



VRATILA I OSOVINE – II deo

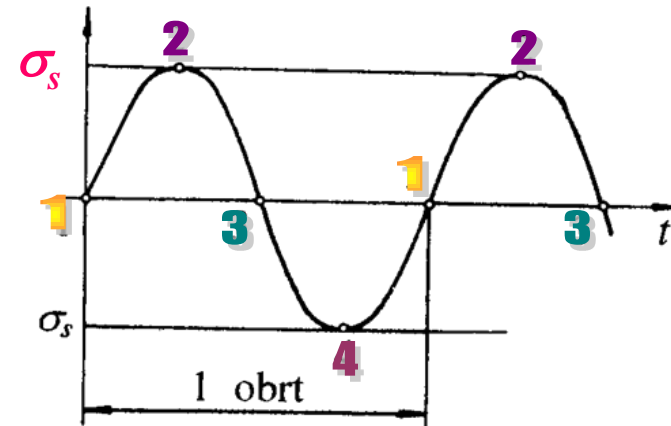
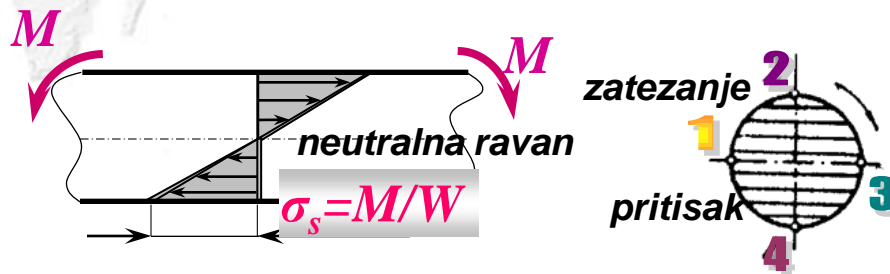
Dr Snežana Ćirić Kostić, docent

MAŠINSKI ELEMENTI 1

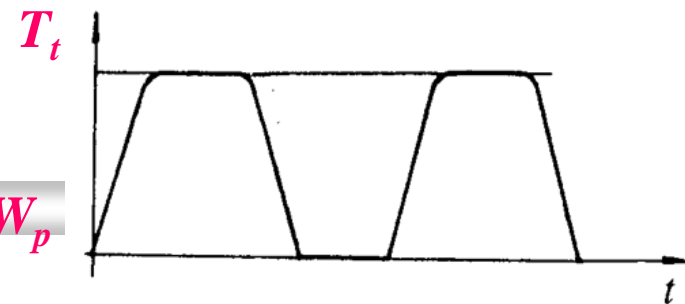
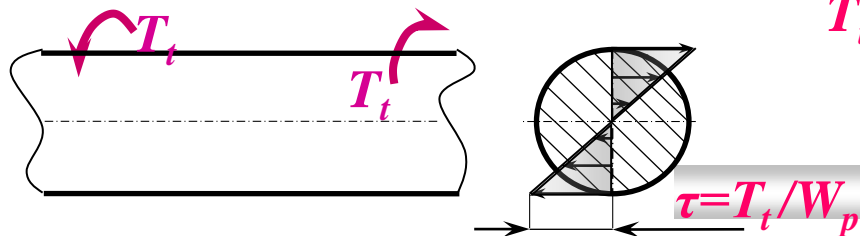
MAŠINSKI ELEMENTI 1

Naponi u vratilu

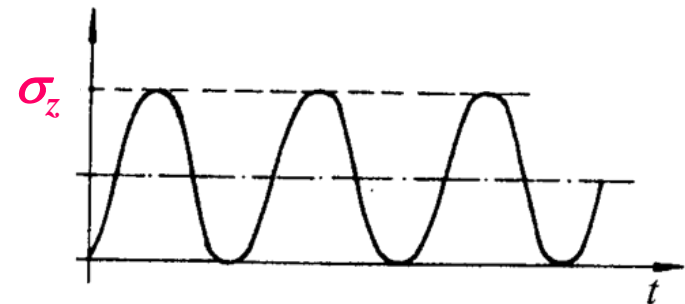
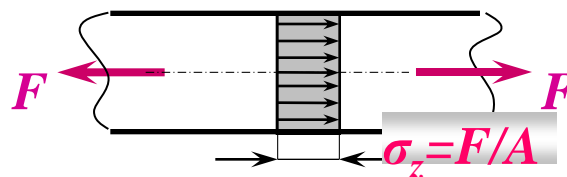
savijanje



uvijanje



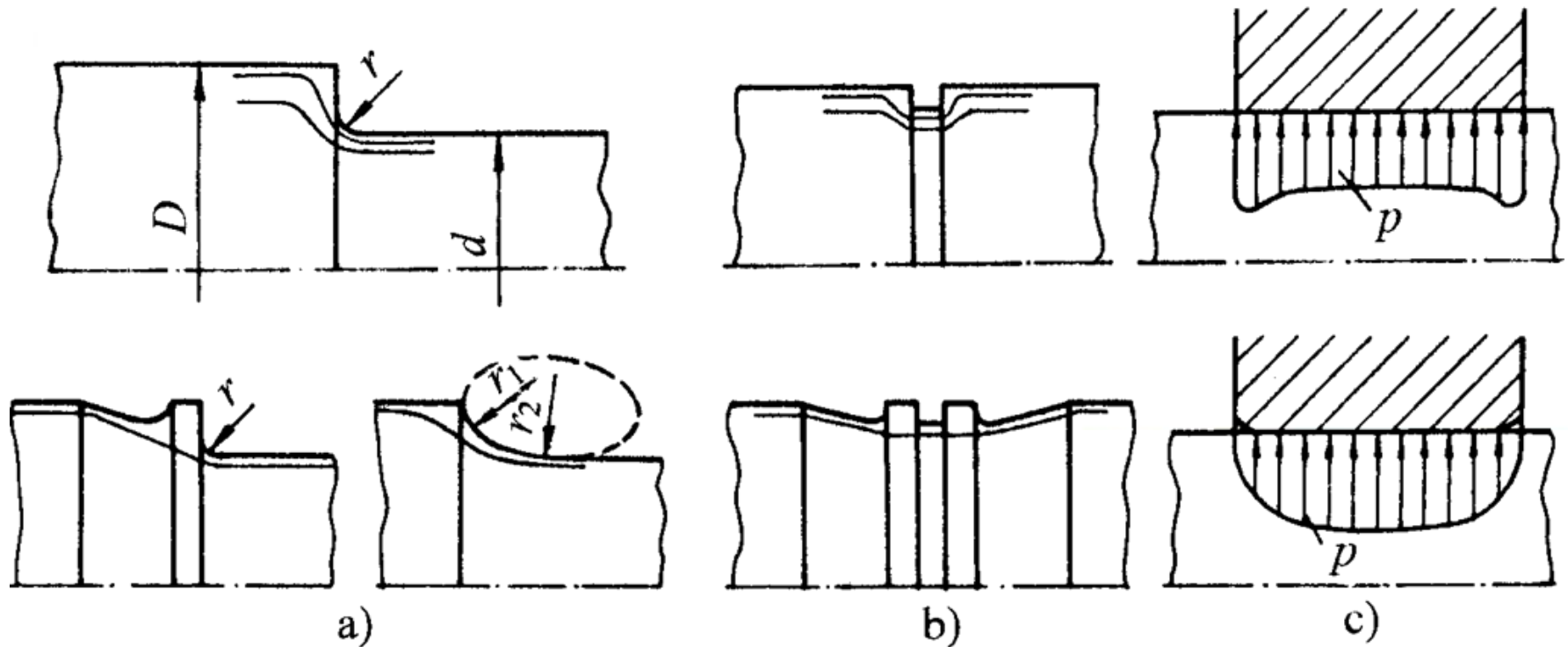
zatezanje-pritisak



MAŠINSKI ELEMENTI 1

Koncentracija napona u vratilu

Vratilo je mašinski deo sa izrazitim diskontinuitetima u veličini poprečnog preseka, sa uzdužnim i poprečnim žlebovima, navojima, otvorima, čvrstim, neizvesnim i labavim naleganjima i dr. koji su potrebni za naslanjanje i spajanje delova kao i za prenošenje opterećenja.



