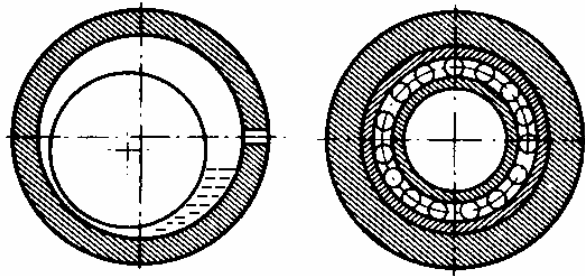


## 5. CSAPÁGYAK

A csapágyak feladata a forgó- vagy lengő tengelyek megvezetése, megtámasztása úgy, hogy biztosítva legyen a tengely egyértelmű helyzete, az erőhatások felvétele. E közben a súrlódásból eredő veszteségnek a lehető legkisebbnek kell lennie. A súrlódási veszteségek akkor tartathatók alacsony szinten, ha az egymáshoz viszonyítva mozgásban lévő tengelycsap és a ház illetve ágy közé olajfilmet vagy gördülőtesteket iktatunk (1. ábra).

A mozgórészek „szétválasztása” szerint a csapágyak lehetnek:

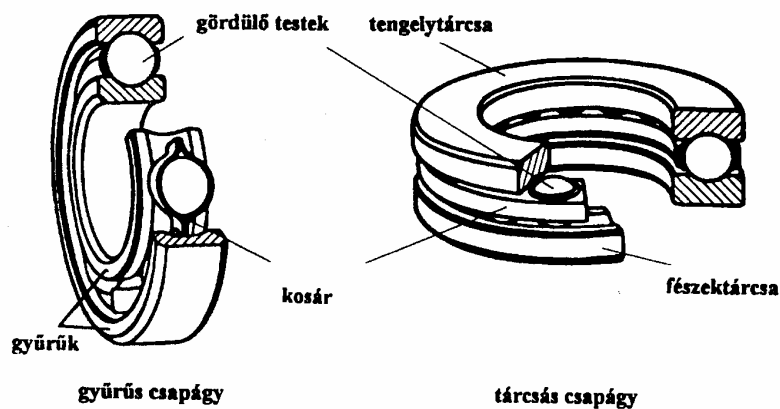
- Siklócsapágyak - alkalmazhatók nagy fordulatszámoknál, alacsony zajszint és jó lengéscsillapítás jellemzi őket, indulásnál a kenés nem tökéletes (ez nem vonatkozik a hidrosztatikus csapágyakra)
- Gördülőcsapágyak- alkalmazásuk jóval gyakoribb, mint a siklócsapágyaké, méreteik szabványosítva vannak, tömegesen gyárthatók ezért olcsóbbak, beépítésük és karbantartásuk egyszerű, meghibásodásnál könnyen cserélhetők, kisebb a súrlódásból eredő veszteség. Hátrányként említhető, hogy zajosak, rossz lengéscsillapítók, nagy fordulatszámon a jelentős centrifugális erő miatt az alkalmazásuk nem kedvező.



1. ábra. Hidrodinamikus siklócsapágy és gördülőcsapágy elvi vázlata

### 5.1 Gördülőcsapágyak

A gördülőcsapágy általában két gyűrűből vagy tárcsából áll, amelyek között gördülőtestek helyezkednek el (2. ábra). A gördülőelemek a gyűrűkön illetve a tárcsákon kialakított gördülőpályákon futnak. A gördülőtestek egy ún. kosárban helyezkednek el amely megakadályozza a gördülőtestek egymásközi érintkezését illetve torlódását.

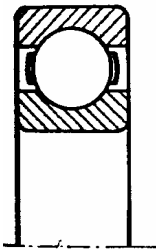


2. ábra. Gördülőcsapágyak elemei [Szalczinger '98].

