

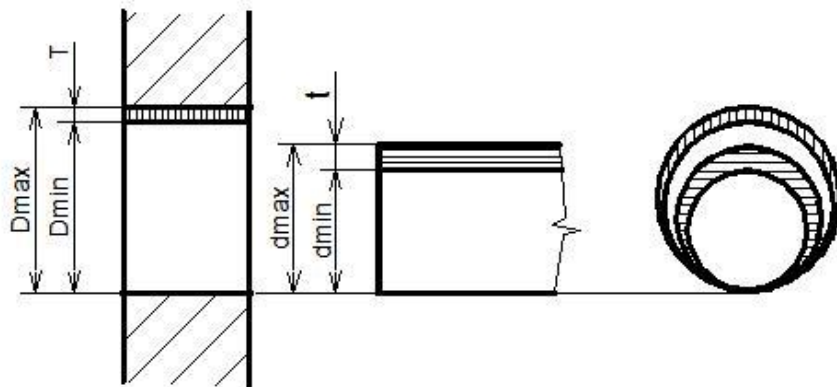
Spojenie hriadeľa s nábojom – silové spoje

Nalisované spoje

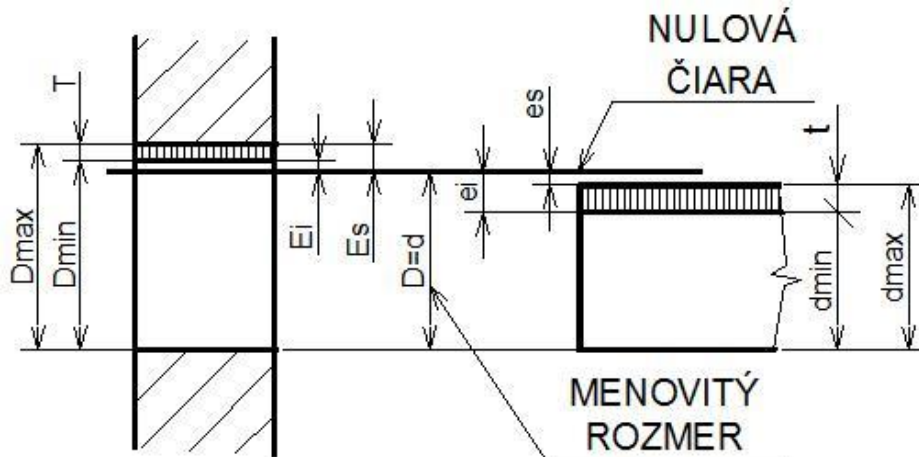
Konštruktér si môže zvoliť formu lícovania pre hriadele a otvory, ktorá zabezpečí zamýšľanú funkciu. Existuje dostatok skúseností s lícovaním aby bolo možné vybrať vhodnú tolerančnú sústavu ale aj vhodnú kombináciu uloženia, tak aby bol dosiahnutý požadovaný efekt nalisovaného spoja. Pri použití normy sa veľké písmená vždy vzťahujú na dieru; pre hriadeľ sa používajú malé písmená.

Základné používané pojmy pri lícovaní

Pri vytvorení nalisovaného spojenia musí byť zabezpečená funkčnosť spoja pomocou vzájomné zatolerovaných rozmerov tak, aby bolo vytvorenie s presahom – čiže aby sme dosiahli nehybné uloženie. Takýto stav je možné dosiahnuť za rešpektovania nasledovných údajov: Pri výrobe hriadeľa a náboja musia byť vybrané rozmery vyrobené s požadovanou presnosťou a ich hodnota musí byť v rozsahu prípustných rozmerov, teda medzi najväčším a najmenším dovoleným rozmerom (D_{max} , D_{min} - diera; d_{max} , d_{min} - hriadeľ). Rozdiel daných rozmerov sa volá *tolerancia* - T , t (T - pre dieru, t - pre hriadeľ), teda $T = D_{max} - D_{min}$, $t = d_{max} - d_{min}$ (obr.). Tolerancia je vždy kladné číslo a udáva sa absolútnou hodnotou bez znamienka + alebo -. Toleranciu môžeme charakterizovať aj ako hodnotu ohraničenú dvomi dovolenými - *medznými odchýlkami rozmerov* (ES , EI ; es , ei), ktoré určujú, o koľko sa bude skutočný rozmer odchyľovať od menovitého rozmeru (obr.).