IZVORI KONCENTRACIJE NAPONA

1.

Nagle promene prečnika vratila izazvane potrebom za naslanjanjem glavčina i ležaja

2.

Naleganja vratila, glavčina i ležaja.

Čvrsta naleganja izazivaju vrlo intenzivnu koncentraciju napona dok je kod labavih ona manja

3.

Žlebovi (uzdužni i poprečni) koji su potrebni za ostvarivanje spojeva sa vratilom

Vratila se po pravilu izrađuju od **konstrukcijskih čelika** opšte namene koji su manje osetljivi na koncentraciju napona. Efekti koncentracije napona nisu u velikoj meri izraženi.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Dinamička izdržljivost vratila

$$\sigma_{DM} = \sigma_{D(-)M} = \sigma_{D(-)} \frac{\xi_{1s} \xi_{2s} \xi_{3s}}{\beta_{ks}}$$

$$\tau_{DM} = \frac{\tau_{D(-)M}}{1 - 0,5 \operatorname{tg} \alpha_M}$$

$$\tau_{D(-)M} = \tau_{D(-)} \frac{\xi_{1u} \xi_{2u} \xi_{3u}}{\beta_{ku}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_M = 1 + \left(1 - \frac{2\tau_{D(-)}}{\tau_{D(0)}} \right) \frac{\xi_{1u} \xi_{2u} \xi_{3u}}{\beta_{ku}}$$

ξ_1 - razlika u veličini poprečnog preseka vratila i standardne epruvete

ξ_2 - razlika u hrapavosti epruvete i vratila na mestu koncentracije napona.

ξ_3 - obuhvata se uticaj primenjenih metoda za povećanje izdržljivosti vratila

kompensacija negativnih efekata koncentracije napona:

obogaćivanje površinskog sloja ugljenikom (cementacija) ili azotom (nitriranje),
primenjene metode hladnog mehaničkog ojačavanja

Tabl. 2.11. ... 2.13

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Stepen sigurnosti vratila

Parcijalni i **ukupni stepen** sigurnosti vratila

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{DM}}{\sigma}$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{DM}}{\tau}$$

$$S = \frac{S_{\sigma} S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}}$$

▪ Stepen sigurnosti se proverava u svim presecima vratila u kojima postoji mogućnost da dodje do loma.

Sigurnost je zadovoljena ako je stepen sigurnosti **veći od 1,5...2,5**, zavisno od pouzdanosti podataka korišćenih u proračunu.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Izbor dimenzija vratila

Dužina vratila odnosno rastojanje između oslonaca **zavisi od njegove funkcije.**



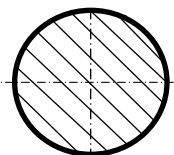
▪ Kod pogonskih vratila, dužine se određuju na sličan način izuzev kada je povećanom dužinom potrebno savladati veća rastojanja i obezbediti transmisiju mehaničke energije.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Izbor dimenzija vratila

Dimenzije poprečnog preseka vratila mogu se izračunati na osnovu potrebne čvrstoće tako da u toku radnog veka ne dodje do razaranja.

Potrebno je da radni napon u presecima vratila bude manji od dozvoljenog.



$$W = 0,1 d^3 \quad \sigma_i = \frac{M_i}{W} = \frac{M_i}{0,1 d^3} \leq \sigma_{doz} \quad \sigma_{doz} = \frac{\sigma_{D(-1)}}{K_D S} \Rightarrow d \geq k \sqrt[3]{\frac{10 M_i}{\sigma_{doz}}}$$

Dozvoljeni napon se određuje na osnovu:

- ✓ izdržljivosti materijala (epruvete) pri **naizmenično promenljivom savijanju** $\sigma_{D(-1)}$,
- ✓ koeficijenta **dinamičke izdržljivosti** K_D -obuhvata procenjenju koncentraciju napona, uticaj veličine preseka i hrapavost i na osnovu potrebne veličine stepena sigurnosti, na primer $S=2$. (T.3.3-str.101)

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Izbor dimenzija vratila

Ekvivalentni moment savijanja M_i se dobija svođenjem momenta savijanja M i momenta uvijanja T_t na M_i primenom hipoteze najvećeg deformacionog rada.

$$M_i = \sqrt{M^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)}}{2\tau_{D(0)}} T_t \right)^2}$$

Dejstvo momenta M_i je ekvivalentno zajedničkom dejstvu momenta savijanja i momenta uvijanja.

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)}}{\tau_{D(0)}} \tau \right)^2}$$

Ekvivalentni napon.

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Izbor dimenzija vratila

Na osnovu momenta M_i dobija se u svakoj tački duž vratila prečnik d_i .

On se menja po kubnoj paraboli duž vratila i predstavlja jezgro izvan kojeg se može formirati oblik vratila.

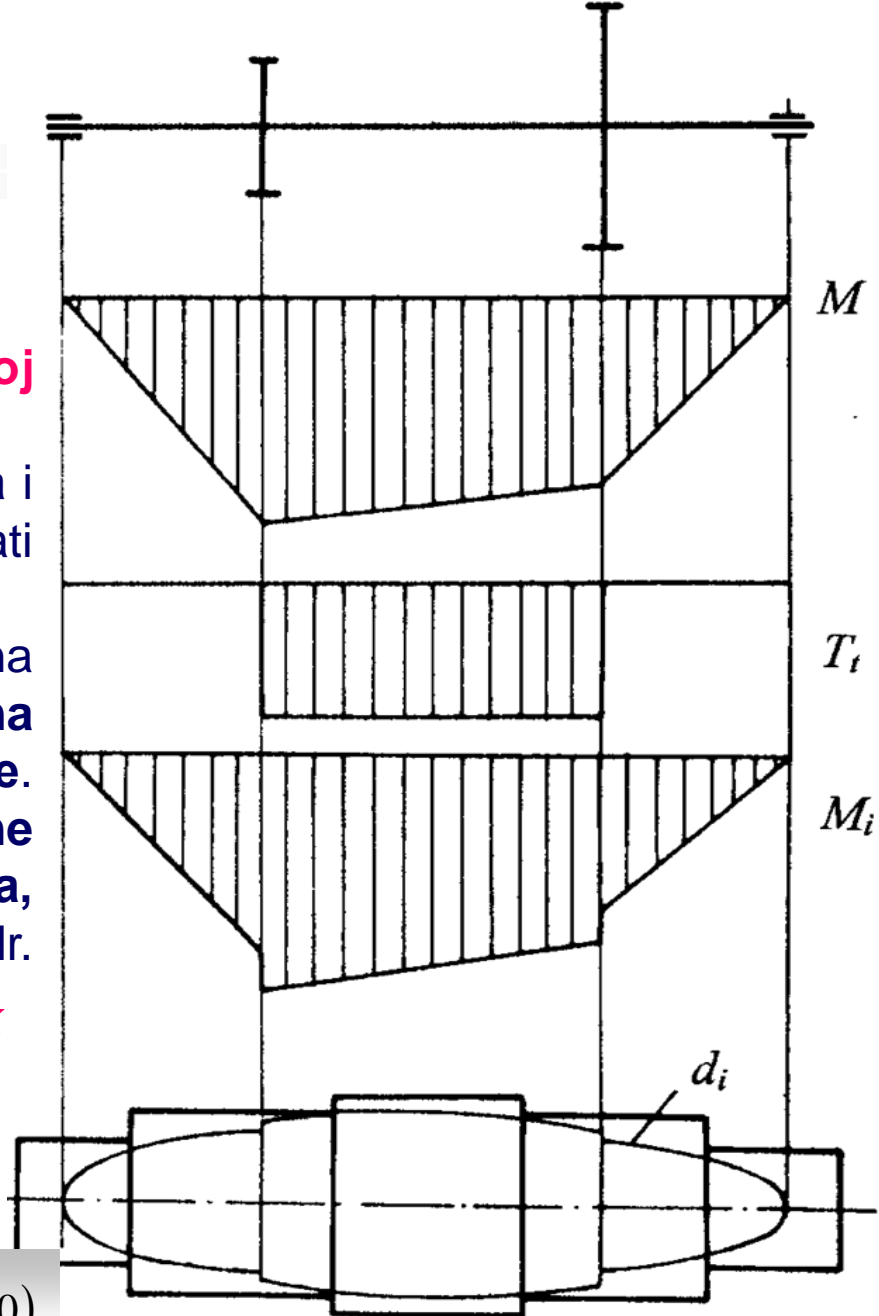
- Prečnici d_i su osnovne vrednosti dobijene na osnovu samo jednog kriterijuma – kriterijuma čvrstoće.
- Vratilo mora zadovoljiti i druge kriterijume koji su u vezi sa krutošću, standardima, nosivošću spojeva i dr.

