

GÉPELEMEK

Csapágyak, tömítések

8. előadás

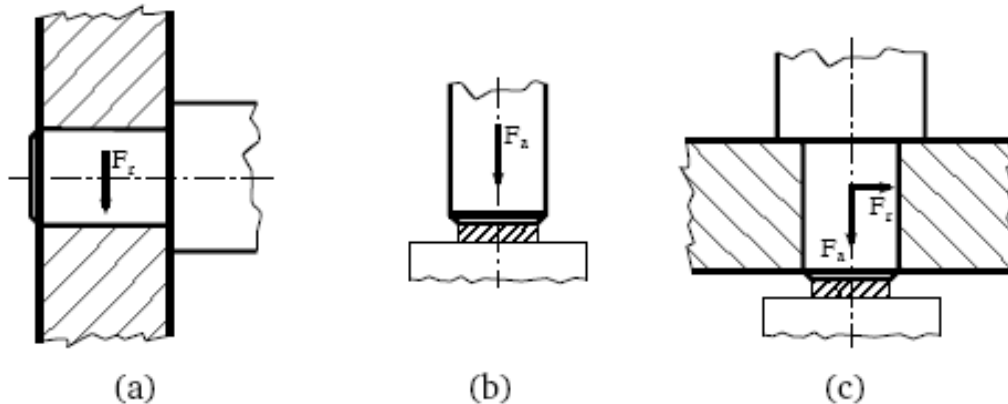
Dr. Balogh Tibor, Bider Zsolt, Kovács Gáborné,

Dr. Rácz Péter, Szalai Péter, Törőcsik Dávid

1. A csapágyak feladata, fajtái

A forgó tengelyek és csapok megtámasztására, vezetésére szolgáló szerkezeti egységet csapágyazásnak nevezzük, melynek főrésze a csapágy.

- hordozó (radiális terhelést felvevő),
- támasztó (axiális terhelést felvevő).



a: radiális csapágy, b: axiális csapágy, c: a két csapágy együttesen alkalmazva

- Siklócsapágyazásnál a csap és a csapágy érintkező felületei forgás közben — kenőanyag közbeiktatásával — elcsúsznak egymáson.
- Gördülő csapágyazásnál a csap és a csapágy elmozduló részei közé gördülő elemeket helyezünk.

2. A csapágyak kenőanyagai

A kenés feladata:

a súrlódás, a kopás és velejáró melegedés csökkentése, ill. a csapágy korrózióvédelme

A kenőanyag megválasztásánál az alábbiakat kell figyelembe venni:

fordulatszám

csapágyméret

csapágyterhelés

üzemi hőmérséklet

szennyeződés

konstrukciós szempontok

A kenőzsírok

A kenőzsírok alapolaj és sűrítőszerek alkotta félfolyékony vagy szilárd szuszpenziók.

Kálciumszappanos zsírok

Nátriumszappanos zsírok

Lítiumszappanos zsírok

Szintetikus zsírok

A kenőolajok alapanyaga többségében ásványi eredetű. A nyers ásványolaj oldószeres finomítása útján kapjuk a különböző minőségű olajokat.

Olajkenés alkalmazása:

nagy fordulatszámnál,
magas üzemi hőmérsékletnél,
kis súrlódásigénynél
más gépelem is kenést igényel.

A csapágyazások szokásos olajkenési megoldásai:

merülő
olajfürdős
szóróolajos
cirkulációs
friss olajbevezetéses

A kenőolaj kiválasztásának főbb szempontjai:

a terhelés
a fordulatszám
a hőmérséklet
a használati időtartam

Kenőolajok fajtái:

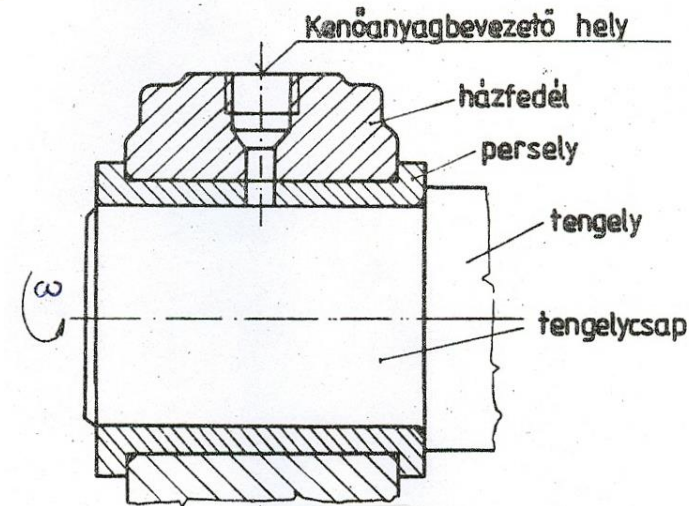
gépölajok,
turbinaolajok
kompresszorolajok
műszerolajok
motorolajok
aktivált kenőolajok
szilikonolajok

3. A siklócsapágyak

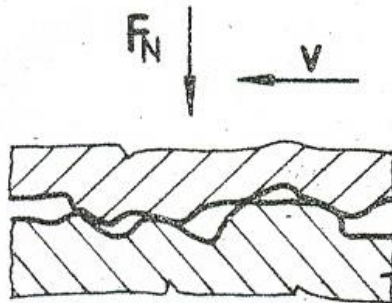
Fő jellemzőjük, hogy az egymáshoz képest elmozduló felületek között nincs szilárd szerkezeti elem. A felületek között lévő kenőanyag kedvező körülmények között teljesen elválasztja a felületeket.

A siklócsapágyak főbb tulajdonságai:

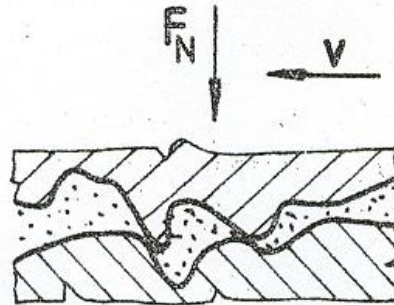
- A súrlódási viszony erősen üzemviszony függő (fordulatszám, terhelés, kenőanyag, forgásértelem)
- Csak kis mértékben szabványosítottak (főleg egyedi tervezésűek)
- Kenőanyagra, kenési módra érzékenyek.
- Csapágyhézag miatt a tengely kevésbé jól vezetett
- Egyidejű nagymértékű radiális és axiális terhelést nem képes felvenni.
- Dinamikus hatásokra kevésbé érzékeny.
- Nagyon kis- és nagyon nagy méreteknél előnyösen alkalmazhatók.
- Osztott kivitelben elkészíthetők, (bármilyen kivitelű tengelyhez alkalmazhatók)
- Szilárd (finom) szennyeződésekre kevésbé érzékenyek.
- Csendes, rezgésmentes üzeműek.