Obr. Charakteristika základných rozmerov pri lícovaní



Obr. Základné parametre lícovania



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Horná odchýlka diery - ES , resp. *hriadeľa* - es , je daná algebraickým rozdielom medzi horným medzným a menovitým rozmerom: $ES = D_{max} - D$; $es = d_{max} - d$.

Dolná odchýlka diery - EI , resp. *hriadeľa* - ei , je daná algebraickým rozdielom medzi dolným medzným a menovitým rozmerom: $EI = D_{min} - D$; $ei = d_{min} - d$.

Menovitý rozmer $-D=d$ je základný rozmer predpísaný na výkrese, ku ktorému sa vzťahujú obidve odchýlky.

Tak vzniká *horný medzný rozmer* - D_{max} , d_{max} (najväčší dovolený rozmer súčiastky) a

dolný medzný rozmer - D_{min} , d_{min} (najmenší dovolený rozmer súčiastky).

Čiara prechádzajúca menovitým rozmerom, sa volá *nulová čiara* - $NČ$. Je čiarou nulovej odchýlky. Odchýlky, ktoré sa nachádzajú nad nulovou čiarou, sú *kladné* odchýlky, pod ňou *záporné*.

Skutočný rozmer je ten, ktorý sa pri výrobe dosiahne a nameria s dovolenou nepresnosťou. Jeho hodnota sa musí nachádzať medzi horným a dolným medzným rozmerom, čiže v tolerančnom poli.

V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené najpoužívanejšie uloženia zabezpečujúce nalisovaný spoj.

kde:

SJD – sústava jednotnej diery

SJH – sústava jednotného hriadeľa

Tab. Charakteristika odporúčaných druhov uložení prechodných a príklady ich najčastejšieho použitia

Uloženie		Charakteristika uloženia	Príklady použitia
SJD	SJH		
H6/k5 H7/k6	K7/h6	Uloženie už s malým presahom; súčiastky možno spojiť a rozobrať ručne alebo miernym tlakom.	Zriedka rozoberané súčiastky (poistené proti otáčaniu) - spojky, kľuky, ozubené kolesá, páky montážne kolíky a pod.
H7/m6 H7/n6	M7/h6 N7/h6	Uloženie spravidla už s malým presahom; súčiastky možno už obťažnejšie zložiť alebo rozobrať. Obvykle sa montáž a demontáž uskutočňuje lisom alebo montážnymi pomôckami.	Súčiastky, ktoré majú byť pevne uložené. Musia sa poistiť proti vzájomnému poisteniu: ozubené kolesá, spojky, páky, kľuky na čapoch, hrubostenné ložiskové puzdrá, licované skrutky, valcové kolíky.



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

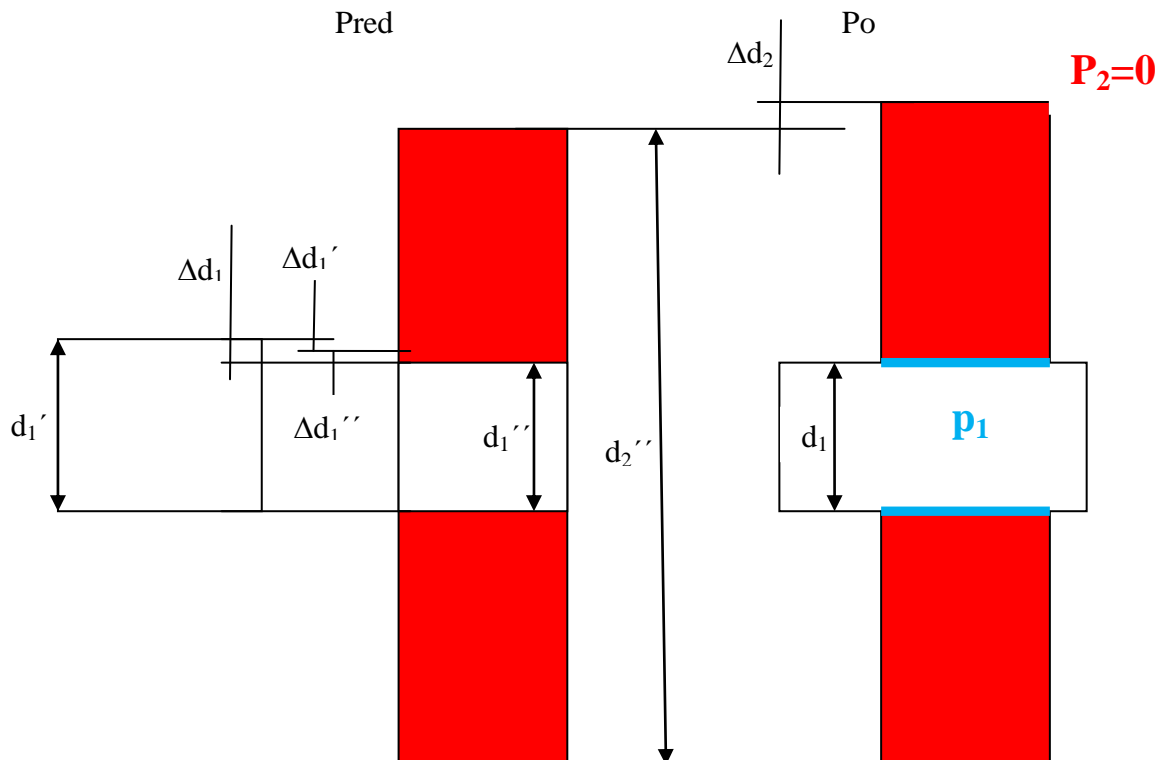
Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Tab. Charakteristika odporúčaných druhov uložení s presahom a príklady ich najčastejšieho použitia