U izrazu za prečnik vratila d , koeficijent k omogućuje da se prečnik vratila poveća u odnosu na vrednost d_i imajući u vidu navedene uticaje i potrebe.

$$d = k \sqrt[3]{\frac{5T_t}{\tau_{doz}}}$$

vratilo izloženo
samo uvijanju

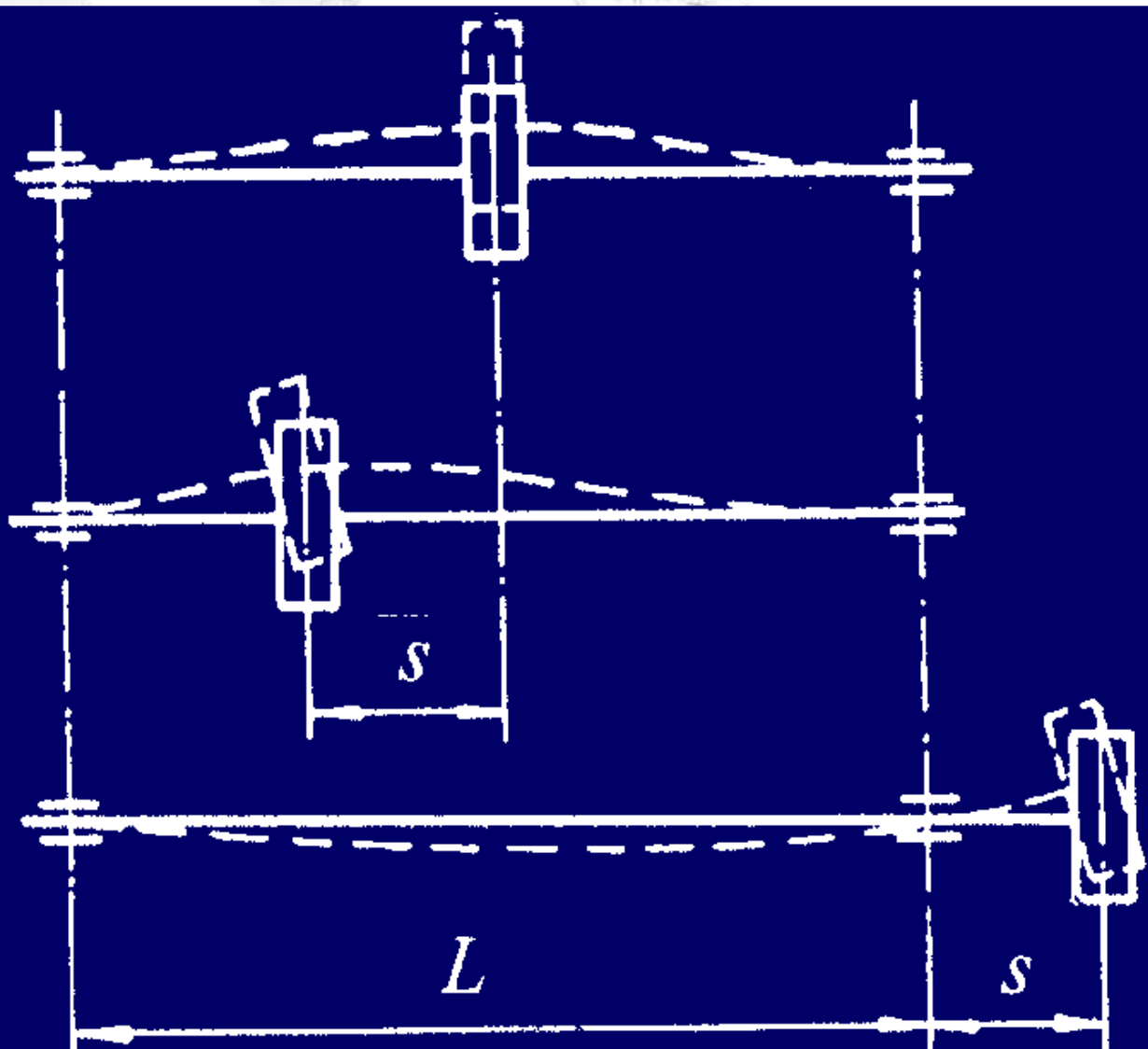
$$\tau_{doz} = \frac{\tau_{D(0)}}{K_D S}$$



Opterećenja i dimenzije vratila

MAŠINSKI ELEMENTI 1

Krutost vratila

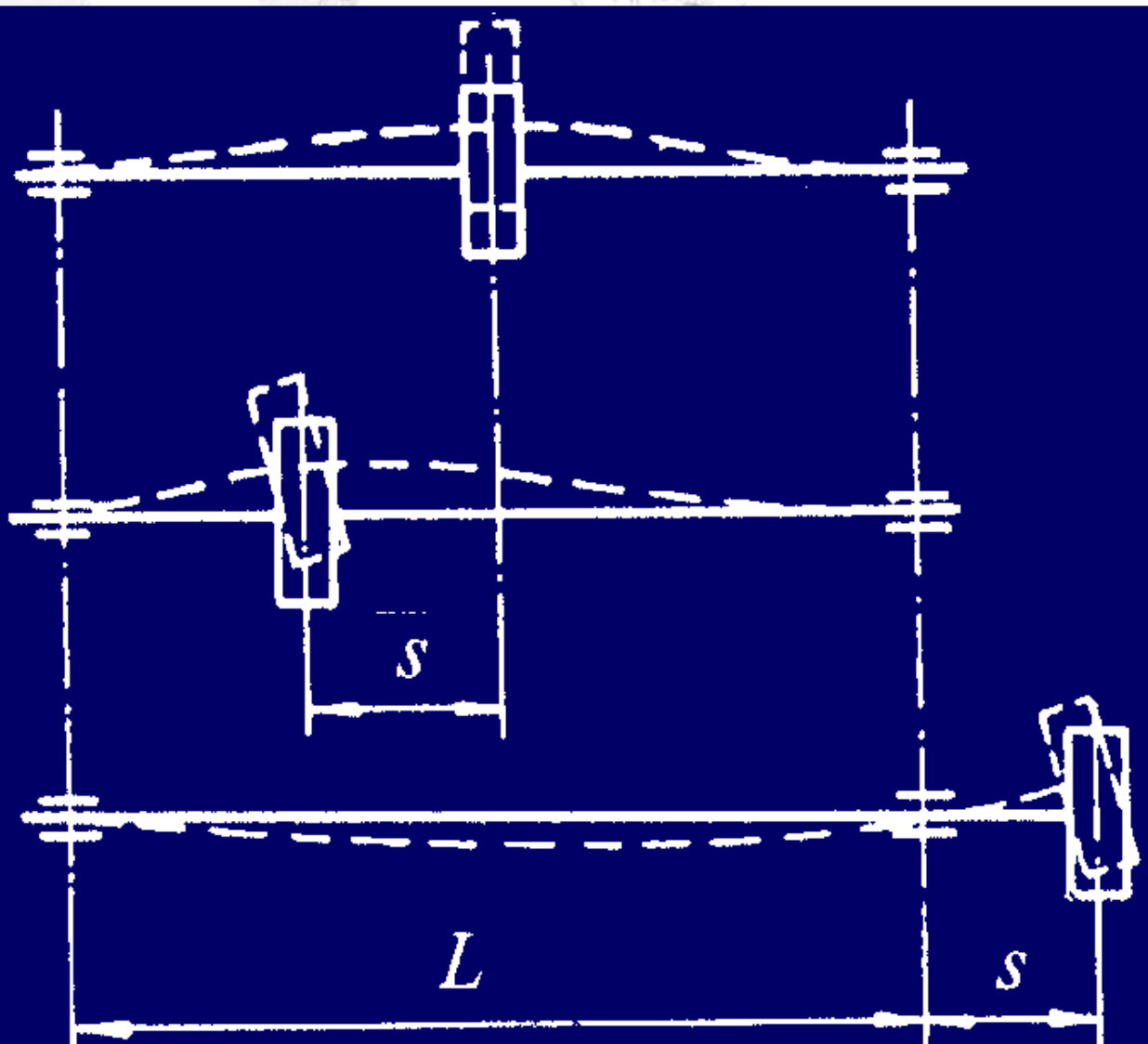


Krutost je posebno značajna za vratila prenosnika.