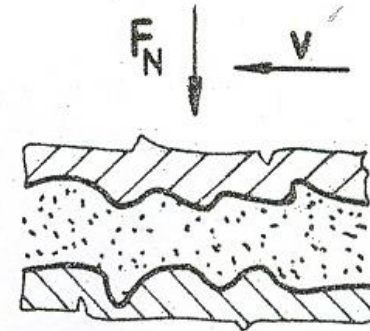
Súrlódási viszonyok a siklócsapágyakban



száraz - súrlódás



vegyes - súrlódás



folyadék - súrlódás

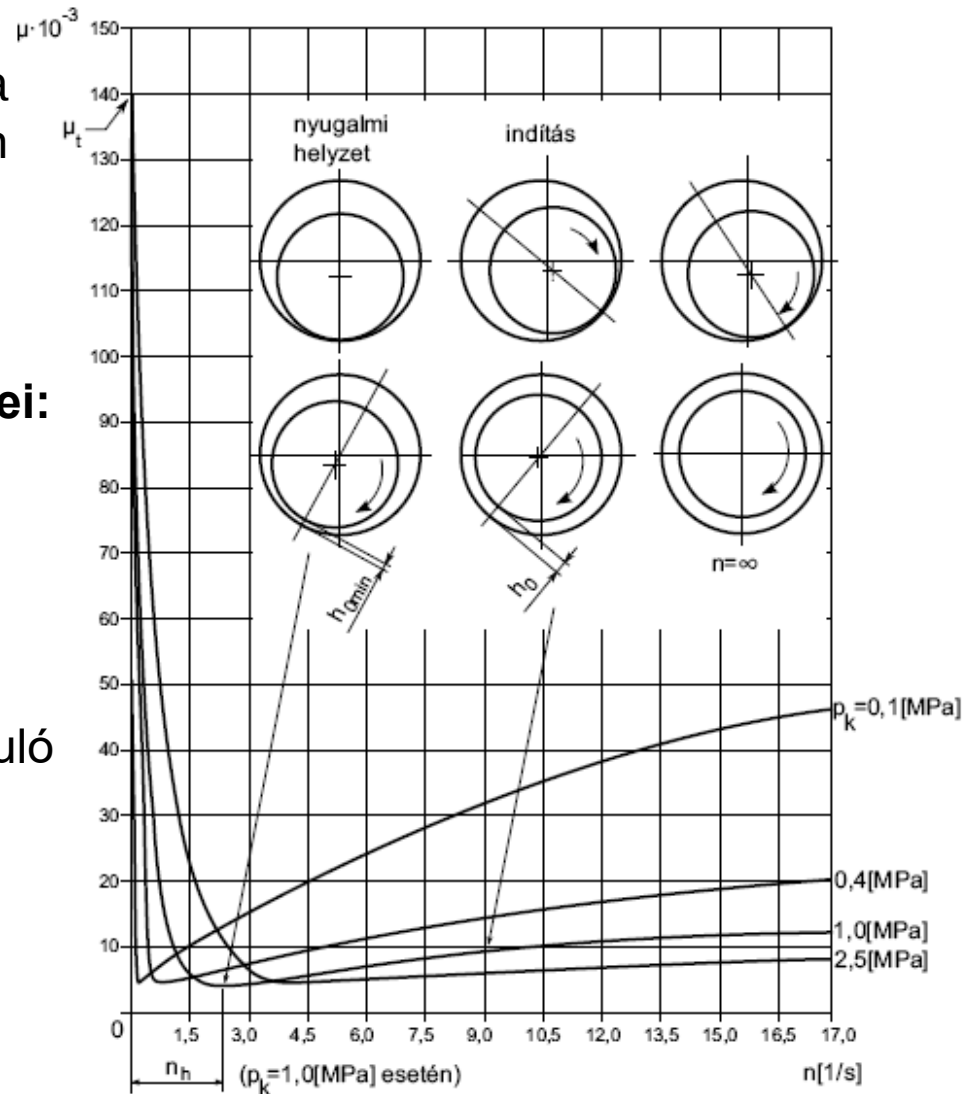
- Száraz súrlódás. A felületek között kenőanyag nincs, ez gyakorlatilag az indításkor fellépő súrlódási állapot,
- Vegyes súrlódás. A csap a forgása során magával vitt kenőanyag kezdi a felületeket szétválasztani, de nem szűnik meg egészen a fémes érintkezés.
- Folyadék súrlódás. A fémes felületek elválnak egymástól, közöttük olajréteg helyezkedik el.

Súrlódási viszonyok a siklócsapágyakban

A súrlódási tényező változása a fordulatszám függvényében (Stribeck-diagram)

A hidrodinamikus kenés feltételei:

- A siklófelületekhez tapadó viszkózus folyadék jelenléte a csapágyrészben,
- A siklófelületek közötti relatív sebesség megléte,
- Az elmozdulás irányába kialakuló szűkülő rés.



Radiális siklócsapágyak méretezése

A csap radiális terhelése és fordulatszáma általában ismert, illetve meghatározható.

A csapágy palástfelületének vetülete

Palástnyomás:

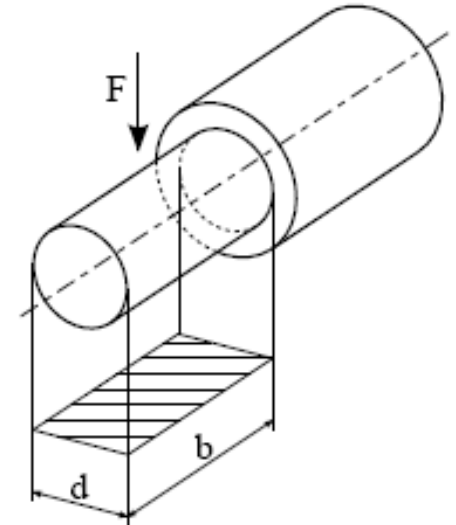
A tengelycsap átmérő:

$$p_{köz} = \frac{F}{b \cdot d} \leq p_{meg}$$

$\frac{b}{d}$ arány kiválasztás

$$\frac{b}{d} = 0,33 \dots 1,5$$

$$d_{min} = \sqrt{\frac{F}{\frac{b}{d} \cdot p_{meg}}}$$



Az átmérőnek szilárdságilag is meg kell felelnie, ezért ellenőrizni kell!

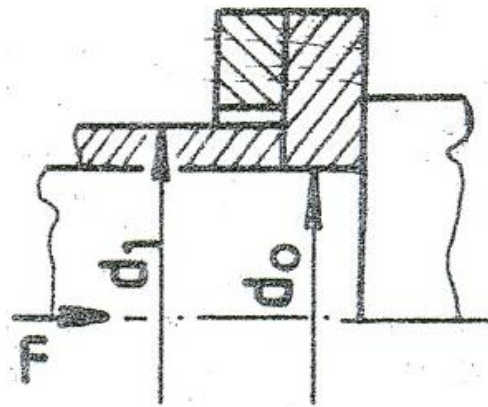
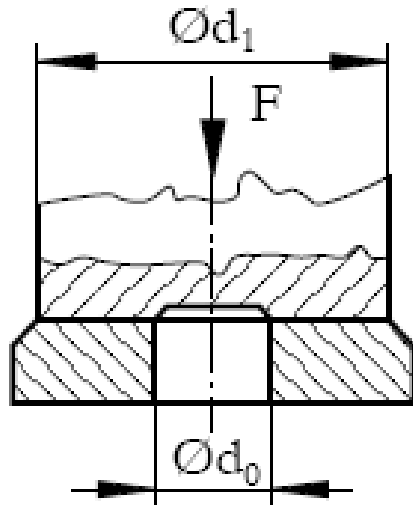
A csapágyhossz:

$$b = \left(\frac{b}{d} \right) \cdot d$$

Résméret értéke:

$$h_0 > R_{1max} + R_{2max}$$

Axiális siklócsapágó (talpcsapágó) méretezése



A terhelőerő:

$$F \leq \frac{(d_1^2 - d_0^2) \pi}{4} \cdot p_{meg}$$

d_0 : a szilárdsági méretezésből ismert csap átmérő

d_1 : külső átmérő (választható)

$p_{meg} = 6 \dots 9 \text{ N/mm}^2$, felületi nyomás

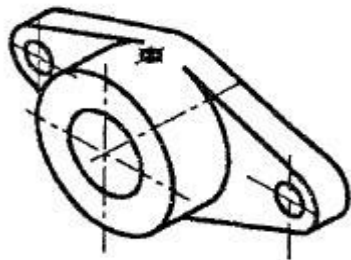
A siklócsapágyak szerkezete

Négy fő szerkezeti rész:

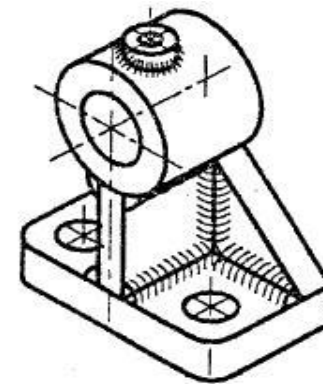
- csapágyház,
- persely a csapágybéléssel,
- különböző tömítő és porvédő szerkezetek,
- kenőberendezés.

Hordozócsapágyak

Az önálló csapágytestek többnyire öntött vagy hegesztett kivitelűek, és lehetnek osztottak vagy osztatlanok.

