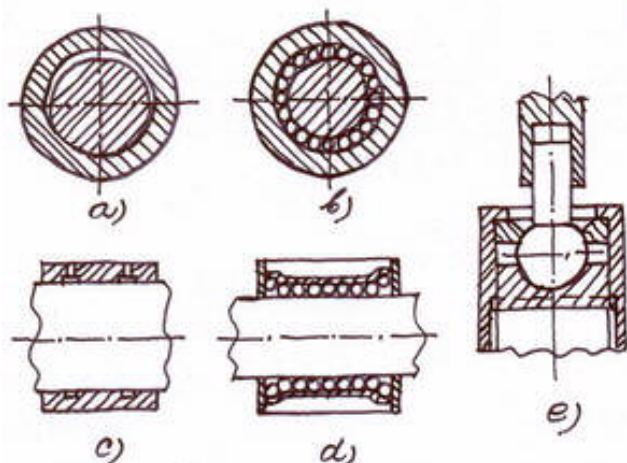


## POHYBLIVÉ SPOJE

Pohybl. spoje umožňujú spojov. súčiastkam *relatívny pohyb*, ktorý bý-  
va *rotačný* alebo *posuvný*. Realizuje sa pomocou ložísk (obr. a, b),  
vedeniac (obr. c, d) alebo kĺbov.

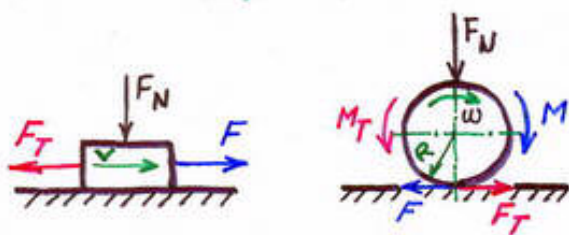


Medzi relatívne pohybujúcimi sa tvár-  
dodrža sú klznému alebo rela-  
tívnemu treniu. Trenie sa obe-  
ne prejav. ako *silový* alebo *moment-  
ový* účinok.

Podľa druhu trenia sa roz-  
deľuje pohyblivé uloženie stro-  
jových súč. na *klzné* a *valivé*.

## Klzné uloženie

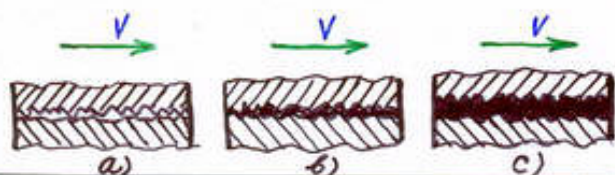
Klzné uloženia sú založené na klznom trení medzi stykovými  
plochami spojovaných súč. Pri relatívnom pohybe, ktorý môže



byť *posuvný* alebo *rotačný*, vzniká v dôst. trenia silový účinok  
predstavujúci stratu mech. ener-  
gie. Existencia *trecie sily*  $F_T$  a  
*trecieho momentu*  $M_T$  v klznom

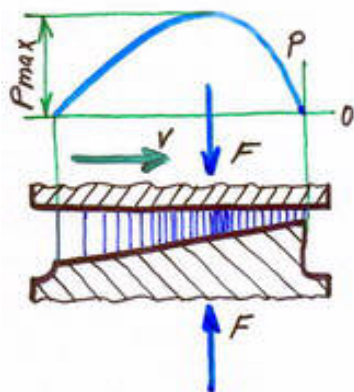
uložení predstavuje závažný problém technickej praxe. Stra-  
tený výkon pri posuvnom pohybe vyjadríme  $P_s = F_T \cdot v$ , kým pri  
rotačnom bude platiť  $P_s = M_T \cdot \omega$ .

Medzi stykovými plochami súč. vzniká trenie, ktoré podľa jeho  
charakteru delím na *suché* (a), *medzné* (b) a *kvapalinové* (c).



Súč. trenia  $f$  tak môže v jednotl.  
prípadoch dosahovať hodn. od  
0,6 cez 0,1 až do 0,001.