Elastične deformacije vratila dovode do poremećaja položaja obrtnih delova, naročito kod zupčanika. Usled ovih deformacija dolazi do odstupanja u sprezanju zubaca zupčanika, a ako su ugibi vratila suviše veliki, može doći i do istiskivanja zubaca iz sprege i do loma zubaca, a da pri tom vratilo ostane neoštećeno.

Za vratila se po pravilu koriste konstrukcioni čelici E294 (Č 0545), E335 (Č 0645)

Krutost vratila



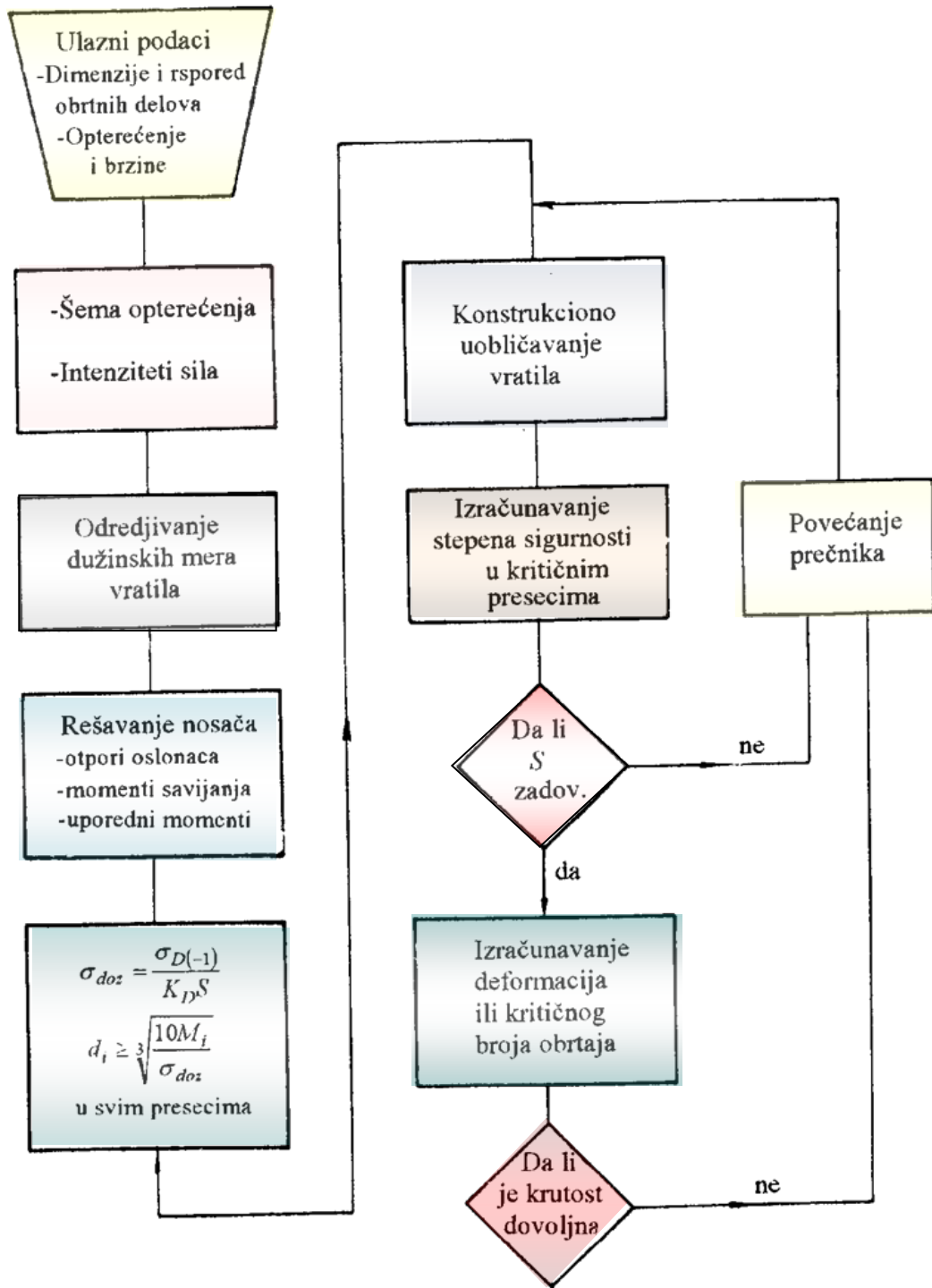
Kritični broj
obrtaja vratila
zavisí od njegove
krutosti

$$n_{kr} = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m}}$$

c - krutost vratila na savijanje zavisno od raspona oslonaca, prečnika i modula elastičnosti,
 m – masa diska na vratilu zajedno sa sopstvenom masom vratila



Optimiranje i izbor parametara vratila



MAŠINSKI ELEMENTI 1

■ Spojevi vratila i glavčina

Funkcija: Prenošnje obrtnog momenta i centriranje osa vratila i glavčina

Podela:

- Spojevi posredstvom trenja
- Spojevi posredstvom klinova
- Žlebni spojevi
- Spojevi oblikom