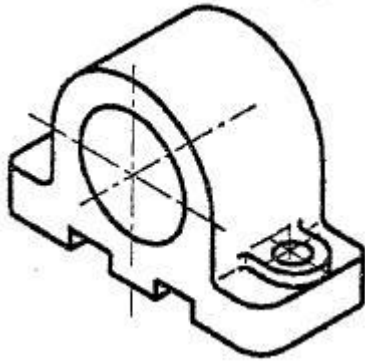


a) öntött pajzscsapágy

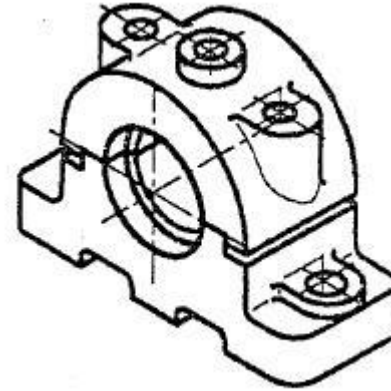


b) hegesztett bakcsapágy

A siklócsapágyak szerkezete



c) öntött osztatlan



d) öntött osztott szemcsapág

A persely- és bélésanyaggal szemben támasztott követelmények:

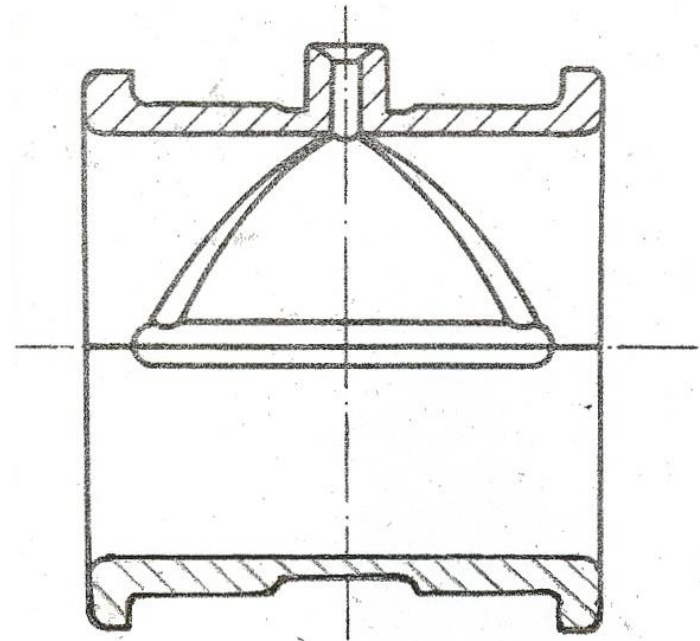
- kopásállóság,
- jó hővezető képesség,
- kis hőtágulás,
- szemcseágyazó képesség,
- könnyű alakíthatóság,
- korrózióval szembeni ellenálló képesség.

A csapágyperselyek anyagai és típusai

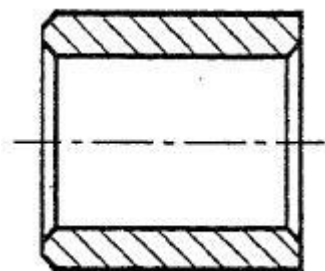
A követelményeknek legjobban a különböző réz-, ón-, ólom-, cink- és antimonötvözetek felelnek meg. Alárendeltebb helyeken megfelel az öntöttvasból és alumíniumból készült persely is, de gyakran készítenek szinterelt fém- és műanyagperselyeket is.

Osztatlan persely: elfordulás ellen biztosított csőszerű alkatrész

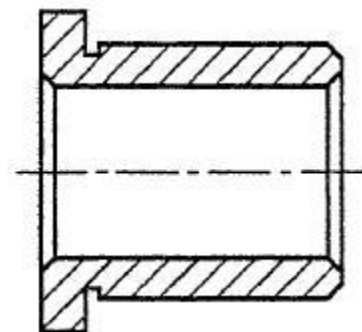
Osztott persely: szimmetriasíkban illeszkedő, kenőolaj vezető elosztóhornyokkal ellátott



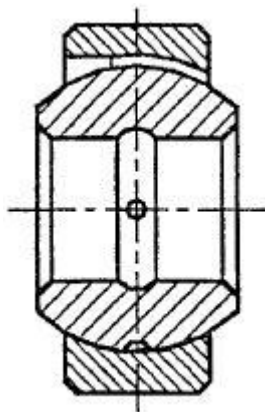
A csapágyperselyek típusai



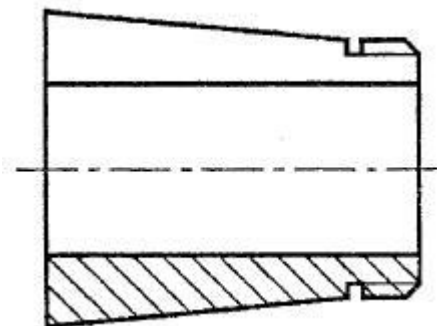
a) sima hengeres



b) peremes



c) beálló

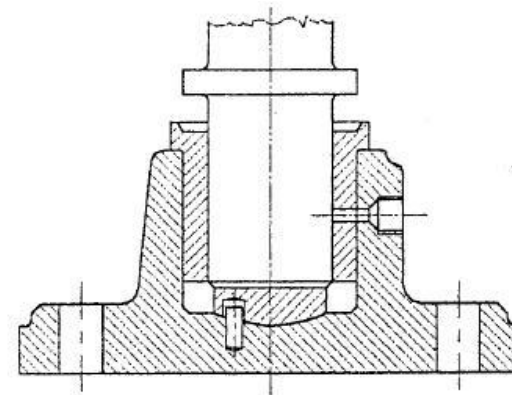
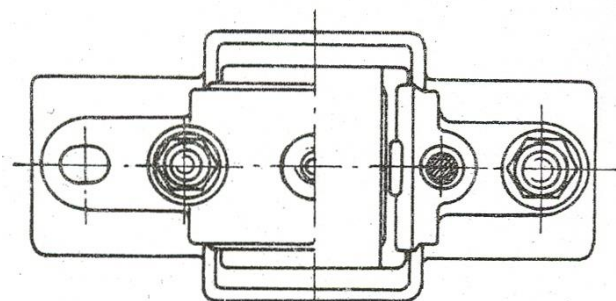
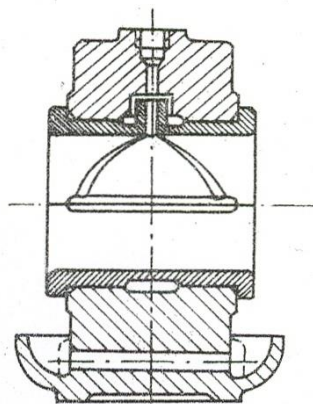
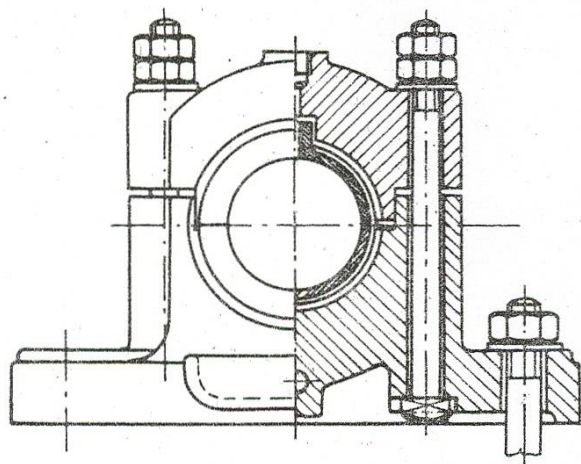


d) utánállítható

A csapágszerkezetek

Osztott, merevperselyű siklócsapágó

Talp csapágó

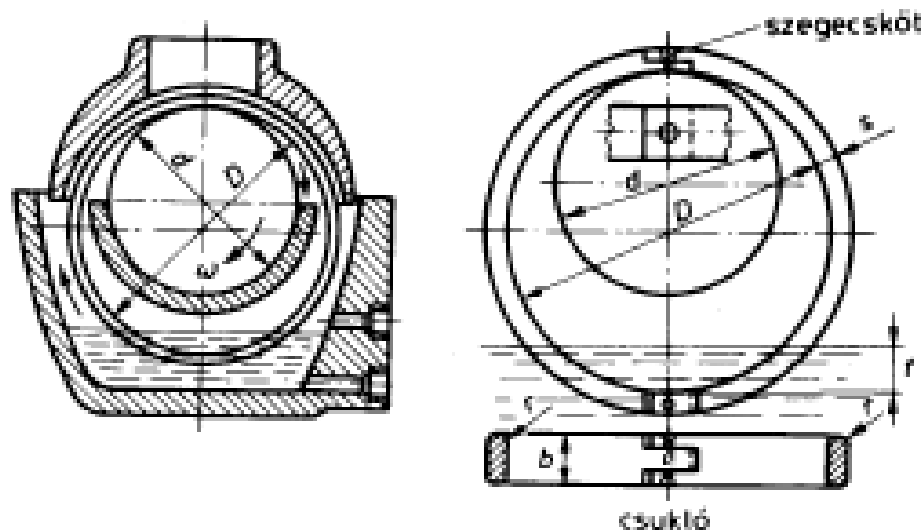


Kenési rendszerek

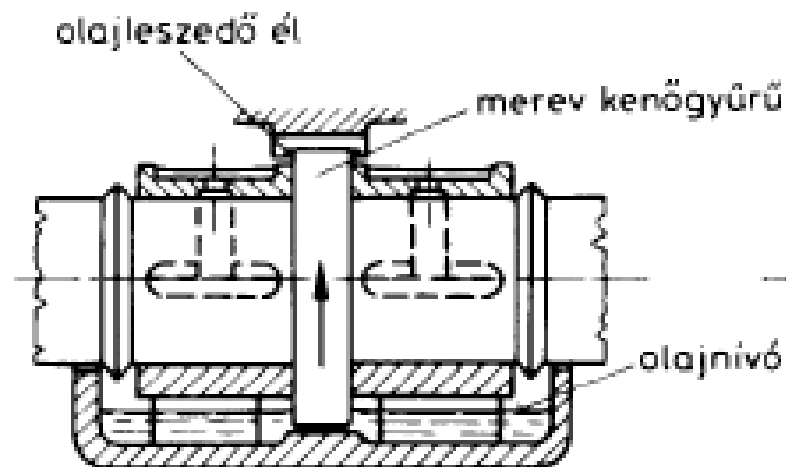
1. Tartós egyedi kenés. Pl.: kanócos olajozás, önkenő csapágyak kenési rendszere.
2. Átfolyó kenési mód. A kenőanyag itt csak egyszer végez kenést.
3. Keringtető (cirkulációs) kenési mód. A kenőanyag sokszor körbeking a rendszerben.