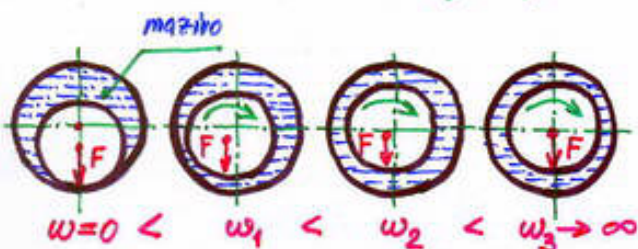




Pre zníženie strát je potrebné zabezpečiť prívod dostatočn. množstva maziva medzi stykové plochy tak, aby vznikla súvislá vrstva zabezpečujúca kvapalinové trenie. Aby sa mazivo v tejto vrstve udržalo, musí mať dobrú priľnavosť k mater. stykovej plochy a zároveň i dostatočný tlak umožňujúci prenos sily medzi spojovanými súč. Stav kvapalinového trenia je možné dosiahnuť dvoma spôsobmi. Prvý, využívajúci relatívnu rýchlosť a vhodného tvaru stykových plochy vytvárajúcu klínovú špáru, vďaka ču vzniká hydrodynamické mazanie. Druhý, ktorý sa uplatňuje u spojov s nižšou klznou rýchlosťou ako je 0,5 m/s, je založený na dodávke tlakového oleja priamo do najväčšieho zaťaženej stykovej plochy, ide o tzv. hydrostatické mazanie.

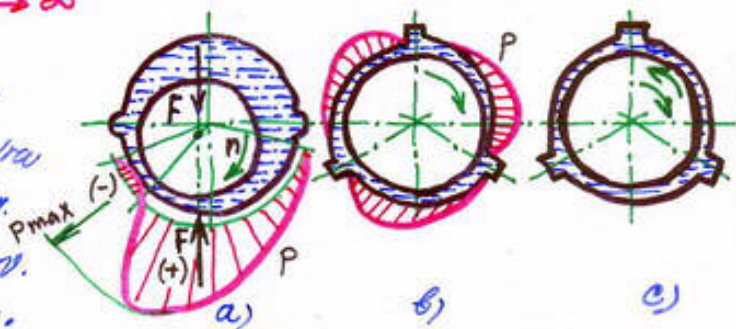
## RADIÁLNE KLZ. LOŽ. S HYDRODYNAM. MAZANÍM

Klzná lož. v najjednod. podobe predstav. valček v pándre, ktorá je spravidla nališou. v telese. Ku vzniku hydrodynam. mazania dochádza prirodzenou cestou, nakoľko dve valeové plochy rôznych priemerov vytvárajú klínovú medzeru, do ktorej sa pri relatívnom rotačnom pohybe vtlačuje mazivo a mbie sa tak vyvinú kvapalinové trenie.



Priebeh jeho vzniku je schématicky vyznač. na obr..

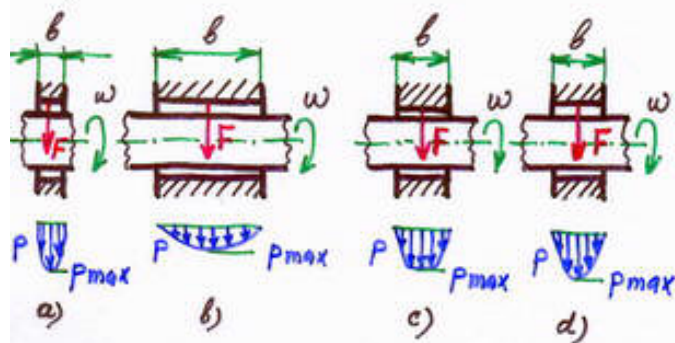
Priebeh hydrodynam. tlaku v stykov. medz. hriad. a pándra klzn. lož. rovnako ako dosiahn. rovnov. zaťažuj. sily a tlakov. účinku predstav. obr. a.



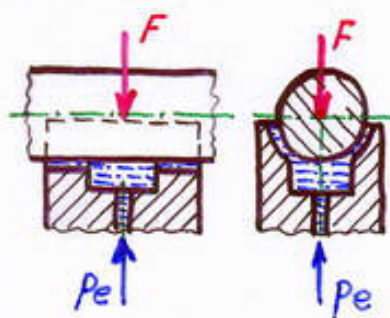


Pre náročnejšie klzné ulož. sú ložisk. púzdra vyriešené niekoľk. klínovými zhladkami, ktoré umožň. ľahší vznik hydrodynam. mazania (obr. b, c). Sú prispôb. pre jeden alebo obidva zmysly otáčania.