A gördülőcsapágyak több szempontból is feloszthatók:

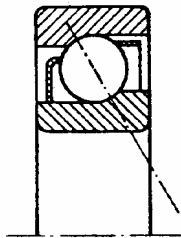
1. A terhelés főiránya szerint a csapágy lehet
  - radiális
  - axiális
  - radiális és axiális
2. Beépítés szerint
  - vezetőcsapágy (a radiális irányú erőfelvétel mellett axiális terhelést is felvesz)
  - szabadesapágy (csak radiális terhelést vesz fel és kismértékű axiális elmozdulást tesz lehetővé)
3. A gördülőtestek alakja szerint
  - golyóscsapágyak
  - görgőscsapágyak
    - hengergörgős
    - kúpgörgős
    - hordógörgős
    - tűgörgős
4. A tengely alakváltozásához történő alkalmazkodás szerint
  - merev csapágyak
  - önbeálló csapágyak

### Radiális merev golyóscsapágyak



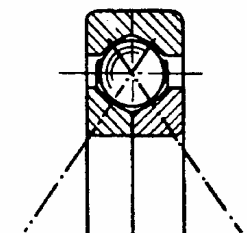
#### Egysorú, mélyhornyú golyóscsapágy

A nagyméretű mély horonyban elhelyezkedő golyók miatt a radiális erő mellett jelentős axiális erő felvételére is alkalmas. Az egyszerű szerkezet, alacsony zajszint, és a kedvező ár miatt ez a leggyakrabban alkalmazott csapágytípus. A futópálya valamivel nagyobb sugárral készül mint a golyók sugara, így terhelés nélküli állapotban az érintkezés egy pontban történik. A viszonylag nagy hézaggal készült csapágy lehetővé tesz némi alkalmazkodást a tengely alakváltozásához ( $1/4 \dots 1/2^\circ$ ).



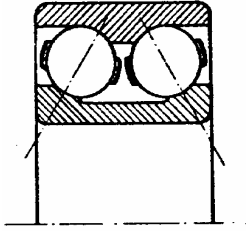
#### Egysorú, ferde hatásvonalú golyóscsapágy

Ezeknél a csapágyaknál több golyó építhető be, így nagyobb a teherbírásuk mint a mélyhornyú csapágyaknak. Az axiális erőfelvétel csak egy irányban lehetséges, ezért gyakran párban kerülnek beépítésre. Viszonylag nagy fordulatszámoknál és jelentős axiális terhelésnél nyernek alkalmazást. A csapágyhézag szerelésnél szabályozható, ezért nagy pontosságú axiális vezetést tesz lehetővé.



#### Osztott belsőgyűrűs négypontérintkezésű csapágy

A futófelület kialakítása olyan, hogy a golyók érintkezése a külső és a belső gyűrűvel két-két ponton történik. Radiális és mindkét irányú axiális erőfelvételre alkalmasak. Szerszámgépeknél és járművek hajtóműveinél kerül alkalmazásra.

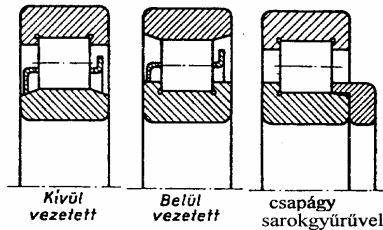


### Kétsorú ferde hatásvonalú golyóscsapágy

Szerkezetileg egy pár egysorú, ferde hatásvonalú golyóscsapágy-nak felel meg. Nagy radiális és axiális teherbírása van mindkét irányban. E csapágy rendkívül merev, ezért egytengelyűségi hibákra rendkívül érzékeny. Alkalmazása elsősorban hajtóművek viszonylag rövid és alacsony fordulatszámú tengelyeinél van.

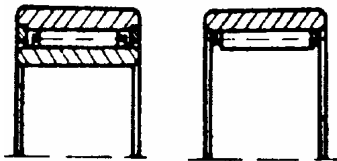
### **Radiális merev görgőscsapágyak**

A görgőscsapágyaknál a görgők elméletileg egy vonal mentén érintkeznek a gyűrűkkel, így az érintkezési felületük és a teherbírásuk is jóval nagyobb a golyóscsapágyakénál.