Gyűrűs kenési megoldások

Laza kenő gyűrűs olajozás



Merev kenőgyűrűs olajozás



4. A gördülőcsapágyak

A gördülőcsapágyak feladata és tulajdonságai

A gördülőcsapágy relatív mozgást lehetővé tevő szerkezet, mely forgó vagy lengő mozgást végző, erőátvitelt biztosító alkatrészek, pl. tengelyek, csapok megtámasztására, vezetésére szolgál.

A gördülőcsapágyak tulajdonságai:

Terhelésátadást gördülőmozgással végzik, belső súrlódásuk kicsi, a gördülő ellenállásuk gyakorlatilag a fordulatszámától független,
Kis belső súrlódás miatt kis mértékű a kenésigényük,
A forgásértelmük tetszőleges,
Karbantartási igényük kicsi,
Nemzetközileg szabványosított,
A dinamikus hatásokra érzékenyek,
Szinte kizárólag osztatlan kivitelűek,
Szilárd szennyeződésre (por-, fémszemcse) érzékenyek,
Rezgéskeltő hatásra érzékenyek,
A változó terhelések miatt zajosak.

A gördülőcsapágyak osztályozása

- a terhelés iránya szerint:
 - Radiális csapágyak (hordozó csapágyak), melyek a forgástengelyre merőleges erőket vesznek fel, bár legtöbbjük kisebb axiális terhelés felvételére is alkalmas. A kis hatásvonal szögű csapágyak sorolhatók ide, $\alpha < 10 : : : 15^\circ$
 - Ferde hatásvonalú csapágyak, radiális terhelés felvétele mellett jelentősebb axiális terhelés felvételére is alkalmasak. Hatásvonal szögük: $10 : : : 15^\circ < \alpha < 50 : : : 60^\circ$
 - Axiális csapágyak (támasztócsapágyak) vagy más néven tárcsás csapágyak, melyek a tengelyirányú erőket veszik fel. Hatásvonal szögük: $\alpha > 50 : : : 60^\circ$, így egyes típusok kis mértékű radiális terhelés felvételére is alkalmasak.

A gördülőcsapágyak osztályozása

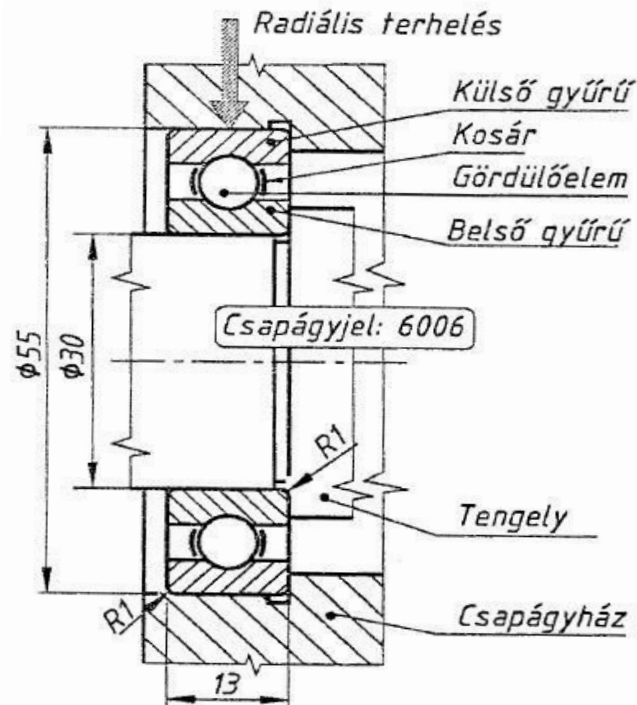
- a gördülőtestek alakja szerint:
 - golyósak,
 - görgősek (hengergörgős, tűgörgős, hordógörgős, kúpgörgős, rugógörgős).
- a gördülő felületek szerint:
 - gyűrűs,
 - tárcsás.
- szerkezetük szerint a csapágyak lehetnek:
 - merevek,
 - önbeállók.
- gördülőtestek elhelyezkedése szerint:
 - egysoros,
 - kétsoros.

A megfelelő típus és méret kiválasztása

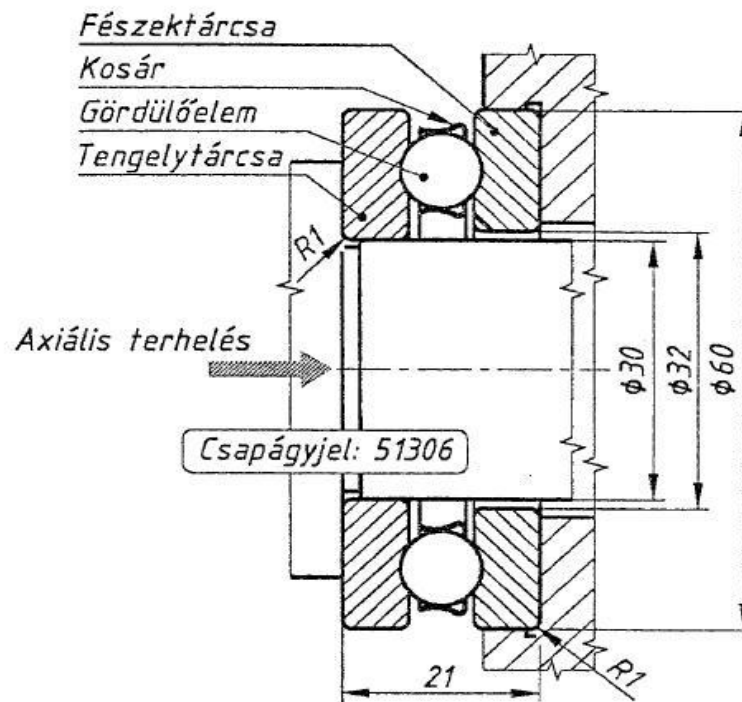
- a terhelés nagysága és iránya,
- az üzemelési körülmények, valamint
- a megkívánt élettartam figyelembe vételével
a gyártó cégek (MGM, SKF, INA, FAG, GPZ, RIV, KOYO, ...)

katalógusai alapján történik.