Uloženie		Charakteristika uložení	Príklady použitia
SJD	SJH		
H7/p6 H7/r6	P7/h6 R7/h6	Uloženie so zaručeným presahom; súčiastky sa dajú zložiť alebo rozobrať len veľkou lisovacou silou za studená, prípadne zložiť za tepla.	Súčiastky, ktoré majú byť pevne uložené bez zvláštneho poistenia proti otáčaniu; ložiskové puzdrá, nalisované ozubené kolesá, náboje spojok, vence ozubených kolies, bandáže pojazdových kolies.
H7/s6 H7/s7	S7/h6	Uloženie s veľkým presahom; súčiastky možno zložiť len veľmi veľkou lisovacou silou za studená alebo montovať za tepla.	Súčiastky, ktoré sú trvale nasadené na hriadeloch a ktoré prenášajú veľké striedavé alebo nárazové zaťaženie. Netreba ich poistovať voči otáčaniu.
H7/t6 H7/u7	T7/h6 U8/h7	Uloženie s veľmi veľkým presahom; súčiastky sa dajú zložiť len za tepla a sú prakticky nedemontovateľné.	Súčiastky, ktoré majú byť zhotovené z jedného kusa, ale z výrobných dôvodov sa zhotovujú ako skladané.

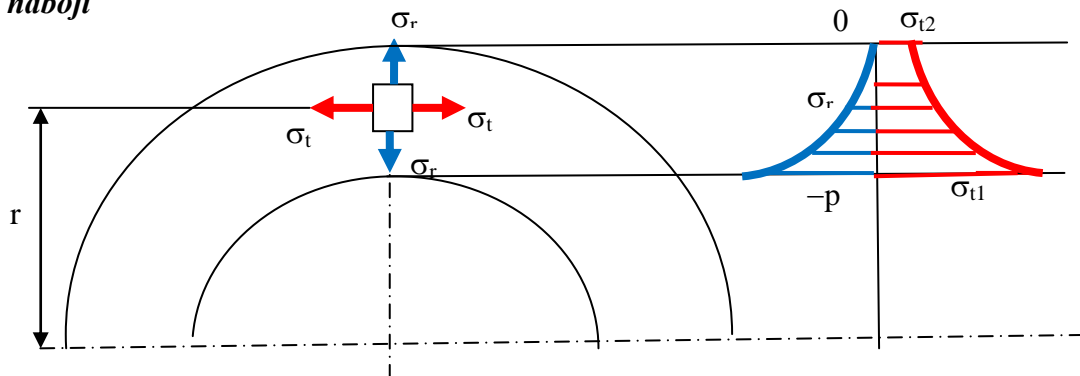
Napätie a únosnosť v nalisovanom spoji

Nehybné uloženie medzi hriadelom a nábojom sa dá niekedy efektívne využiť na minimalizáciu potreby rôznych tvarových spojovacích prvkov. Napätia na hriadeli spôsobené uložením s presahom sa rozloží v podobe valca s rovnomerným vonkajším tlakom a náboj ako dutý valec s rovnomerným vnútorným tlakom.