Tlačový účinok maziva je možno účelne ovplyvniť tiež dĺžkou púzdra klz. ložiska, podľa obr. a, b alebo tiež veľkosťou vôle medzi hriadeľom a púzdrom, podľa obr. c, d.



## **KLZNÉ ULOŽ. S HYDROSTAT. MAZANÍM**



Pokiaľ je za prevádzky klzná rýchlosť ložiska menšia ako 0,5 m/s alebo zaťaženie relatívne veľké nie je možné predpokl. vznik hydrodynam. tlaku. V tom prípade je potreb. zabezp. dodávku maziva pre vytvor. **stabilnej**

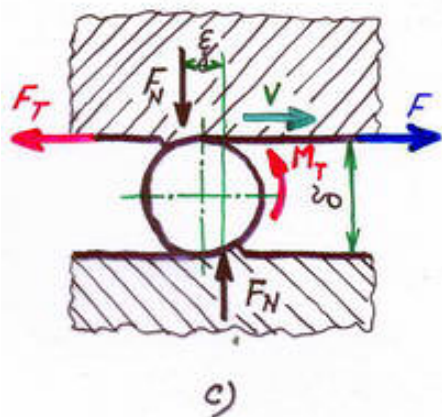
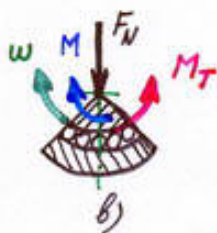
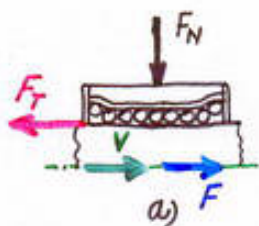
klznej vrstvy pre vznik hydrostatického mazania. Do zaťaženej časti ložiska je privádzaný tlakový olej. Veľkosť tlaku je závislá na prenášanej sile, viskozite maziva a hrúbke klznej vrstvy.

Klzná lož. s hydrostat. mazaním sú radiálne a axiálne.



## VALIVÉ ULOŽENIE

Valivé uloženia sú založené na valivom trení, ktoré vzniká medzi pohyblivou časťou valivých telies a nepohyblivou časťou ložiska alebo vedenia. Odpor proti pohybu, ktorý predstavuje sila  $F_T$  (obr. a) alebo moment  $M_T$  (obr. b), vznikne v



dôsledku pružných deformácií styčkových častí, cez ktoré sa prenáša sila  $F_N$ .

Vratná sila deformovaného materiálu (obr. c) vytvára spolu so záťažujúcou silou  $F_N$  momentovú dvojicu valivého trenia  $M_T = F_N \cdot \xi$ , kde  $\xi$  je rameno momentu  $M_T$  závislé na veľkosti záťažujúcej sily  $F_N$  a tuhosti materiálu.

Pre silu  $F_T$  vyplýva zrovnováhy momentov, že  $F_T = F = F_N \cdot \frac{\xi}{\delta}$ , kde  $\delta$  je

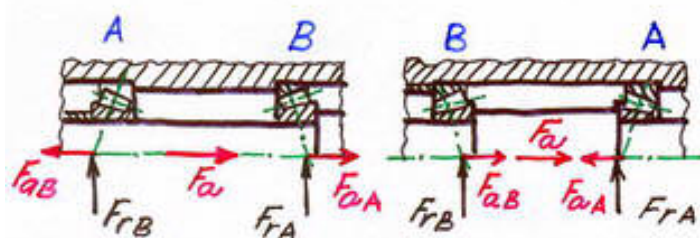
vzdialenosť spojovaných súčiastok, ktorá je menšia ako priemer valivého telesa o hodnotu pružnej deformácie v mieste ich styku s valivým telesom. Behom relatívneho pohybu spojovaných súč. sa deformačná energia čiastočne mení na tepelnú, ktorá určuje mechanické straty.