A gördülőcsapágyak alaptípusai a **gyűrűs és tárcsás csapágyak**



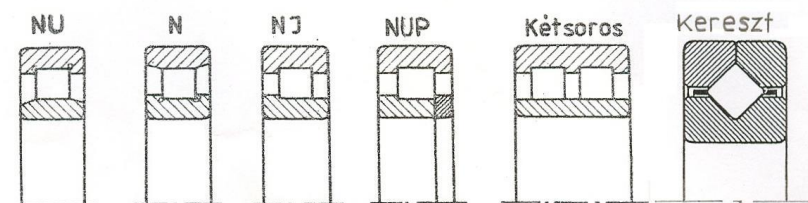
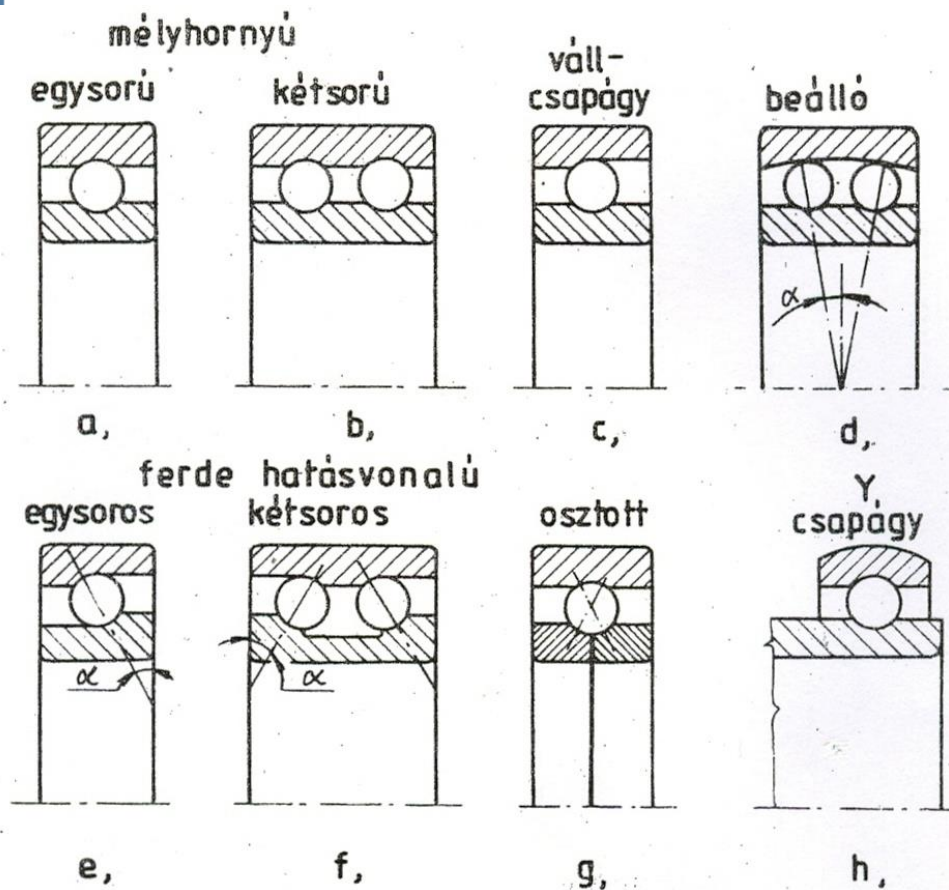
gyűrűs csapágy
egysoros, mélyhornyú golyóscsapágy



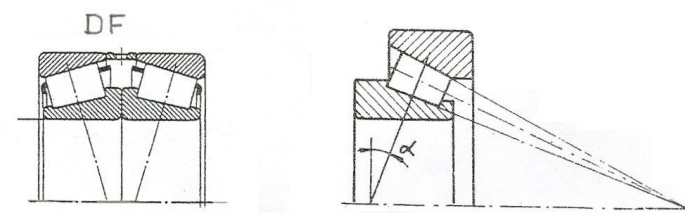
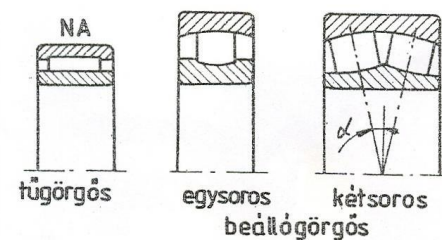
tárcsás csapágy
axiális golyóscsapágy egyirányú terhelésre

A gördülőelemek és gyűrűk anyaga krómötvöztetésű különleges acél (edzve, köszörülve és polírozva), a kosaraké pedig acél, sárgaréz vagy műanyag.

A gördülőcsapágyak típusai

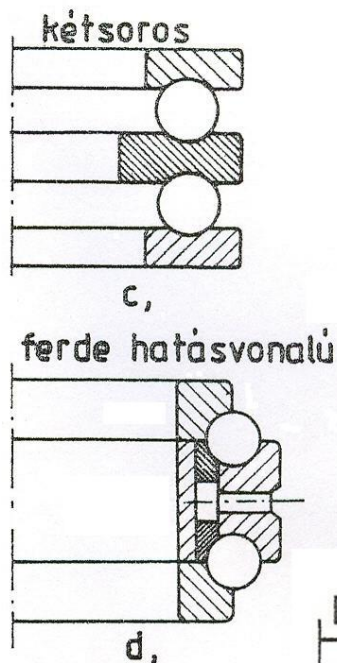
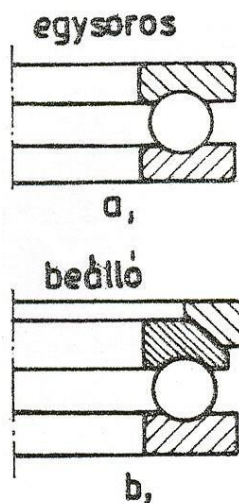


Henger görgős

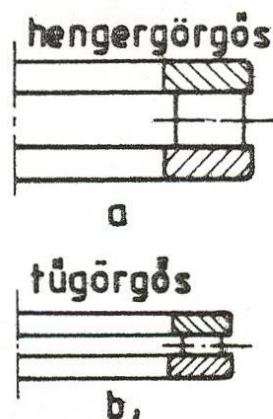


kúp görgős

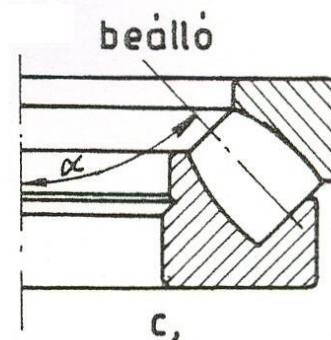
A gördülőcsapágyak típusai



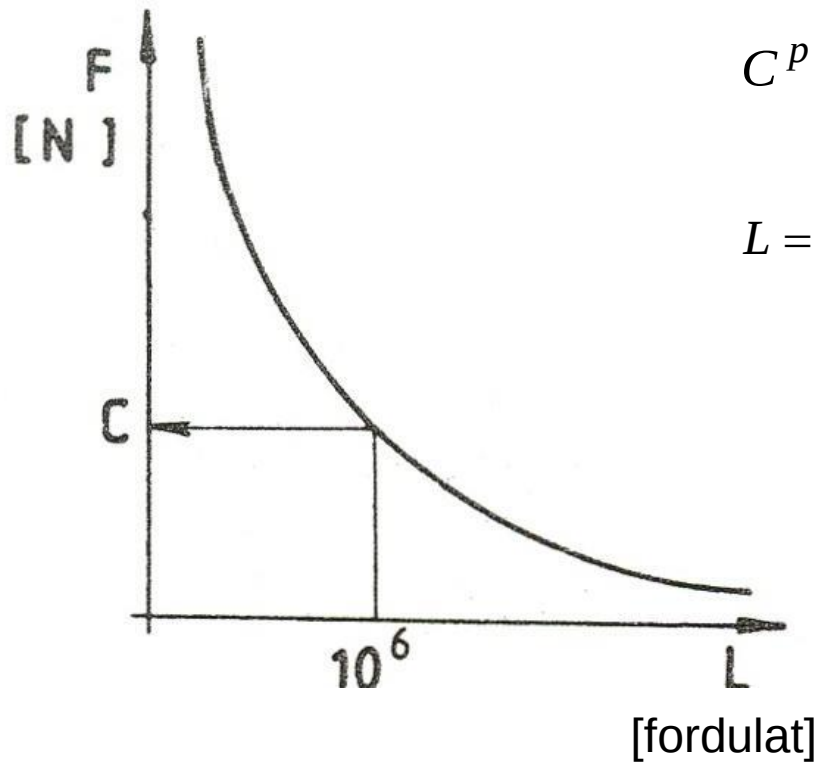
Axiális golyóscsapágyak



Axiális görgőscsapágyak



A gördülőcsapágyak élettartama



$$C^p \cdot 10^6 = \text{const.} = F^p \cdot 3600 \cdot n \cdot L_h$$

$$L = \left(\frac{C}{F} \right)^p = \frac{3600 \cdot n \cdot L_h}{10^6} \quad [\text{millió fordulat}]$$

$p = 3$ golyóscsapágyaknál

$p = \frac{10}{3}$ gördülőcsapágyaknál

C [N] - dinamikus alapterhelés (katalógusból)

$n \left[\frac{1}{s} \right]$ - fordulatszám

F [N] - terhelés

L_h [üó] - élettartam üzemórában

$$L_{km} = \frac{L \cdot D \cdot \pi}{1000}; \quad [\text{millió km}]$$

Csapágyak terhelése – az egyenértékű terhelés

Radiális csapágyak egyenértékű terhelése: $F = f_{\ddot{u}} (XF_r + YF_a)$

Axiális csapágyak egyenértékű terhelése: $F = F_{ax}$

Beálló axiális csapágyak egyenértékű terhelése: $F = F_{ax} + 1,2 \cdot F_r$

Egyenértékű terhelés periodikus vagy változó terhelésnél:
(változó terhelés és változó fordulatszám esetén)

$$F = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 \cdot N_1 + F_2^3 \cdot N_2 + \dots F_n^3 \cdot N_n}{N}}$$