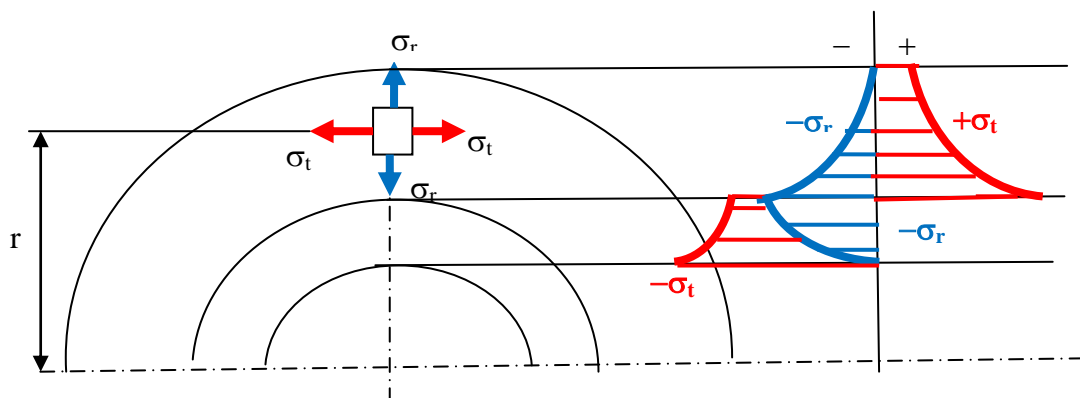


Napätie v náboji





Napätie v dutom hriadeľi



- d_0 – vnútorný priemer dutého hriadeľa
- d_1 – vonkajší priemer dutého hriadeľa
- d_2 – vonkajší priemer nalisovaného kotúča

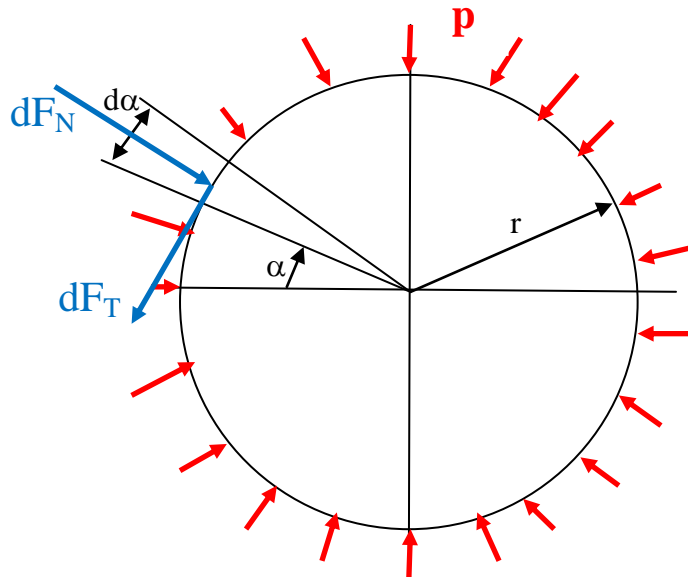


TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
Strojnícka fakulta

Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.



Základná podmienka únosnosti

$$M_k \leq M_T$$

M_k – krútiaci moment [Nm]

M_T – trecí moment [Nm]



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Montáž nalisovaných spojov

Montáž nalisovaného spoja je možné vyhotoviť lisovaním za studena, lisovaním za tepla alebo lisovaním podchladením.

Lisovanie za studena

Čap je do otvoru lisovanej súčiastky zatláčaný mechanickým lisom. Pre montáž takéhoto spojenia sú potrebné pomerné veľké lisovacie sily a preto sa tento spôsob používa pre menšie priemery a menšie presahy.

Potrebná sila pre nalisovanie sa určí ako sila potrebná na prekonanie trenia v spoji:

Kde:

Δd_z – presah povrchu – tento presah je závislý na drsnosti spájaných plôch,

$$\Delta d_z = (R_{zh} + R_{zd})/2$$

R_{zh} , R_{zd} – horná a dolná hodnota nerovnosti (drsnosti) povrchu

Lisovanie za tepla

Teplota hriadeľa bude zodpovedať teplote okolia „ t_o “ pri lisovaní. Pre zabezpečenie nalisovania sa otvor lisovanej súčiastke ohreje na montážnu teplotu „ t_n “ tak, aby sa znížila lisovacia sila.