Prenos silového zaťaženia sa deje cez valivé telesá, ktorými môžu byť guľičky, valčeky, súdečky alebo kúželity. Pretože sú všetky časti valiv. uloženia vyrobené z kvalitného materiálu a s najvyššou presnosťou, súčiniteľ trenia dosahuje veľmi nízkych hodnôt  $f = 0,001 \div 0,002$  a mení sa len veľmi málo so zaťažením.

Valivé ložiská delíme na radiálne a axiálne.

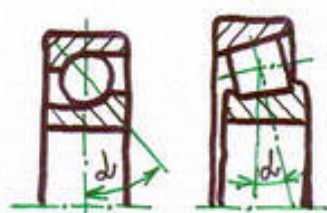


# VÝPOČET VALIVÝCH LOŽISK



Valivé lož. prenášajú sílové zaťaženie z jednej spojovanej súč., ktorou je napr. HRIADEL', na druhú,

čo môže byť rdm strojov. Veľkosť síl pôsobiace na ložiská sa stanovujú na základe postupov používaných v statike.



Umiestnenie podpier sa predpokladá v priesečníku osí hriadeľa a tlaroveho uhlu  $\alpha$  ložiska, ktorý je u ložisk guľôč. s kosoh. stýlom a kužeľovitých nenulový.

Vontajšie zaťaženie môže byť radiálnou  $F_r$  alebo axiálnou  $F_a$  silou alebo obidvoma súčasne. Nenulový tlarový uhol  $\alpha$  ložiska spôsobuje vznik vnútornej axiálnej sily  $F_{aA}$ , resp.  $F_{aB}$ , pričom  $F_{aA} = 0,5 F_{rA} / Y$ ,  $F_{aB} = 0,5 F_{rB} / Y$ , kde súč.  $Y$  - z katal. Podľa druhu namáha. a prevádzk. podmienok sa volí typ ložiska, pričom je potrebné dbať na priestorové možn., montážne podm., požiad. na mazanie, tesnenia a pod.. Zaťaženie súč. to ložiska môže byť dynamické, to znamená za rotácie ložiska alebo statické, kedy je relatívny pohyb spojovaných súč. kývavý alebo rotačný s malou uhlovou rýchlosťou. Postup návrhu ložiska závisí od druhu jeho zaťaženia.

## NÁVRH LOŽISKA PRI STATICKOM ZAŤAŽ.

Pri statickom zaťaž. pokiaľ je ložisko v klude alebo pri prevádzk. ot. do 10 min sa návrh realizuje na základe súčiniteľa bezpečnosti  $S_0$ , ktorý je vyjadr. pomerom  $S_0 = C_0 / P_0$ , kde  $C_0$  - predstavuje statickú únosnosť (z katalógu) a  $P_0$  - statické ekvival. zaťaženie. Hodnoty statick. ekvival. zaťaž.



stanovíme na zákl. vzťahu  $P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$ , kde súčín.  $X_0$  a  $Y_0$  vyjadrujú vplyv radiálneho a axiálneho zaťaž. na statickú únosnosť ložiska. Sú udávané výrobcom v katalógu ložiska. Podľa vyjde podľa uved. vzťahu statické ekv. zaťaž.  $P_0$  radiálneho ložiska menšie než je hodn. samotnej radiálnej sily  $F_r$ , uvažuje sa  $P_0 = F_r$ . V prípade axiálneho ložiska je potom  $P_0 = F_a$ .

Poradovaná hodnota súčiniteľa bezpečnosti so býva v náročné podmienkach prevádzky, hlavne pri rázovom silovom zaťažení, až 2,5. Naopak sa blíži k jednej v prípade, kedy sa nemení zaťažujúca sila s časom.

## NÁVRH LOŽISKA PRI DYNAMICKOM ZATÁŽENÍ

Dynamicky zatáženým lož. sa rozumie rotujúce ložisko, ktoré prenáša radiálnu alebo axiálnu silu alebo obidve súčasne, z jednej spojovanej súčiastky na druhú. Zatážujúce sily môžu byť stále alebo premenlivé v závisl. na čase, a rovnako otáčiky loží konštantné alebo premenlivé.