Egyenértékű terhelés ferde hatásvonalú golyós- és kúpgörgős csapágyaknál:

$$F_I = X_I \cdot F_{rI} + Y_I \cdot F_{aI} \quad \text{és} \quad F_{II} = X_{II} \cdot F_{rII} + Y_{II} \cdot F_{aII}$$

Gördülőcsapágyak statikus terhelése

A határterhelésre ellenőrzés esetei, ha a csapágy:
üzemi fordulatszáma $< 0,17 \text{ 1/s}$ / lengőmozgást végez / álló helyzetben is terhelt
forgó és lökésszerű csúcsterhelésekkel üzemel

A csapágy határterhelésének jele:

radiális terhelésnél: C_o [N],

axiális terhelésnél: C_{oa} [N],

$$C_o \geq s_o F_o \quad \text{ill.} \quad C_{oa} \geq s_o F_{oa}$$

$s_o = 1,5 \dots 2$ nagy igénybevétel,
lökésszerű terhelés,
átlagos futáspontosság
zajszegény üzemelésnél

$s_o = 2$ nagy futáspontosságnál

$s_o = 0,8 \dots 1,2$ normál igénybevételnél

$s_o = 0,5 \dots 0,8$ kis igénybevételnél,
lengőmozgásnál

A statikus egyenértékű terhelés:

$$F_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

X_o , Y_o statikus terhelési tényezők
(katalógusból)

A gördülőcsapágyak tömítése

A tömítés feladata a csapágy kenőanyagának kenéshelyen tartása és a csapágy szennyeződéstől való védelme.

Tömítések típusai:

Súrlódásmentes (nem súrlódó) tömítések

réstömítés: zsír és olajkenéshez, szennyeződésmentes helyekre
labirint tömítés: főleg zsírkenéshez.

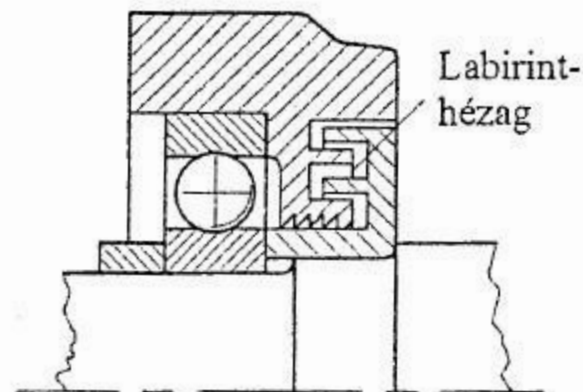
Súrlódásos tömítések

nemeztömítés: zsírkenéshez, $t < 100^{\circ}\text{C}$ üzemi hőmérsékletig
karmantyús tömítőgyűrű, vagy rugós tömítőgyűrű (simmering)

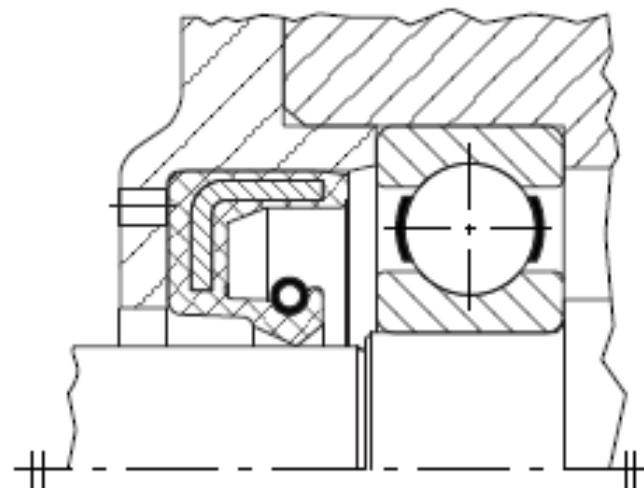
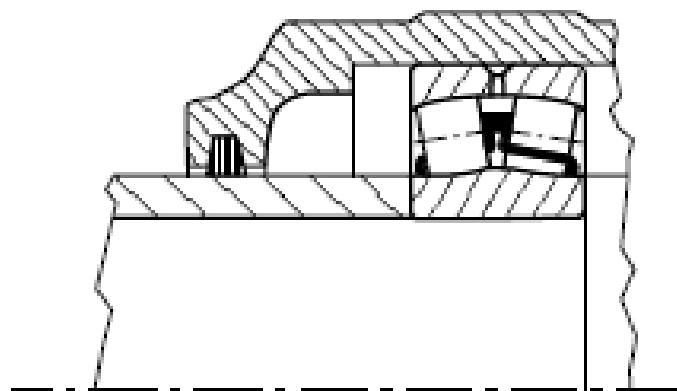
A gördülőcsapágyak tömítése

Nem súrlódó tömítés:

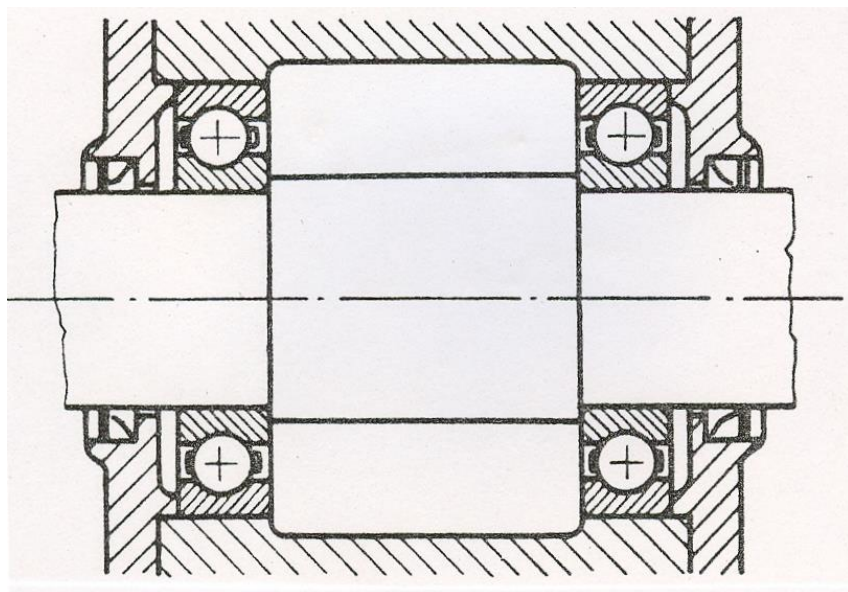
Labirinttömítés



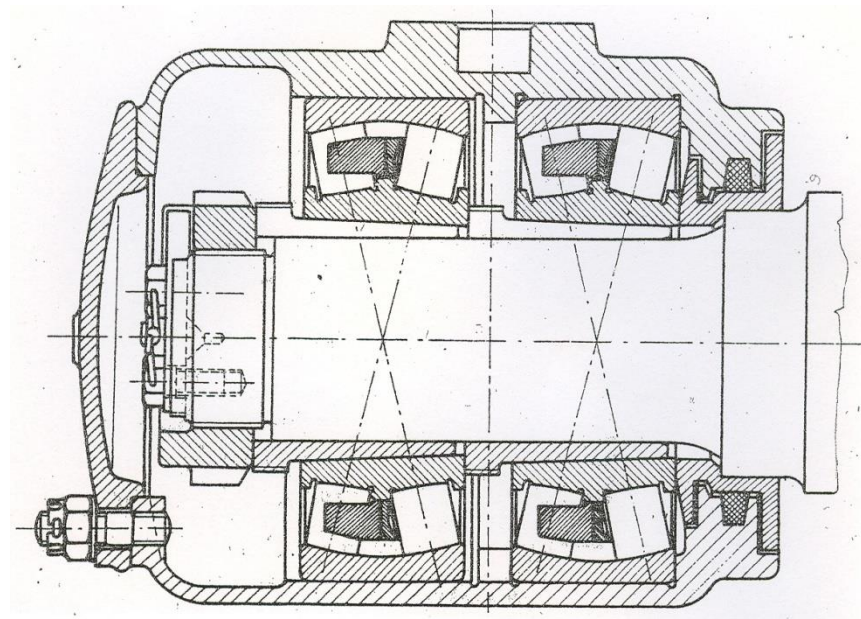
A **súrlódó tömítések** leggyakrabban alkalmazott eszköze a csapágyházak megfelelő hornyaiban elhelyezkedő nemez tömítőkarika és karmantyús tömítés.



