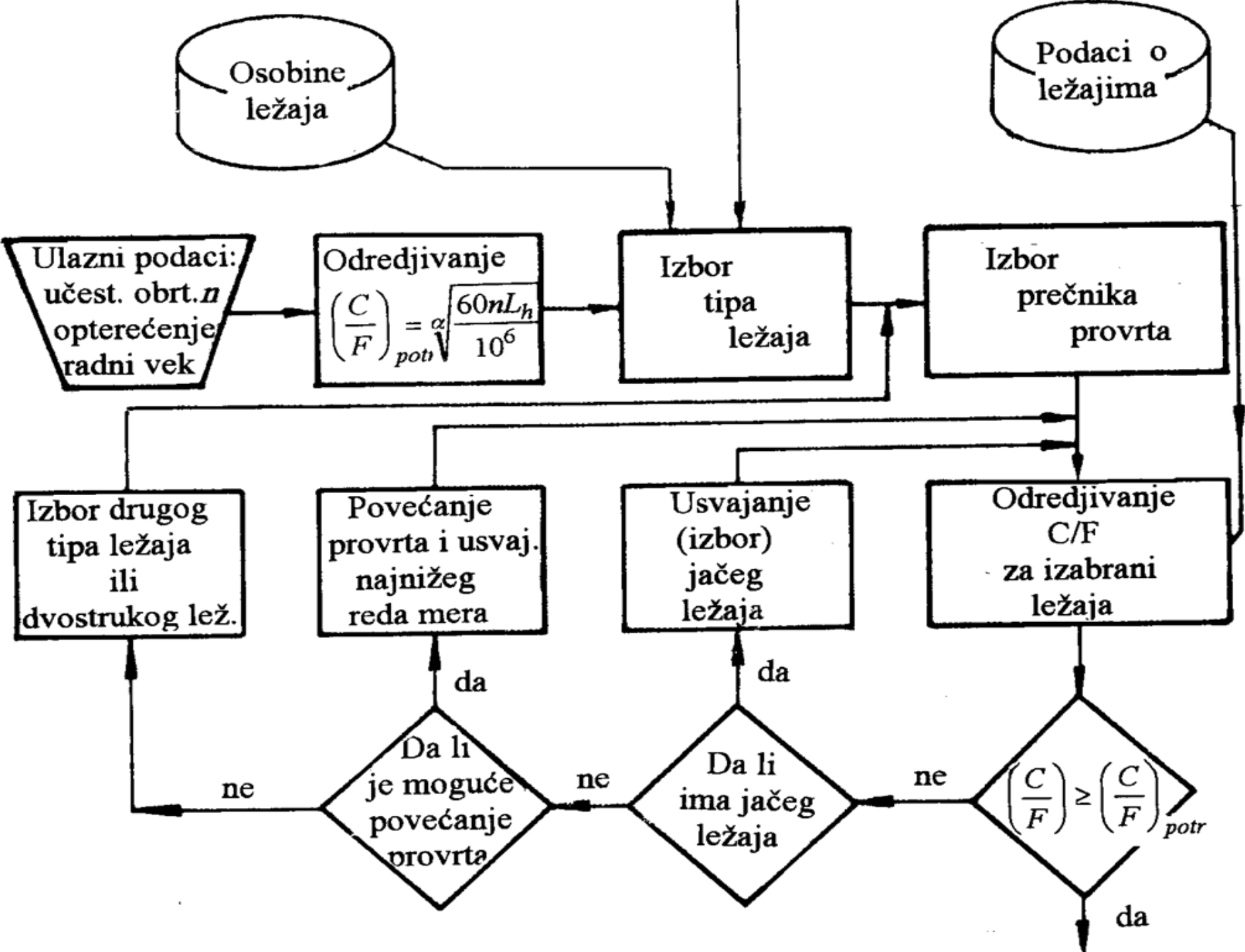
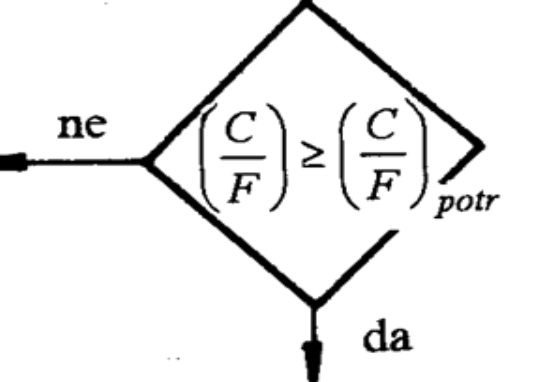
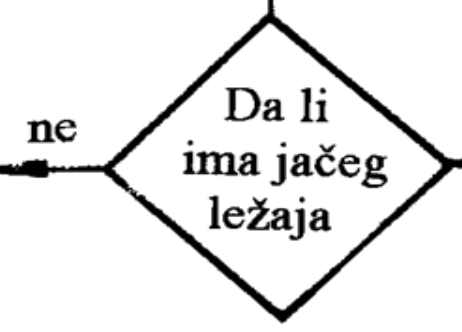
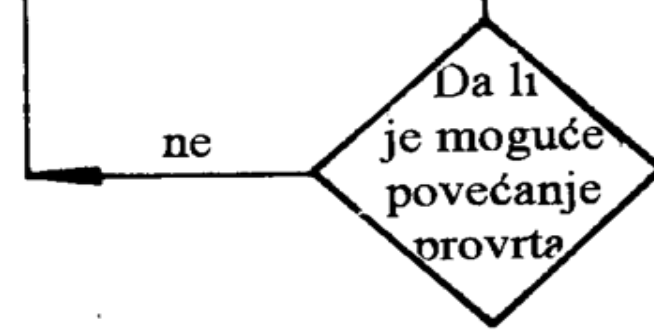
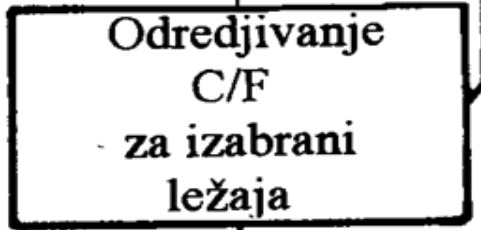
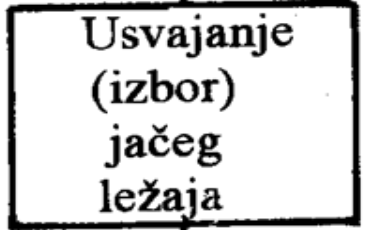
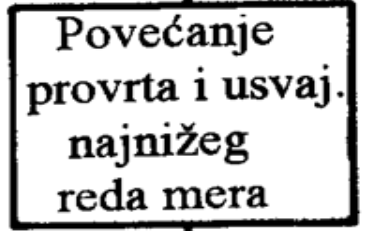
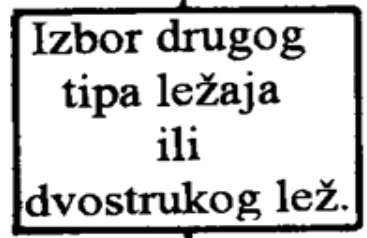
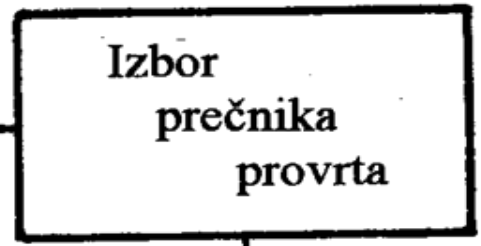
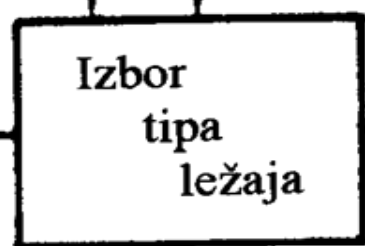
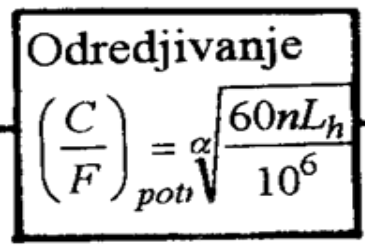
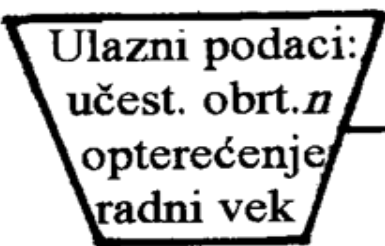
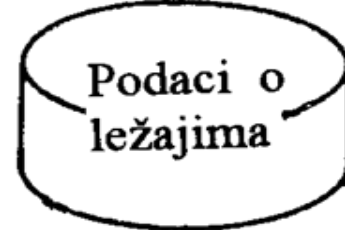
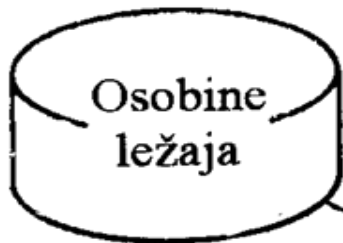
$$F_{rB} = \sqrt{F_{xB}^2 + F_{yB}^2}$$