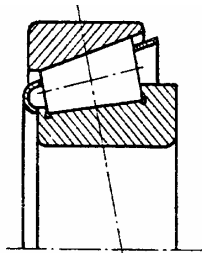
### Hengergörgős csapágy

A hengergörgők a külső vagy a belső gyűrűn kiképzett két vezetőperem között futnak kis játékkal. Ezek a csapágyak igen nagy, de csak radiális irányú erőt tudnak felvenni. Kis-mértékű axiális erő felvételére a sarokgyűrűvel ellátott hengergörgős csapágy alkalmas. A hengergörgős csapágyak szétszedhetők és így külön szerelhető a belső-és a külső gyűrű. Főként villamos gépeknél, a vasúti járművek kerékágyazásánál és a szerszámgépek főorsó ágyazásánál használják.



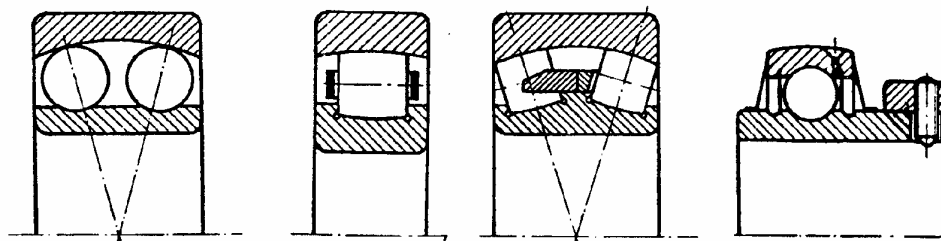
### Tűgörgős csapágy

A hengergörgős csapágy egyik különleges fajtája. A görgőtestek átmérője 5 mm alatt van, hosszuk pedig az átmérő 2,5-szeresénél nagyobb. A tűgörgők megfelelő kosárban helyezkednek el. Készülhetnek csak külső gyűrűvel vagy akár mindkét gyűrű nélkül is. Viszonylag nagy fordulatszámon is működnek, de csak radiális erőt tudnak felvenni. Főként ott alkalmazzák, ahol kevés a beépítési hely.



### Kúpörgős csapágy

A kúpos görgők tengelyvonala szöveget zár be a forgástengellyel, így ezek a csapágyak jelentős radiális terhelésen kívül, nagy egyirányú axiális terhelést is fel tudnak venni. Kétirányú axiális terhelésnél párban, egymással szembefordítva építik be. A külső gyűrű levehető a görgőkoszorúval ellátott belső gyűrűről. A csapágyak hézagát szereléskor kell beállítani a külső, vagy a belső gyűrű elmozdításával. Főként járművek kerékcsapágyazásaiban, hajtóművekben alkalmazzák.



Kétsorú beálló

Egysorú—, kétsorú beálló hordógörgős,

Y-csapágy

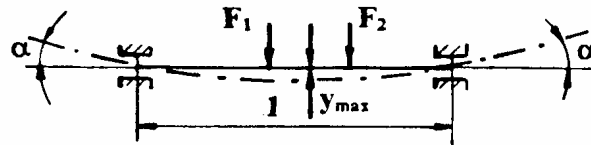
3.ábra. Önbeálló csapágyak.

### Radiális, önbeálló, golyós- és görgős csapágyak

E csapágyak legfontosabb jellemzője, hogy a külső gyűrűben kiképzett futópálya gömbfelület, melynek középpontja a forgástengelyen helyezkedik el. Ennek köszönhetően a külső és belső gyűrű a tengellyel egymáshoz viszonyítva néhány fokban el tud billeni ( $2-4^\circ$ , csapágytípustól függően). Az önbeálló csapágyak nagy radiális erők mellett mindkét irányban axiális erőket is feltudnak venni.