A gördülőcsapágyak beépítési megoldásai

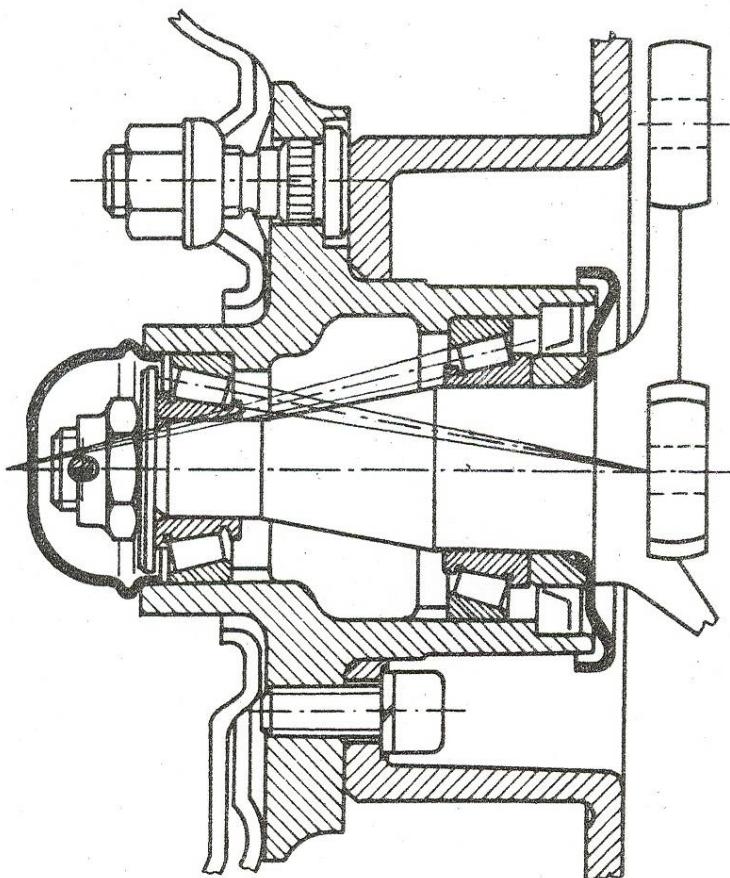


Mélyhornyú golyóscsapágó beépítés

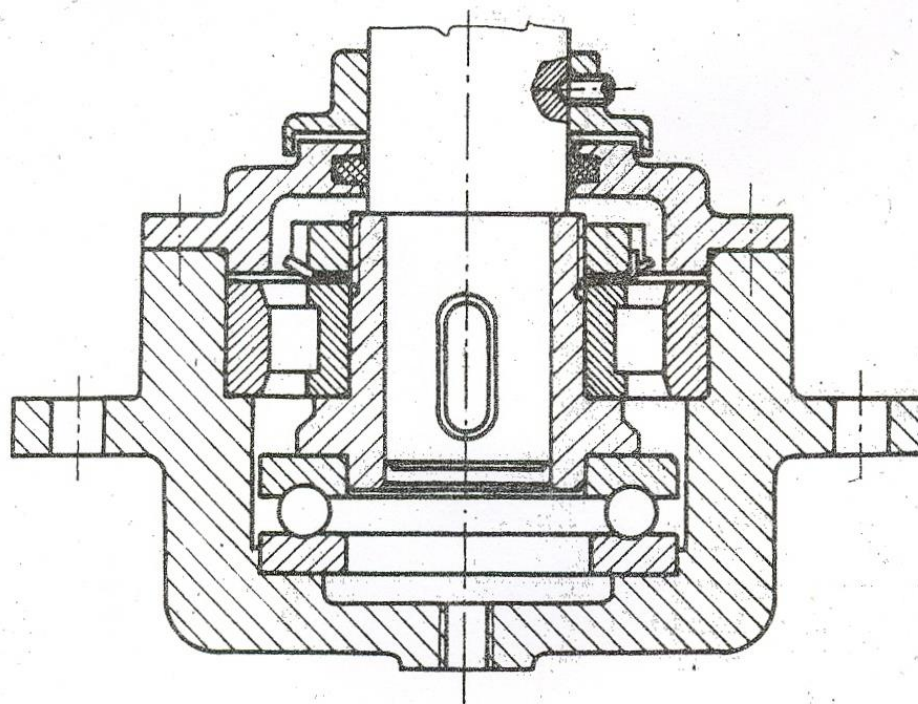


Vasúti kocsi tengelycsapágózás

A gördülőcsapágyak beépítési megoldásai



Gépjárműtengely csapágyazás



Függőleges tengely csapágyazás

Gördülőcsapágyak szerelése

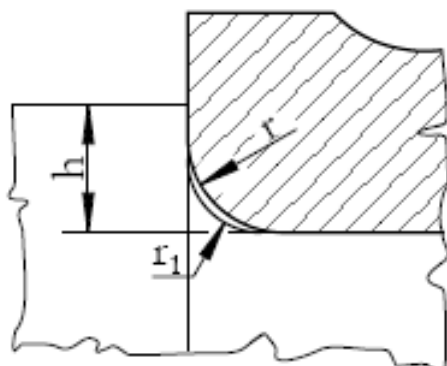
A csapágyszerelés legfontosabb felszerelései:

lemezborítású szennyeződésmentes munkapad
lágybetétes satu
elektromos fűtésű olajkád, melegítődoboz, melegítőgyűrű
mechanikus-, vagy hidraulikus prés
mosóedény, mosófolyadék
után kenő szerszámok, zsírtartály
szerelőhüvelyek
lehúzó szerszámok
fém- és gumikalapács
mérőeszközök

Szerelési módszerek típusai:

1. Mechanikus
(kisméretű csapágyakhoz)
2. Hidraulikus
(közepes és nagy csapágyakhoz)
3. Olaj befecskendezéses
(közepes és nagy csapágyakhoz)
4. Melegítéses
(közepes és nagy csapágyakhoz)

Gördülőcsapágyak szerelése

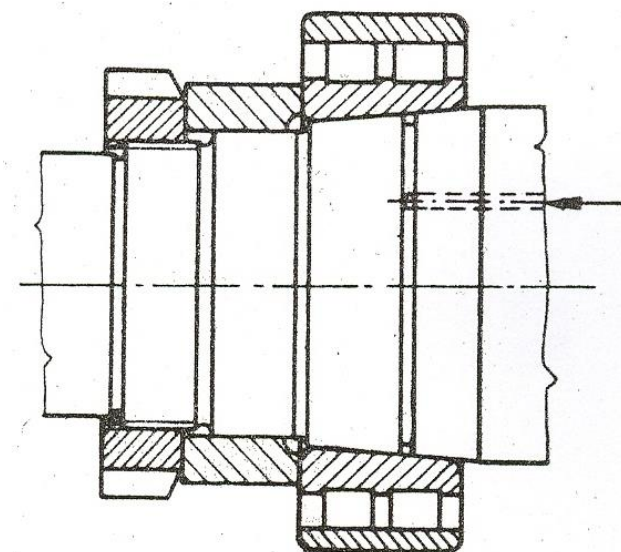
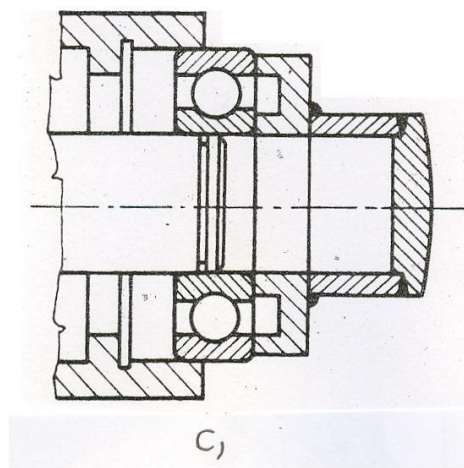
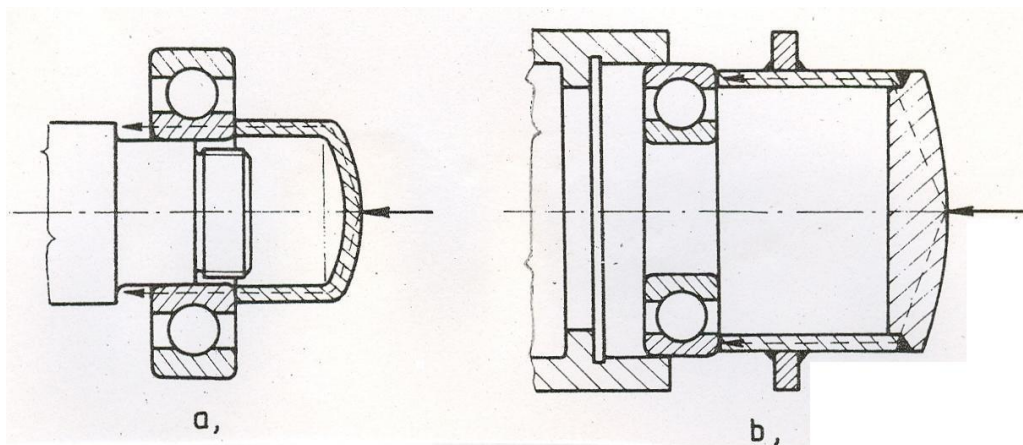