MAŠINSKI ELEMENTI 1

▪ **Spojevi vratila i glavčina**

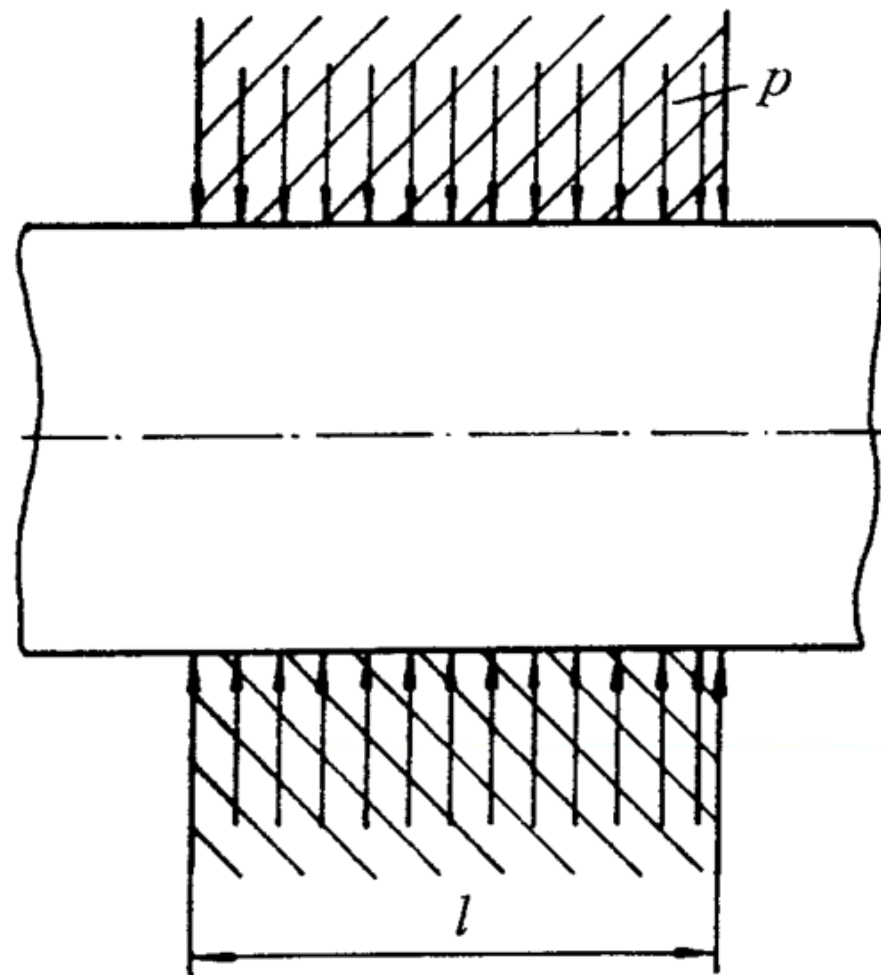
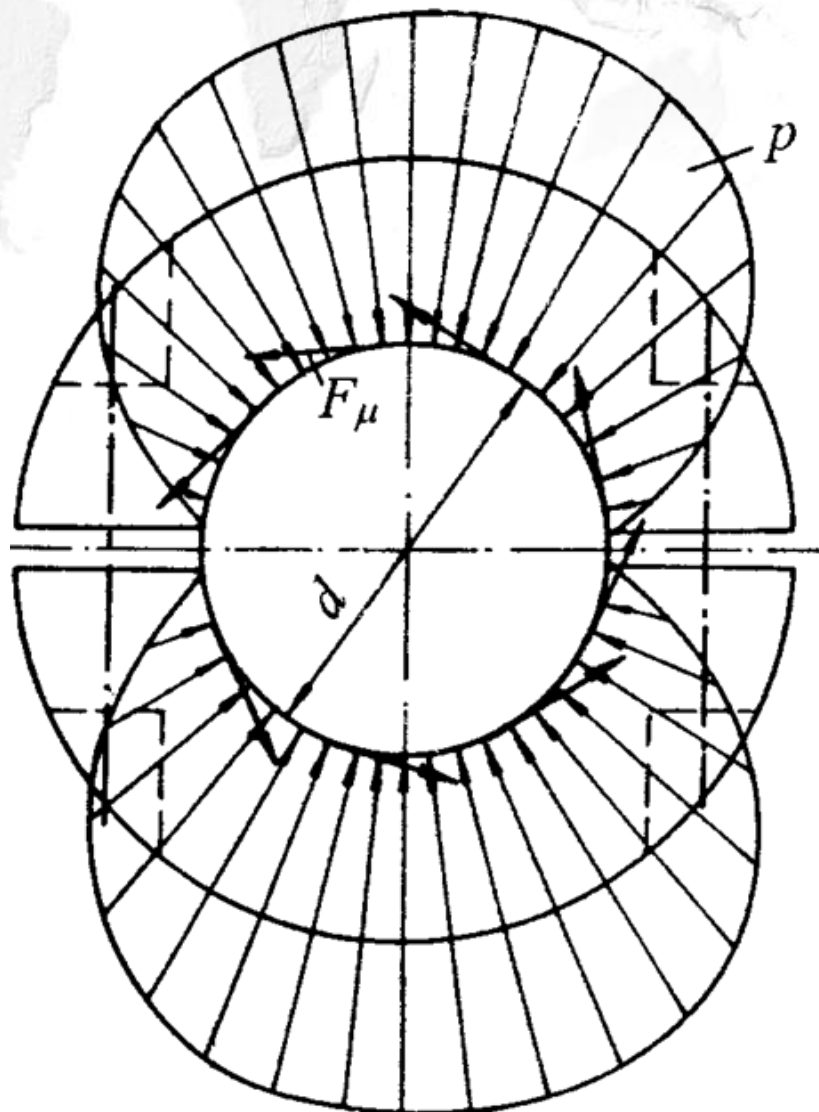
Funkcija: Prenošnje obrtnog momenta i centriranje osa vratila i glavina

Podela:

- Spojevi posredstvom trenja
- Spojevi posredstvom klinova
- Žlebni spojevi
- Spojevi oblikom