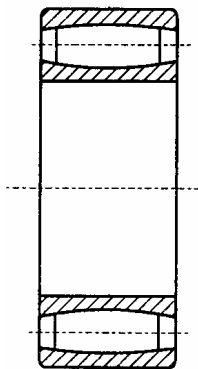
Önbeálló csapágyak beépítése szükséges a következő esetekben:

- hosszú, közepen behajló tengelyek csapágyazásánál

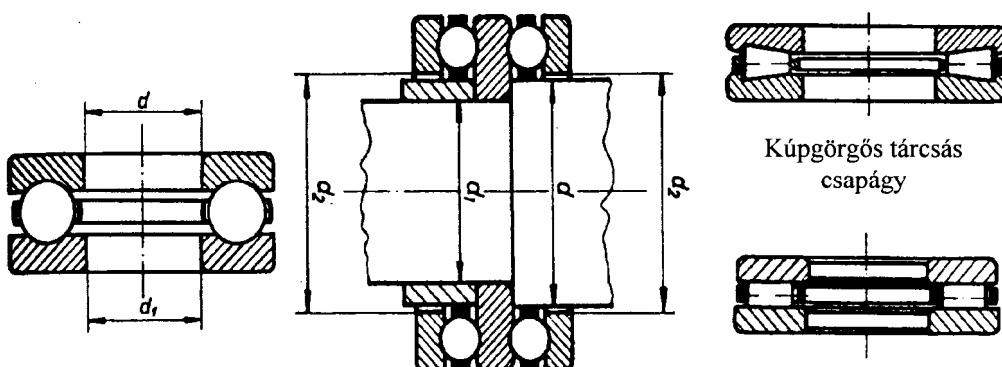


- független, nem egy befogásban megmunkált alapon lévő 2 csapágyház esetén, mivel szerelési pontatlanságok, hegesztési vetemedés miatt az egytengelyűség nem biztosítható.

### CARB-csapágy



Az SKF cég 1995-ben „CARB” néven (Compact Aligning Roller Bearing) egy újszerű, tiszta radiális, beálló csapágyat szabadalmaztatott. Az újszerűsége abban rejlik, hogy a külső és belső gyűrű egymáshoz viszonyítva nem csak elbillenni tud, hanem tengelyirányú elmozdulást is lehetővé tesz. Ez úgy lehetséges, hogy a futópályák gömbfelületét nagyobb görbületi sugárral készítik mint a görgőket. Természetesen tengelyirányú elmozdulásnál a csapágyház megváltozik. Tengelyirányú terhelést nem tud felvenni. Kimondottan nagy radiális terhelésnél, viszonylag alacsony fordulatszámoknál javasolt az alkalmazása elsősorban a nehézipari gépeknél (pl. hengerművek).



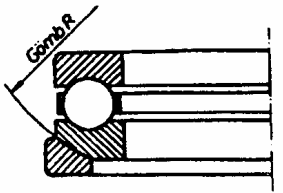
Egyfelé ható tárcsás-, Kétfelé ható tárcsás golyós-, Hengergörgős tárcsás

4. ábra. Axiális merev golyós- és görgős csapágyak [Szalczinger '98]

### Axiális, merev, golyós- és görgős csapágyak

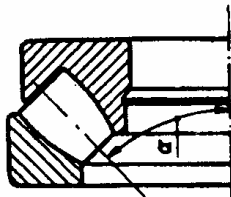
Az axiális csapágyaknál a gördültestek tárcsa alakú elemeken kialakított futópályán gördülnek (4. ábra). Az axiális csapágyak csak tengelyirányú erők felvételére alkalmasak, ezért a tengely radiális vezetését megfelelő csapággal külön kell biztosítani. Nagy fordulatszámoknál nem alkalmazhatók, mert a jelentős centrifugális erő gyors kopáshoz vezet. Ott alkalmazzák, ahol a nagy axiális erőket a radiális csapágyak nem tudják fel venni (pl. fűrőgép főorsó, forgó daruk stb.).

### Axiális, önbeálló, golyós- és görgős csapágyak



#### Axiális, önbeálló, golyóscsapágyak

A merev axiális csapágyak rendkívül érzékenyek a felfekvő felületek párhuzamosság hibájára. Ennek kiküszöbölésére a házzal kapcsolódó tárcsa illetve kétsorú tárcsás golyóscsapágy esetén a házzal kapcsolódó mindkét tárcsát gömbfelületűre képezik ki és ez a felület egy ugyancsak gömbfelületű tárcsára, illetve tárcsákra támaszkodik. A tengely behajlásából adódó szöghiba, vagy a tengelytárcsa szereléséből, gyártásából adódó szöghiba ily módon nem küszöbölhető ki, a fészektárcsa ui. állandó imbolgó mozgást végez ami gyors kopáshoz vezet.