A csapágygyűrű és a tengely helyes kialakítása



A csapágygyűrű és tengelyváll illesztése

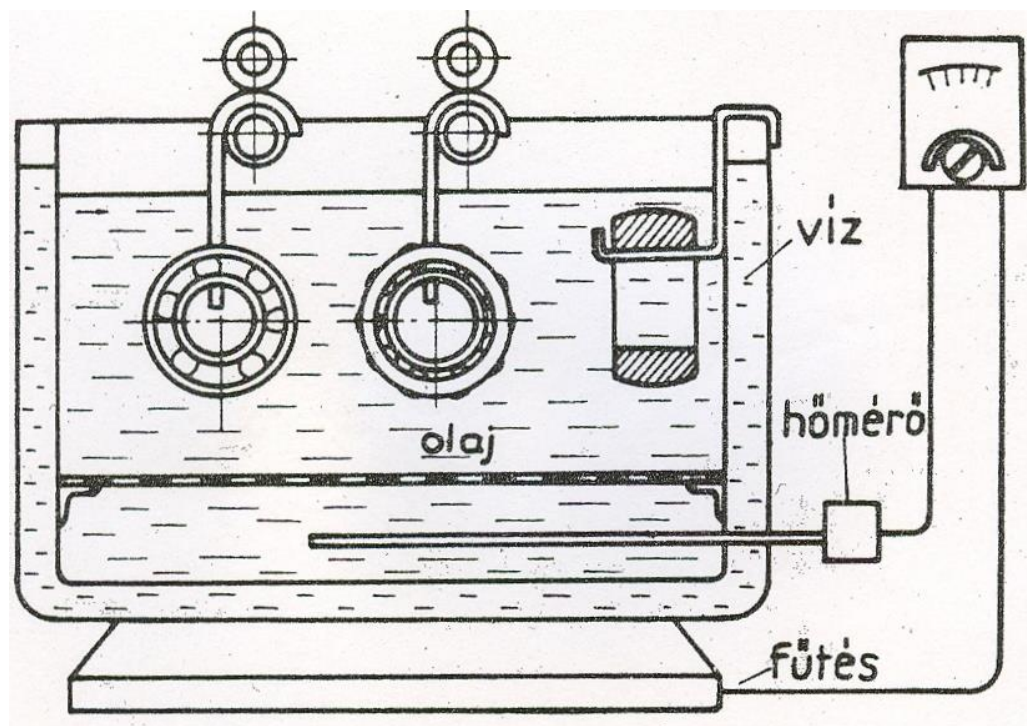
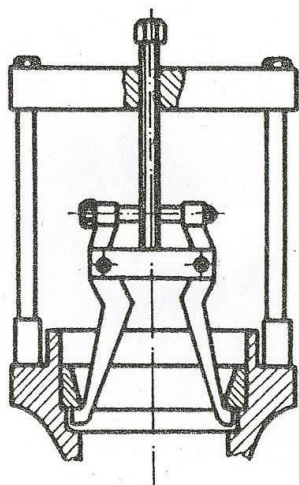
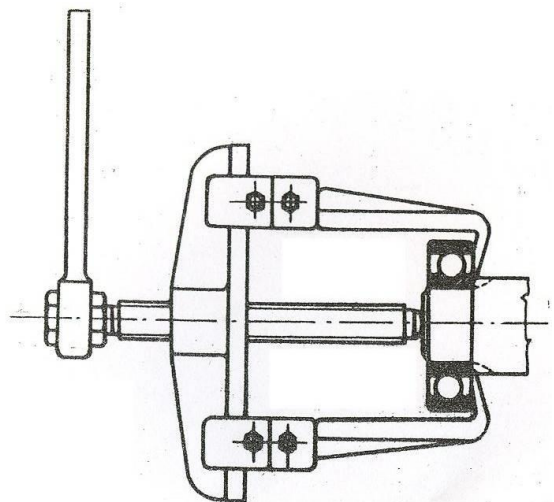
Gördülőcsapágyak szerelése



Szerelés hornyos csapágyanyával

Csapágszerelés szerelőhüvellyel

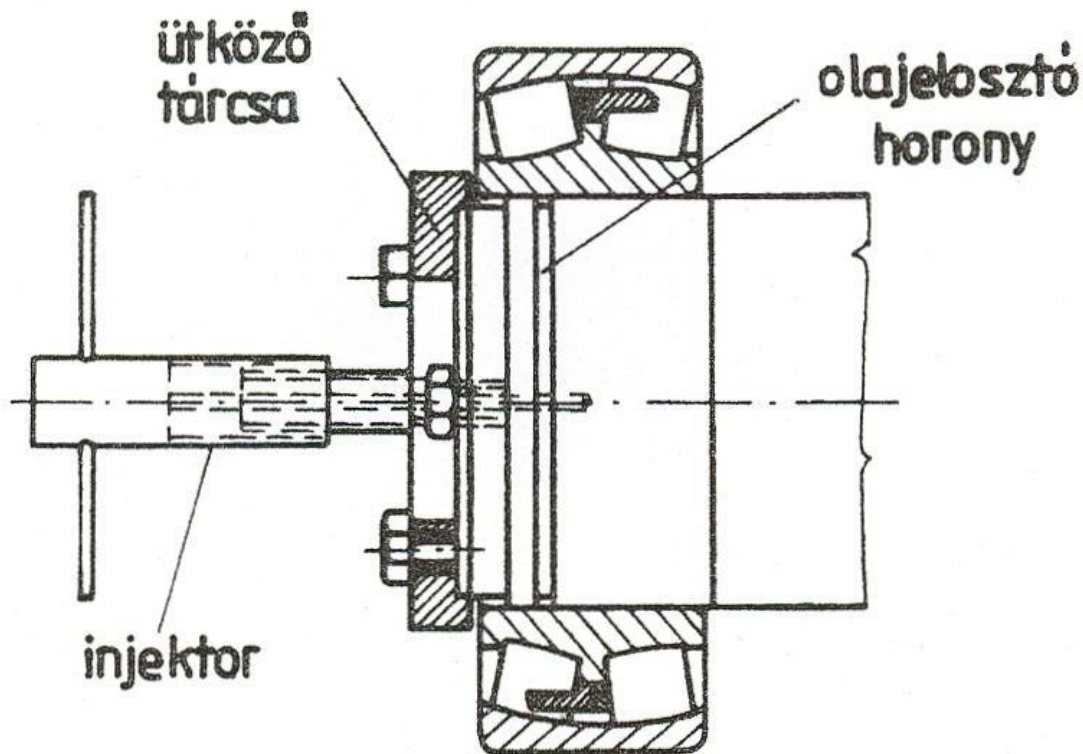
Gördülőcsapágyak szerelése



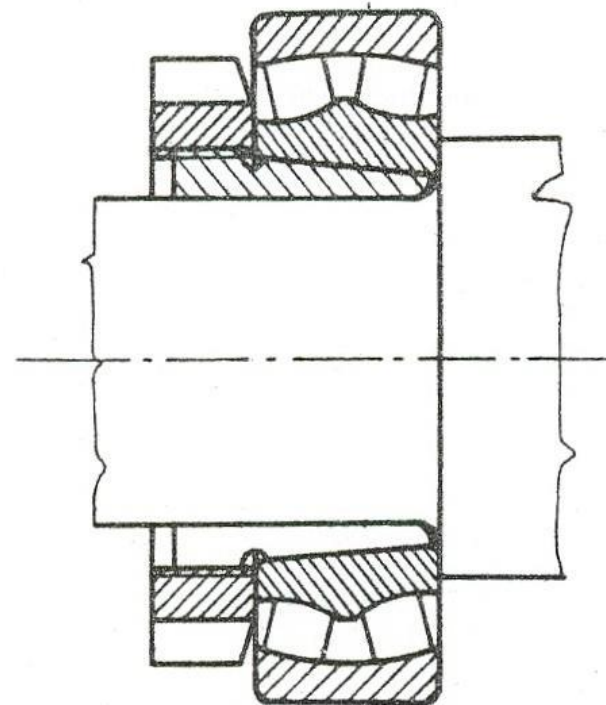
Csapágy felmelegítése fűtött olajkádban

Lehúzó szerszám alkalmazása

Gördülőcsapágyak szerelése



Csapágy szerelése hidraulikusan



Kúpos furatú csapágy szerelése
csapágyanyával