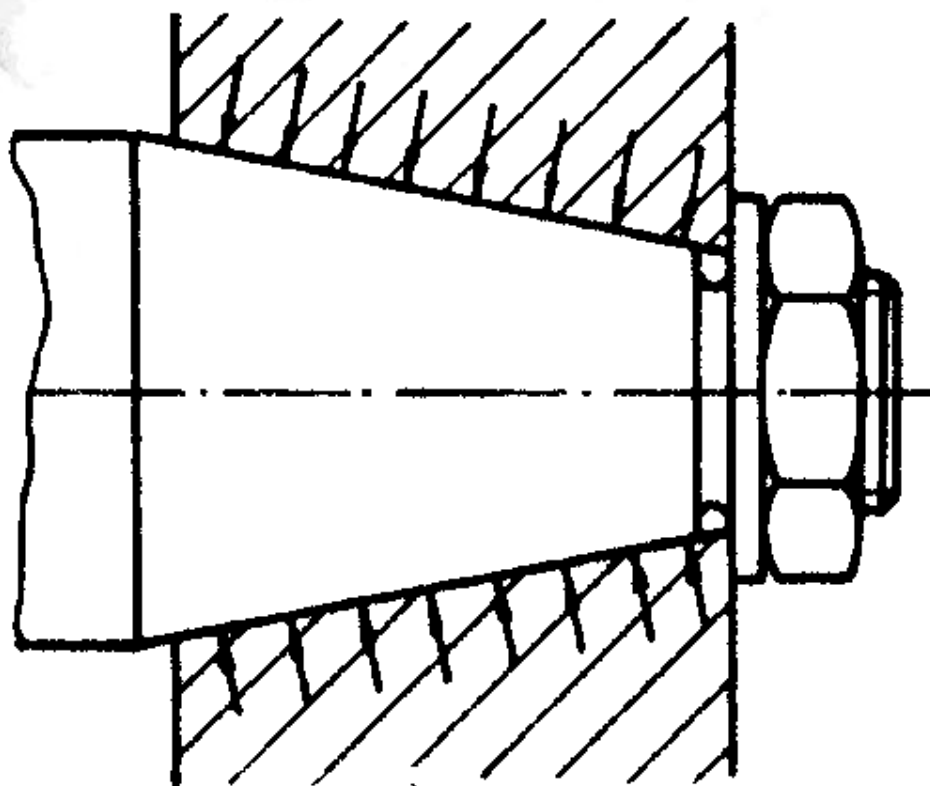


Spojevi posredstvom trenja

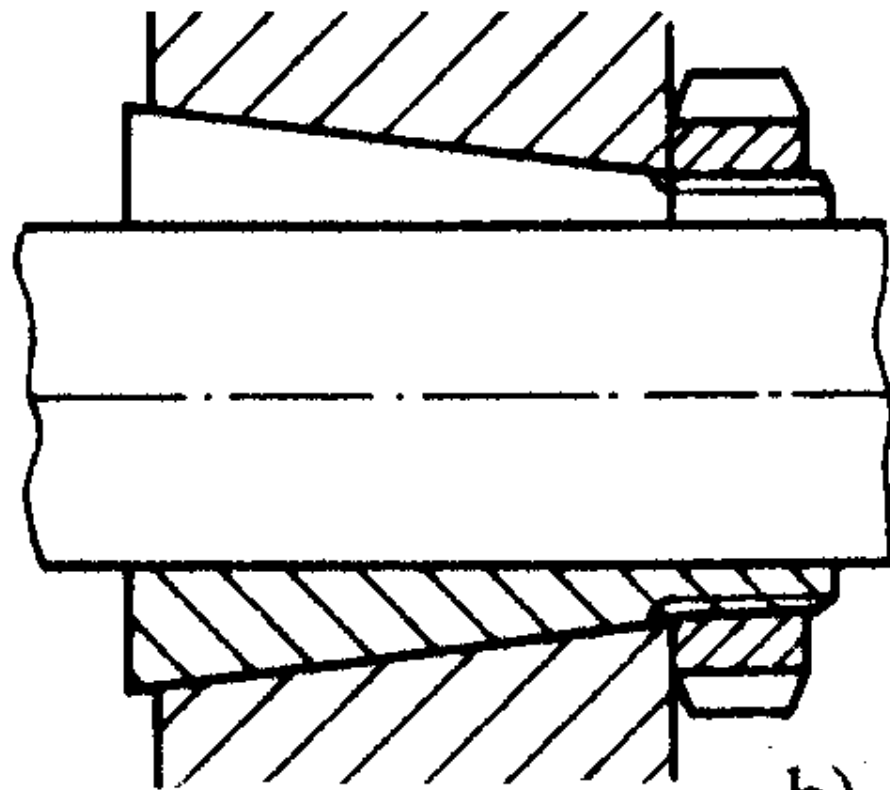




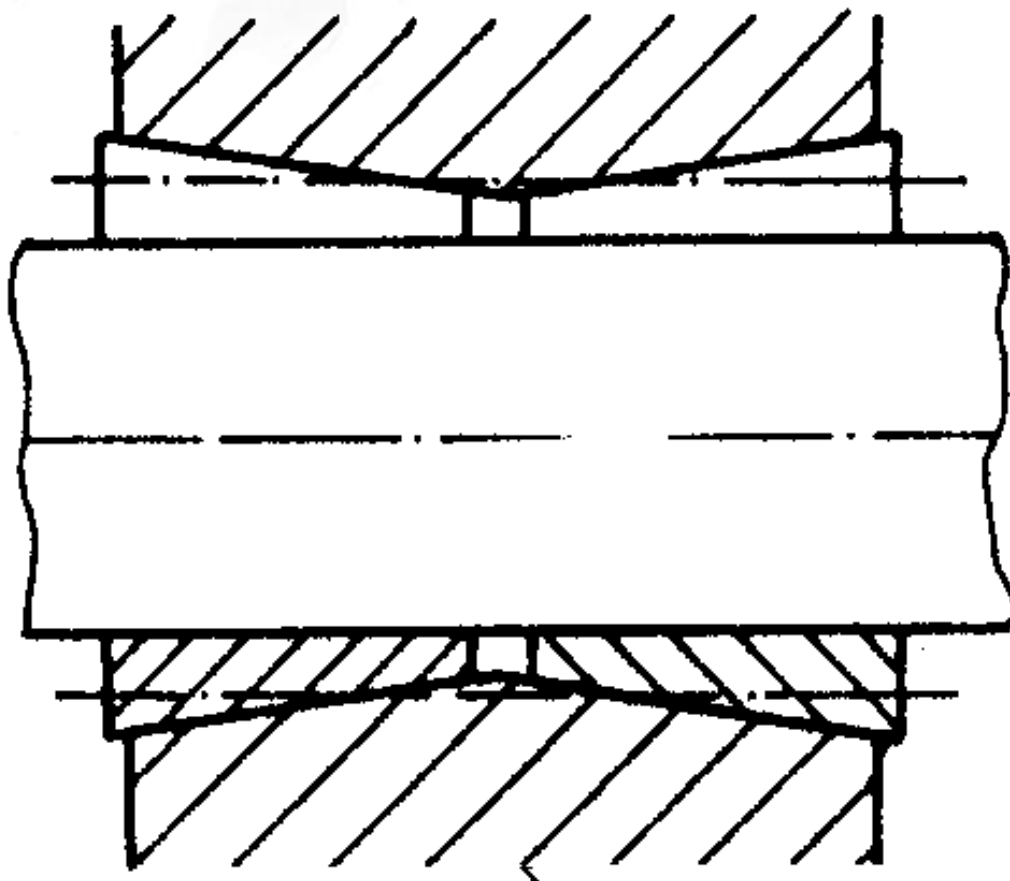
Stezni spojevi ostvareni uklinjavanjem konusnih površina



a)

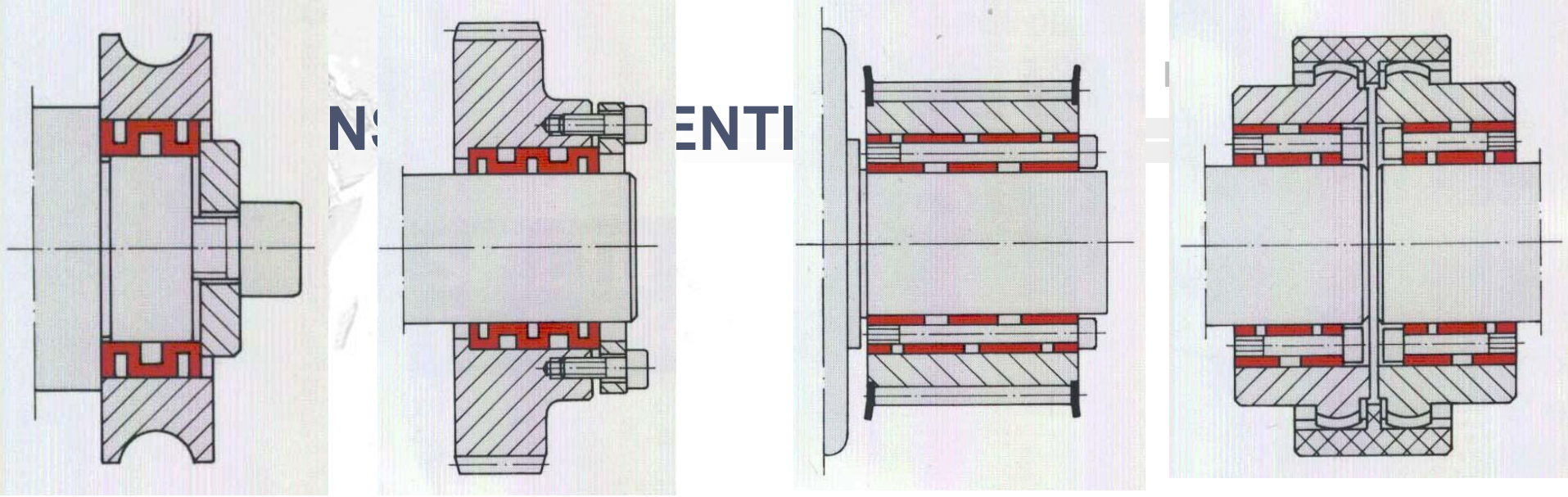


b)



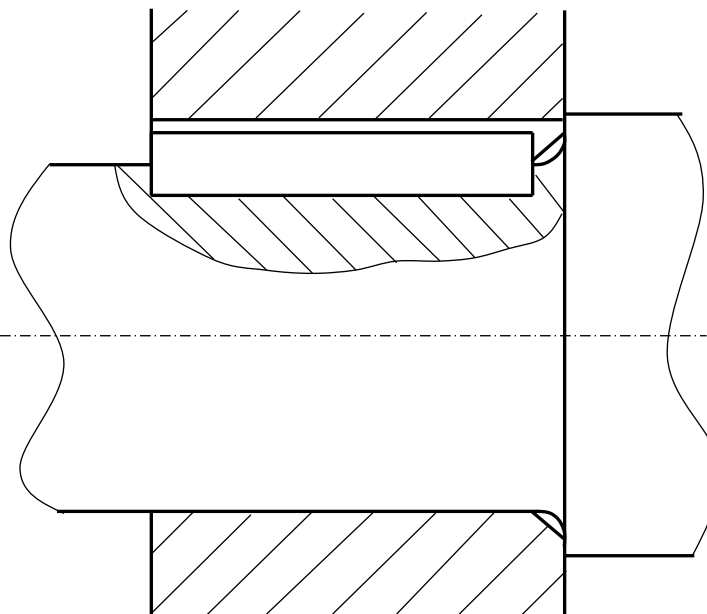
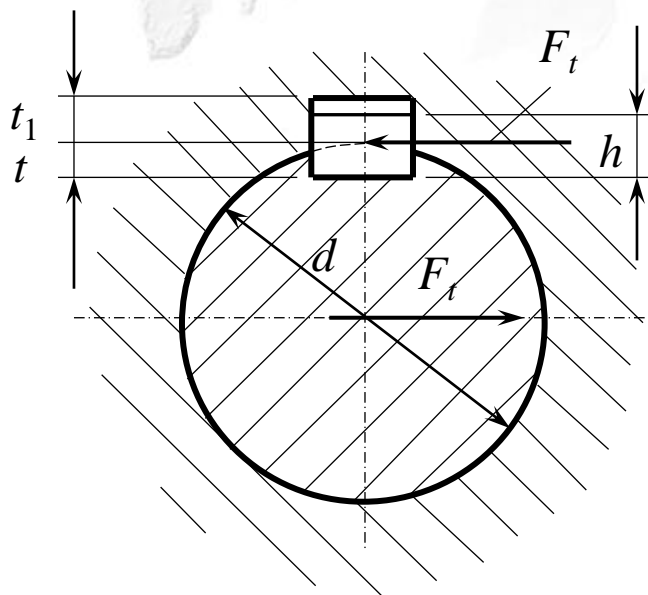