V prípade, že na lož. pôs. súčasne sila radiálna  $F_r$  i axiálna  $F_a$ , určuje sa ekvivalentné zaťaženie zo vzťahu  $P = X F_r + Y F_a$ , kde  $X$  a  $Y$  súčín. radiálneho a axiáln. zaťaž. Sú uved. v katalógu ložiska a vyjad. vplyv jednotl. síl na trvanlivosť ložiska.

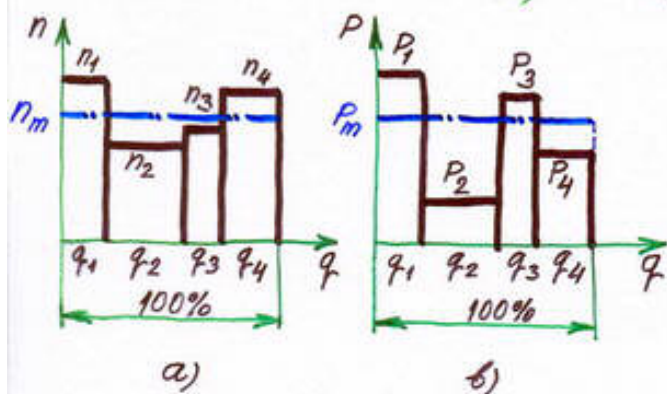
K poškodeniu súčiastok ložiska v priebehu prevádzky dochádza za únavovým procesom v dôsledku dynamického dotýkového napätia. Postupne vznikajúce trhliny vedú až k vytrhávaniu povrchu (pitting) valivého telesa. Tento stav sa prejaví zvyšujúcim valivého odporového momentu  $M_f$  a zvlášť hluku.



Počet otáčok v miliónoch alebo doba chodu v hodinách pri určitých otáčkach  $n$ , než sa objavia prvé známky únavy ložíšťa, sa nazýva trvanlivosť a označuje sa  $L$  alebo  $L_h$ . Súvislosť medzi trvanlivosťou -  $L$  resp.  $L_h$  a ekvivalentným dynamickým zaťaženie -  $P$  je vyjadrená rovnice trvanlivosti v miliónoch otáčok

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^m \text{ alebo v hodinách } L_h = \left(\frac{C}{P}\right)^m \frac{10^6}{60 \cdot n}, \text{ kde}$$

$C$  - je základná dynam. únosnosť a  $m$  - je exponent rovnice trvanlivosti, ktorý má pri teoreticky bodovom styku valivých telies hodnotu 3 (guličové ložisko) a pri čiarovom styku 10/3 (všetky okrem guličových ložísk). Rýchlosť otáčania lož. v úrad. vzť. sa vyjad. pomocou otáčok  $n$  ( $\text{min}^{-1}$ ).



Ak sa rýchlosť otáčania lož. za prevádzky mení (obr. a) je potrebné do vzť. pre  $L_h$  dosadiť strednú hodn. otáčok  $n_m$ , ktorá vypadá zo vzť.:

$$n_m = \sum_{i=1}^k n_i \cdot \frac{q_i}{100}, \text{ kde}$$

$q_i$  - sú v percentách vyjad. časové podiely jednotliv. otáč.  $n_i$  v priebehu celkovej doby prevádzky lož., pričom  $k$  je počet rôznych otáč. stupňov.

Pokiaľ sa mení v priebehu prevádzky ložíšťa ekvival. dynam. zaťaženie v hodnotách  $P_i$  pri časovom podiele  $q_i$  (obr. b) je potrebné do vzť. pre výp.  $L$  dosadiť strednú hodn. zaťaž.

$P_m$ , ktorá sa určí zo vzť.  $P_m = \sum_{i=1}^k \sqrt[m]{P_i^m \cdot \frac{q_i}{100}}$ . Vo väčšine sa však súčinne s rýchl. otáč. mení i zaťaž.

ze lož. Potom sa za hodn.  $P$  do rovn. pre  $L$  dosadí -  $P_m$  -

$$P_m = \sum_{i=1}^k \sqrt[m]{P_i^m \cdot \frac{n_i}{n_m} \cdot \frac{q_i}{100}}$$