Potrebná montážna teplota sa určí z presahu:

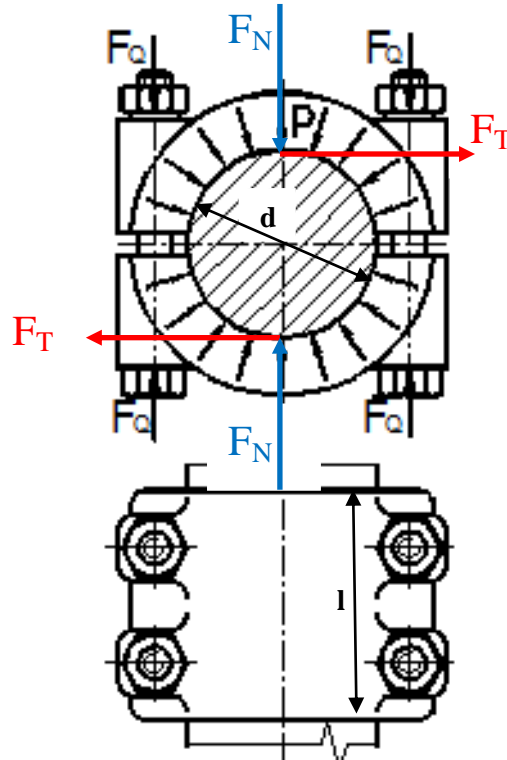
Montážna vôľa: $v = (0,2-0,4)10^{-3} \cdot \sqrt{d}$ - mm

α_n – súčiniteľ teplotnej rozťažnosti pre ocel – $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^\circ\text{C}$

Lisovanie podchladením

Analógia tohto spôsobu lisovania je podobná ako v predchádzajúcom prípade, len s tým rozdielom, že sa podchladí hriadeľ.

Potrebná montážna teplota sa určí z presahu:



A1. Tuhý náboj



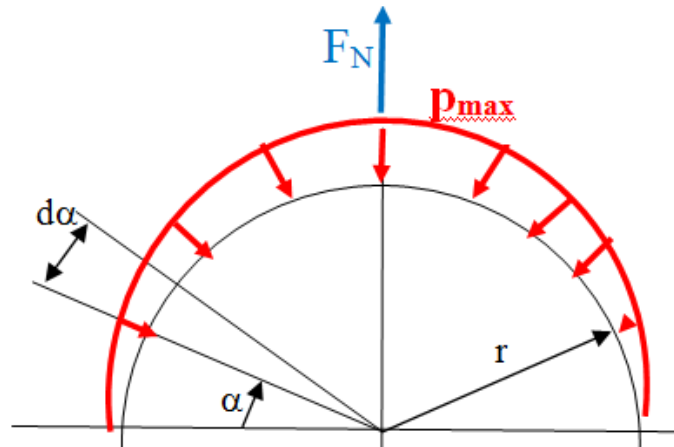
Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