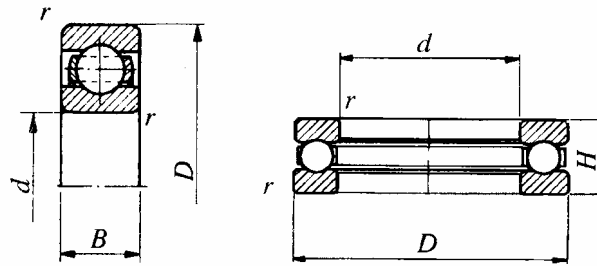


#### Axiális, önbeálló, görgős csapágyak

A tengely szögelhajlását az önbeálló axiális görgős csapágy tudja kiegyenlíteni. A fészektárcsa gömbfelületű futópályája lehetővé teszi a megfelelő beállást. Az axiális erők mellett radiális erőt is fel tudnak venni, azzal, hogy a radiális erő az axiális erőnek legfeljebb 45%-a lehet.

## 5.1.1. Gördülőcsapágyak főméretei és jelölésrendszere

A gördülőcsapágyak külső illetve beépítő méreteit nemzetközi szabványok rögzítik (ISO 15, DIN 616, aminek az MSZ 7971-77 a megfelelő magyar szabványa). Ezek gyűrűs csapágyaknál a  $d$  csapágyfurat névleges átmérő,  $D$  a külső átmérő,  $B$  a csapágy szélesség, illetve tárcsás csapágyaknál a  $d$  tengelytárcsa furatátmérő,  $D$  külső fészektárcsa átmérő és a  $H$  csapágy magasság, valamint az  $r$  a lekerítési sugár (5. ábra).



5. ábra. A csapágyak főméretei

A nemzetközi szabványok rögzítik a különböző típusú csapágyak furatátmérőinek sorozatát, valamint az ezekhez tartozó szélesség- és külsőátmérő sorozatok kombinációit. Ez azt jelenti, hogy minden egyes csapágyfurat-átmérőhöz több szélesség és külső átmérő tartozhat (5-1. táblázat). Ezért minden további nélkül megoldható, hogy egy golyóscsapágy helyett egy azonos méretű, de nagyobb teherbírású görgőscsapágyat építsünk be.

A gördülőcsapágyak jelölése egy fő- és egy kiegészítő jelölésből áll. A fő jelek az alapkivitelű, a kiegészítő jelek pedig a különleges kivitelezésű csapágyakra utalnak. A csapágyak főjelölési rendszerét az 5-1. táblázat szemlélteti.

5-1. táblázat. Gördülőcsapágyak fő jelei

Típus		Méretszorozat	Csapágyfurat	
			jel	d [mm]
0		10 00	1	1
		20	2	2
1		30	.	.
		40	9	9
2		02	00	10
		12	01	12
3 (T)		22	02	15
		32	03	17
4		03	04	(x5)=20
		13	/22	22
5		23	05	25
		33	06	30
6		04	/32	32
		14	07	35
7		24	08	40
		34	.	.
8		05	96	480
		15	/500	500
N	NU	25	.	.
		35	.	.
NJ	NUP	06	.	.
		16	.	.
QJ	NA	26	.	.
		36	.	.

### 5.1.2. A megfelelő csapágytípus kiválasztása

A csapágytípusok bemutatásánál azok fő jellemzői és alkalmazási területei is ismertetésre kerültek. A tervezési és üzemeltetési követelmények ismeretében a csapágy típusának kiválaszt-

tása elvégezhető az 5-2. táblázat szerint is. Meg kell jegyezni, hogy a csapágyak beszerzési ára nem szerepel a táblázatban, ami szintén egy nagyon fontos döntéshozatali szempont. Általában a legolcsóbb és legegyszerűbben beépíthető a mélyhornyú golyóscsapágy. Ezért első megközelítésben mindig ezzel próbálkozunk és csak akkor választunk más csapágytípust, ha az adott feladat nem oldható meg mélyhornyú golyóscsapággal.