Spojevi vratila i glavčina klinovima -Uzdužni klin bez nagiba

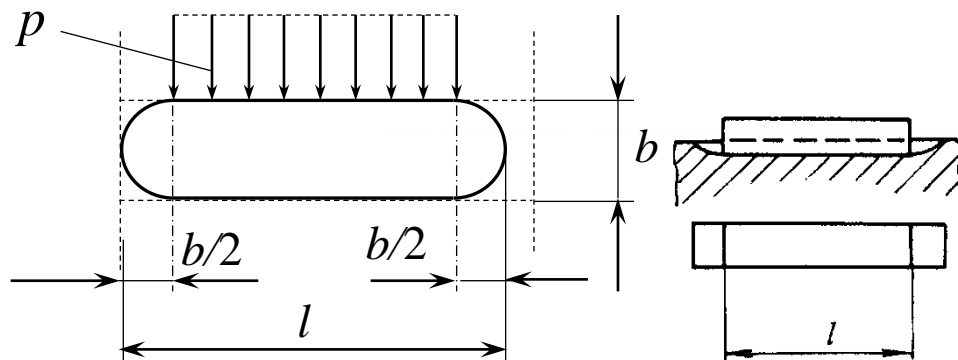


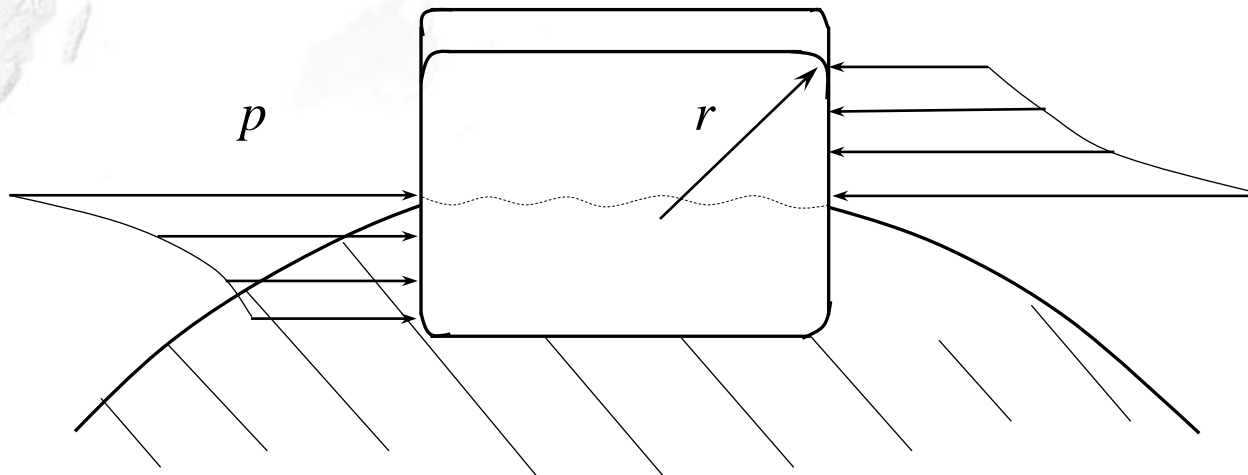
$$p = \frac{F_t}{h_a(l-b)}$$

$$F_t = \frac{T}{d/2} = \frac{2T}{d}$$

$$h_a = h - t - r$$

$$S_T = \frac{p_T}{p} = \frac{1,2R_e}{p}$$



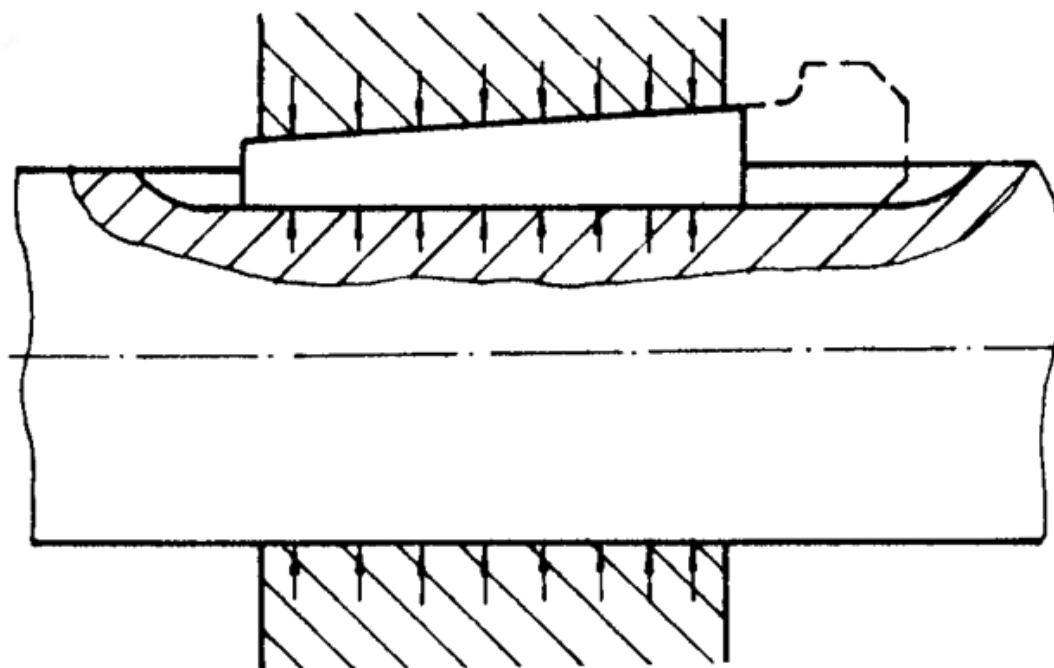
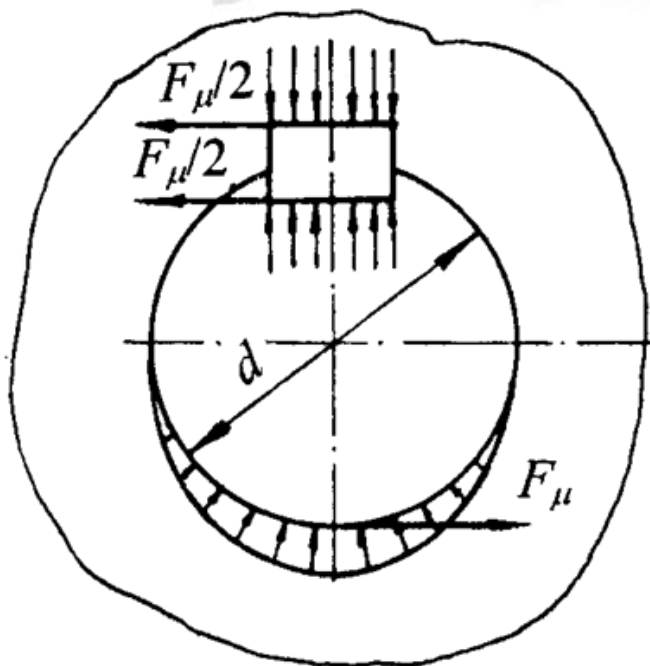