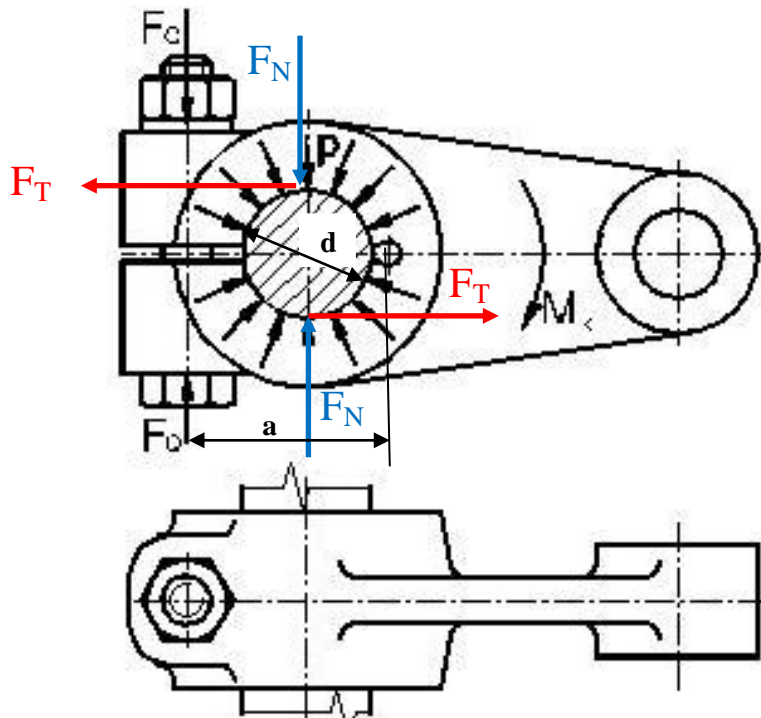
A2. Pružný náboj

Tlak $p = p_{\max} \cdot \cos \alpha$





B. Rozrezaný náboj



Základná podmienka



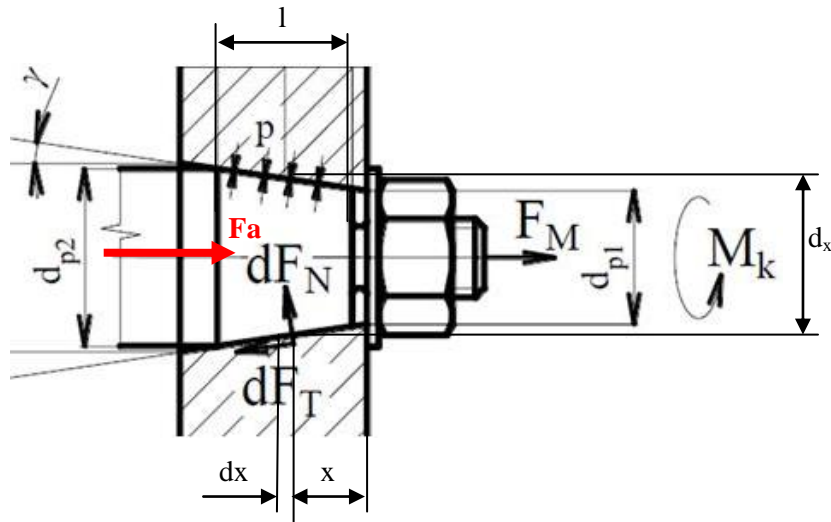
Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

C. Kuželový náboj

Kuželové spojenia hriadeľa s nábojom vnímame ako spojenia pomocou trenia. Veľkosť trenia docielime rozoprením dosadacích kuželových plôch v ktorých vznikne merný tlaku vyvedený v spoji pomocou axiálnej sily „ F_a “. Táto axiálna sila môže byť vytvorená montážnou siliou „ F_M “ a to: ťahovou silou v matici, alebo v upevňovacej skrutke, alebo iným spôsobom v závislosti od spôsobu prevedenia kuželového spojenia hriadeľa s nábojom.



Predpokladame kontakt po celej dĺžke kuželového spoja, potom normálovú silu môžeme vyjadriť:

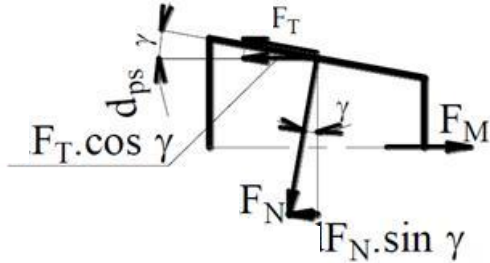


Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Z podmienky rovnováhy sil kedy účinok tlaku nahradíme osovou silou v spoji vyplýva:



Montážna axiálna sila v spoji:

Ak spoj bude prenášať krútiaci moment, tak trecí moment v spoji musí byť väčší ako zaťažujúci moment. Pre trecí moment píšeme podmienku únosnosti:

$$M_T = F_T \cdot \frac{d_{ps}}{2} = F_n \cdot f \cdot \frac{d_{ps}}{2} = \frac{p}{2 \cdot \cos \gamma} \cdot \pi \cdot d_{ps}^2 \cdot l \cdot f$$

Odporúčaná kuželovitost' K je 1:5 až 1:10. Nižšia hodnota kuželovitosti zvyšuje náročnosť na uvoľňovaciu silu a spôsob pri demontáži. Zvyčajne sa volí: $\tan \gamma = 1:2K$.