5-2. táblázat. A gördülőcsapágyak típusának kiválasztása

Csapágytípus												
	Követelmény											
Radiális erőfelvétel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	X	X	○
Axiális erőfelvétel	●	●	●	○	X	●	○	●	X	●	●	●
Beállítás tengelyhibához	○	○	X	●	X	X	●	●	X	X	X	●
Csapágyhézag állítása	X	●	X	X	X	●	X	X	X	●	●	●
Szétszedhetőség	X	●	X	X	●	●	X	X	●	●	●	●
Fokozott pontosság	●	●	X	X	●	●	X	○	○	●	X	X
Nagy fordulatszámok	●	○	○	●	●	●	○	○	●	●	●	●
Nagy teherbírás	○	○	○	○	●	●	●	●	○	●	●	●
Alacsony zajszint	●	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X
Beszerelés kúpos hüvellyel	○	X	X	●	○	X	●	●	X	X	X	X

jel : ● Alkalmas    ○ Feltételesen alkalmas    X Nem alkalmas

### 5.1.3. Gördülőcsapágyak terhelhetősége, élettartama

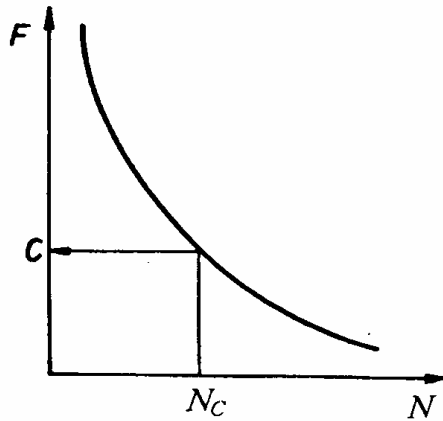
A gördülőcsapágyak kereskedelmi áruk, ezért tervezésnél a feladat a megfelelő csapágy kiválasztása a csapágygyártók katalógusából. A katalógusokban megtalálhatók a csapágyak következő jellemzői:

- csapágyjel
- C – dinamikus alapterhbírás
- C<sub>0</sub> – sztatikus alapterhbírás
- n<sub>max</sub> határfordulatszám
- csatlakozó méretek és súly

Dinamikus alapterhbírásnak (C) nevezzük azt a terhelést amellyel a csapágy terhelhető N<sub>c</sub>=10<sup>6</sup> körfordulat folyamán anélkül, hogy a vizsgált csapágyak több mint 10%-a meghibásodna.

Sztatikus teherbírásnak (C<sub>0</sub>) nevezzük azt a terhelést, amely hatására a legjobban terhelt gördülőtest és a csapágy-gyűrű érintkezési helyén az együttes maradó alakváltozás nem nagyobb mint a gördülőtest átmérőjének tízezred része. Főleg az álló helyzetben terhelt vagy lassan forgó (n<10 min<sup>-1</sup>) csapágyaknál ad tájékoztatást a csapágy terhelhetőségéről.

A csapágy névleges élettartamát (ISO 281 szerint) a megtett fordulatok számával (N) vagy üzemórákban (L<sub>n</sub>) lehet meghatározni. A Wöhler görbe alapján felírható a következő összefüggés (6. ábra):



6.ábra. Csapágyak élettartama

$$C^p \cdot N_c = F^p \cdot N$$

innen a névleges élettartam fordulatokban kifejezve:

$$N = L = N_c \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p = 10^6 \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p$$

ahol:

p=3 golyóscsapágyak esetén és  
p=10/3 görgős csapágyak esetén.

F a csapágyat terhelő erő

Az élettartam megadása körfordulatokban gyakorlati felhasználásra nem a legalkalmasabb ezért inkább az üzemórákban kifejezett élettartamot használjuk. A kettő között természetesen összefüggés létezik:

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n}$$

A csapágy névleges élettartama üzemórákban:

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

Csapágykiválasztásnál ismertek a csapágyat terhelő erő (F), a csapágy fordulatszáma (n) és a szükséges élettartam ( $L_h$ ). Ezek ismeretében meghatározható a csapágy szükséges dinamikus teherbírása (C):

$$C = \left(\frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}\right)^{\frac{1}{p}} \cdot F = f \cdot F, \quad \text{ahol: } f = \left(\frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}\right)^{\frac{1}{p}}$$

#### Az egyenértékű terhelés számítása

A csapágy teherbírása ( $C, C_o$ ) radiális csapágyaknál tiszta radiális-, míg axiális csapágyaknál tiszta axiális erőt jelent.