- **Aksijalna sila je $F_a=0$** za ležaj u osloncu koji ne prenosi ovu silu
- Za ležaj koji prenosi ovu silu (aksijalno fiksirani oslonac) **aksijalna sila F_a** je jednaka aksijalnom otporu oslonca.
- **Ako se spoljni prsten okreće, a unutrašnji miruje** - $F = 1,2XF_r + YF_a$
- **Ako se tokom radnog veka ležaja ekvivalentno opterećenje menja**, ukupna ekvivalentna sila je

$$F = \sqrt[\alpha]{\frac{F_1^\alpha n_{\Sigma 1} + F_2^\alpha n_{\Sigma 2} + \dots + F_k^\alpha n_{\Sigma k}}{n_{\Sigma 1} + n_{\Sigma 2} + \dots + n_{\Sigma k}}}$$

Izbor i ugradnja ležaja

Tip ležaja												
Uslovi rada												
Radijalno opterećenje	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
Aksijalno opterećenje	●	●	●	○	○	●	○	●	●	○	●	●
Odstupanje osa ležaja	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Podešavanje zazora	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Rasklopivost ležaja	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Povišena tačnost	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Visoka brzina rotacije	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Visoka nosivost	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Nizak nivo buke	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Spoj konusnim sedlom	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Oznake:	● Primenljiv, ○ Uslovno primenljiv, x Ne preporučuje se											



- Klizni ležaji

PROČITATI IZ KNJIGE!