Otlačenie v kuželovom spoji:

$$p = \frac{2 \cdot n \cdot M_k \cdot \cos \gamma}{\pi \cdot d_{ps}^2 \cdot l \cdot f} \leq p_D$$

Kde:

n - bezpečnosť kuželového spoja, zvyčajne $n=2$

p_D - dovolené napätie v otlčení

Pre prenos axiálnej sily pomocou kuželového spoja platí:



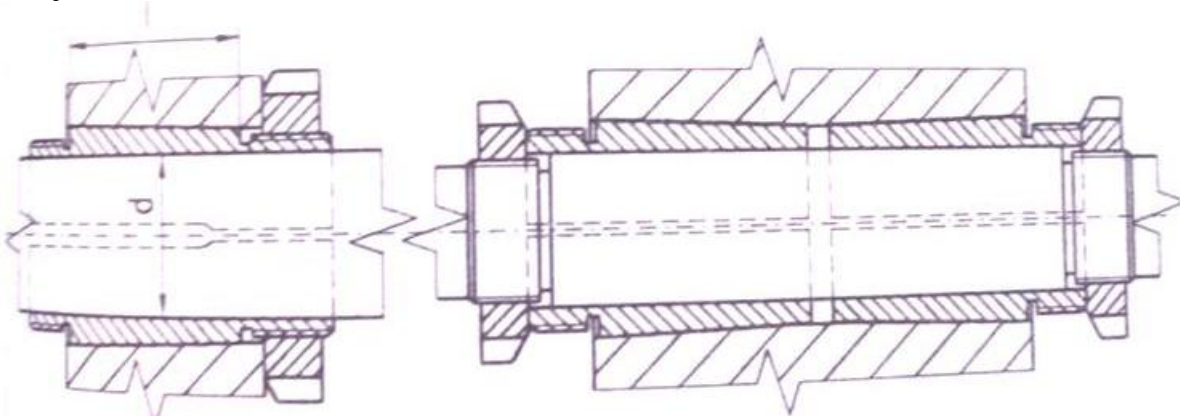
Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 6

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

D. Zverný spoj s kuželovým puzdrom

Kuželové upínacie puzdra alebo kuželové upínacie alebo rozperné krúžky majú široké uplatnenie pre svoj jednoduchý montážny postup. Prevedenie je možné vyhotoviť podľa obr. Ako jednostranné kuželové puzdro alebo ako dvojstranné puzdro v prípade dlhších nábojov.



Kuželovitosť puzdier sa pohybuje v rozmedzí 1:10 až 1:15 a uloženie na hriadeľ sa odporúča H8/j7.

Prenášaný krútiaci moment môžeme vyjadriť:

$$M_k = \frac{\pi}{2 \cdot n} \cdot p \cdot d^2 \cdot l \cdot f$$

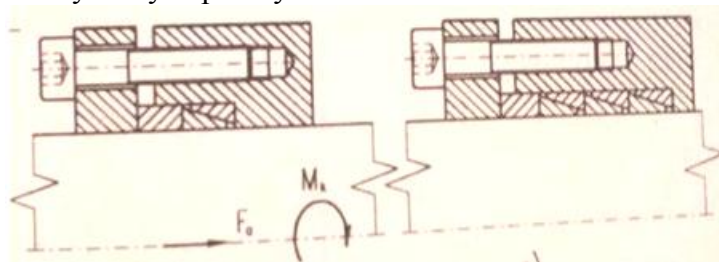
Kde:

n – bezpečnosť spoja zvyčajne n=2

d – priemer hriadeľa

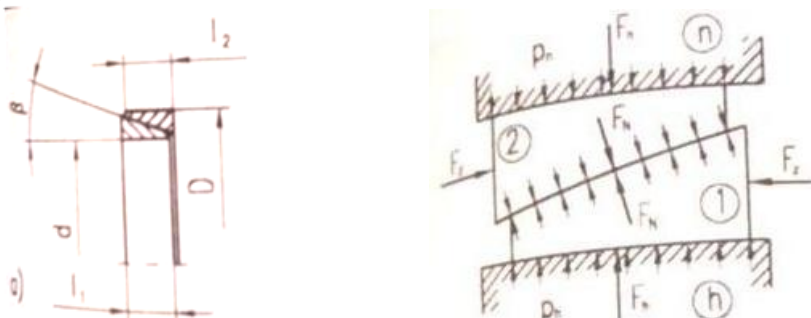
l – dĺžka puzdra

Pre prenos veľkých krútiacich momentov ktoré majú striedavý charakter je vhodné použiť rozperné upínacie krúžky ktorých plochy sú kuželové obr.