$$\tau = \frac{F_t}{b(l - b/2)}$$

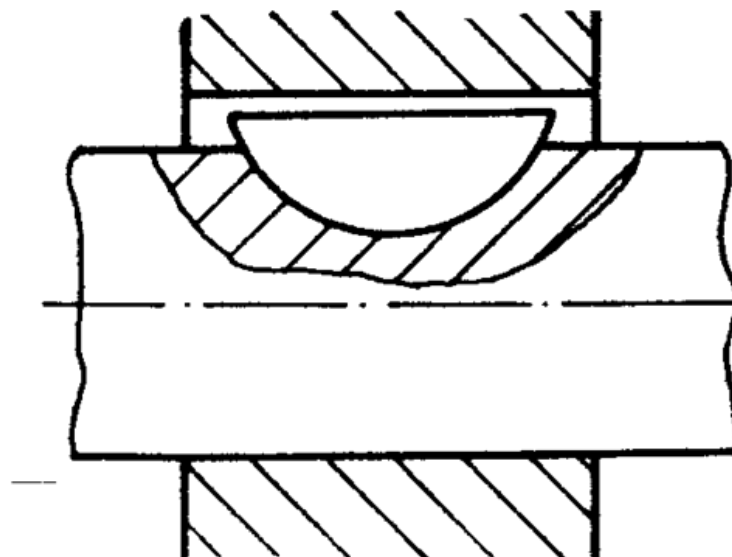
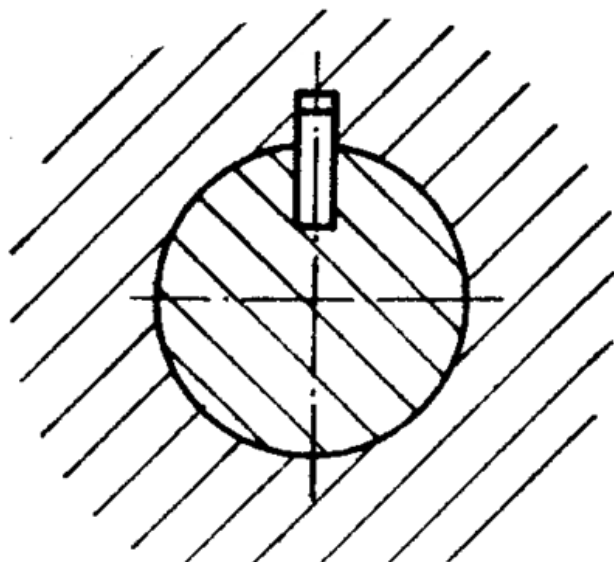
$$S = \frac{\tau_T}{\tau} = \frac{0,7R_e}{\tau}$$



Spojevi vratila i glavčina klinovima -Uzdužni klin sa nagibom

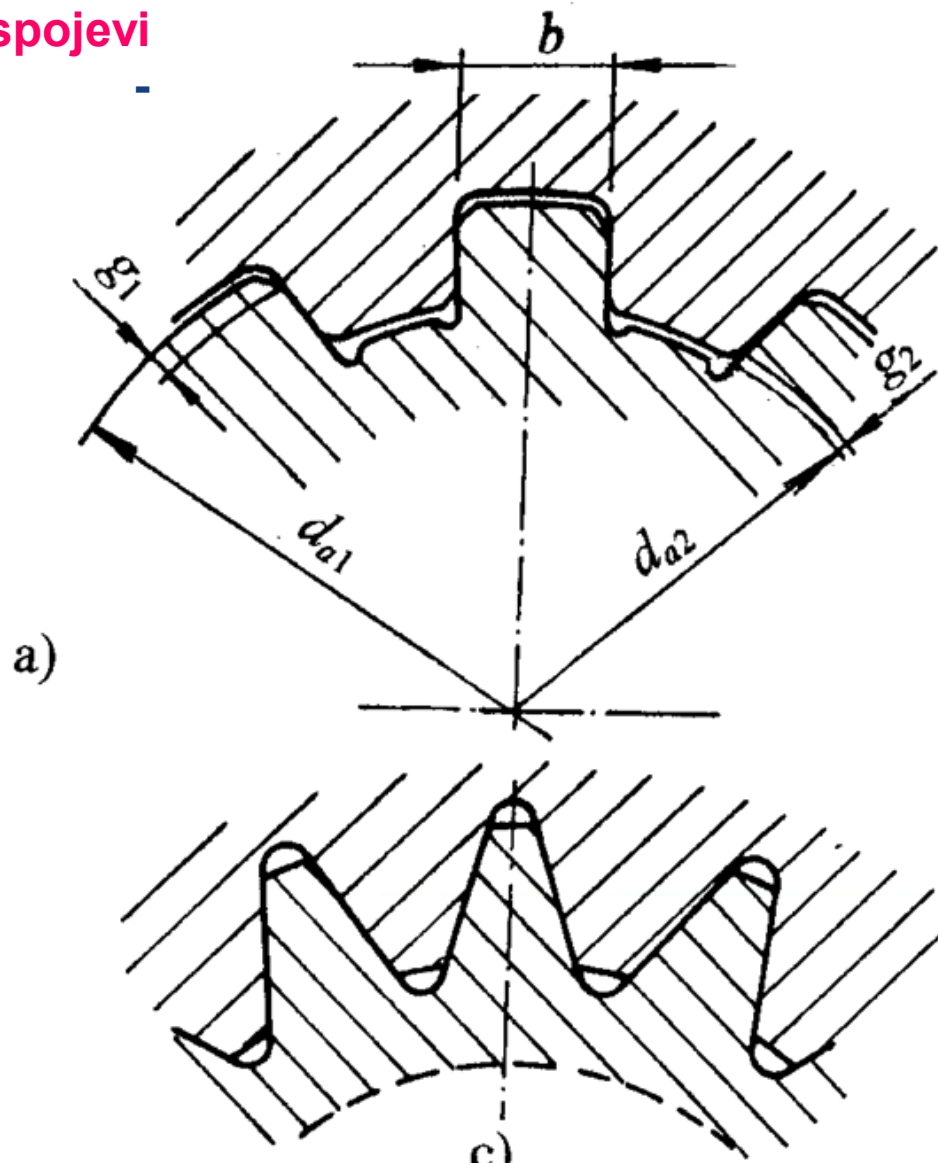
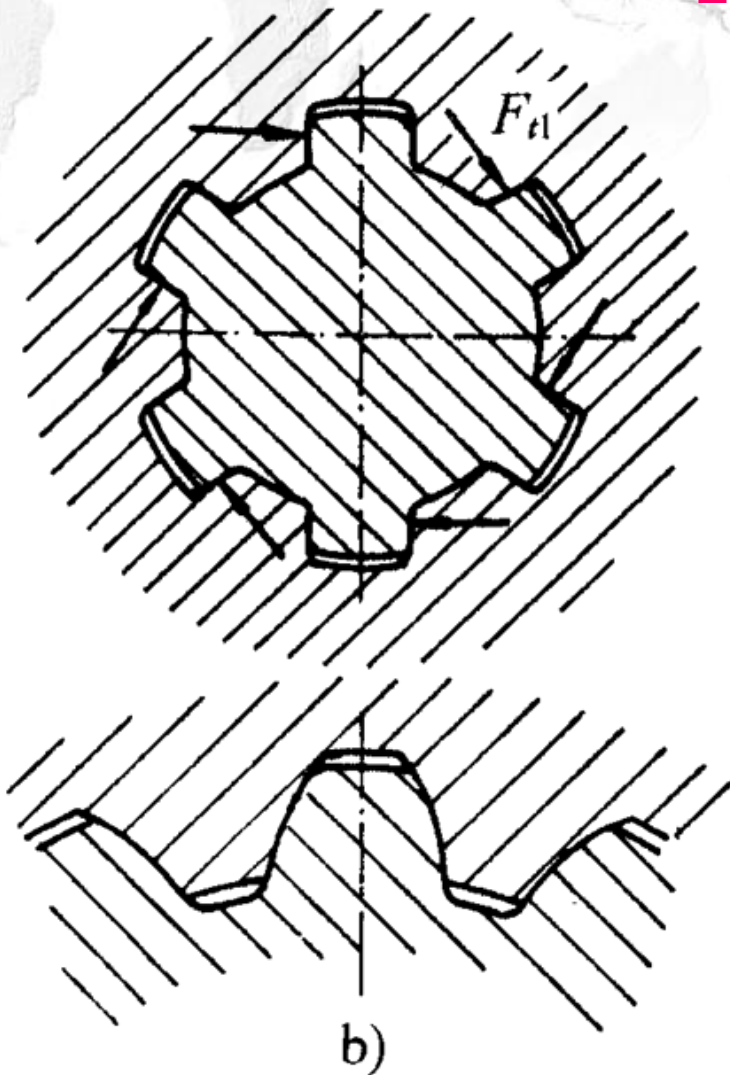


Spojevi vratila i glavčina klinovima -Segmentni klin





Žlebni spojevi



Spojevi oblikom