Obecne je uhol sklonu krúžkov β viac ako 15° .

Silový rozbor je na obr.





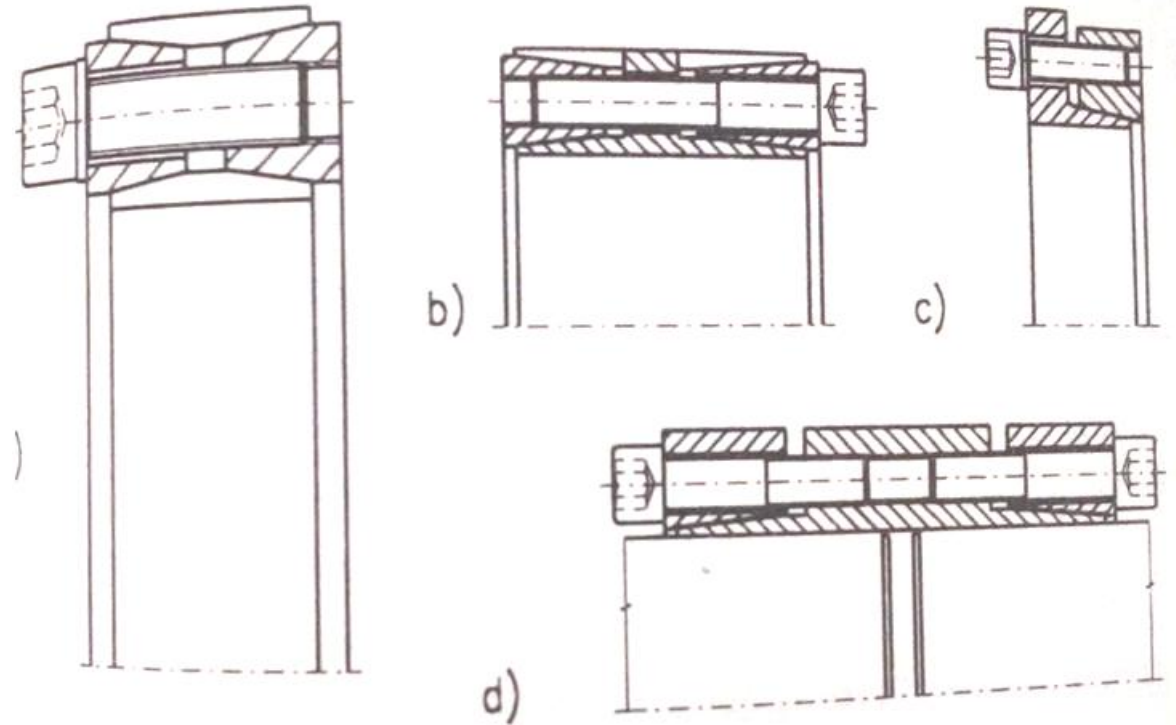
Silová rovnováha vo zvislom smere:



$p_D = 210\text{MPa}$ hriadel' – krúžok

$p_D = 90\text{MPa}$ kružok – náboj pre ocel' – ocel'

Pre prenos veľkého zaťaženia je možné použiť viacero párov krúžkov, typickým príkladom sú krúžky typu Ringfeder obr. Používajú sa však maximálne 4 krúžky.



Potom bude zaťaženie na páry krúžkov rozložené podľa geometrického radu nasledovne:

$$M_{kn} = M_{k1} + M_{k1} \cdot q^1 + M_{k1} \cdot q^2 + M_{k1} \cdot q^3 \dots + M_{k1} \cdot q^{n-1}$$
$$q = \frac{\tan \beta}{2 \cdot f + \tan \beta}$$

Pre krúžok $\beta = 16^\circ 42'$ a súčiniteľ trenia $f = 0,15$ bude $q = 0,5$, potom pre aplikáciu štyroch párov krúžkov dostávame:

$$M_{k4} = M_{k1} + \frac{1}{2} \cdot M_{k1} + \frac{1}{4} M_{k1} + \frac{1}{8} M_{k1}$$