Üzemi feltételek között a csapágy térbeli erőhatásnak van kitéve amely radiális- ( $F_r$ ) és axiális ( $F_a$ ) erőösszetevőkre bontható. Ezek együttes hatását az egyenértékű erővel vesszük figyelembe és ezt hasonlítjuk össze a csapágy teherbírásával. Radiális csapágyak esetén amikor a külső gyűrű áll:

$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

illetve sztatikus terhelés esetében

$$F_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a$$

ahol:

X, Y - a radiális illetve axiális terheléstényező, értékeik a csapágykatalógusokban megtalálhatók.

Amikor a belső gyűrű áll és a külső forog, akkor a következő képlet használható:

$$F = 1,2 \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

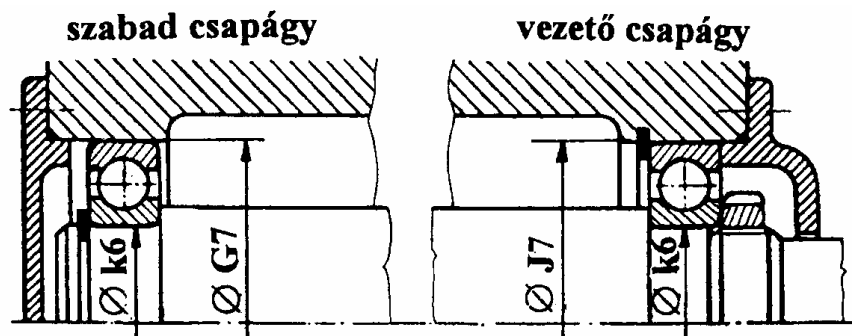


### 5.1.4. Tengelyek csapályazása, gördülőcsapályak beépítése

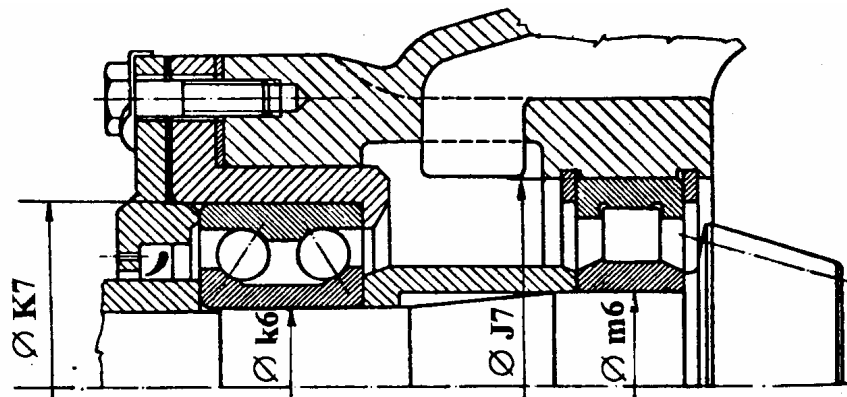
Minden tengelyt úgy kell ágyazni, hogy két radiális megtámasztása és a tengelyt mindkét irányú axiális elmozdulását megakadályozó axiális megtámasztása legyen. Ezt a követelményt két alapvető módon lehet kielégíteni:

- vezetőcsapályas ágyazással
- oldalról támasztott csapályazással (8. ábra)

Vezetőcsapályas ágyazásnál a tengely axiális helyzetét a „vezető csapály” határozza meg (7. ábra). A másik ún. szabad csapály külső gyűrűje tengely irányban nincs rögzítve és így lehetővé teszi a tengely üzem közbeni hőtágulásából, illetve gyártási és szerelési pontatlanságból adódó kis elmozdulások kiegyenlítését. A szabad csapály lehet hengergörgős csapály is, amelynek a külső gyűrűje is rögzítve van, mivel a gyűrűk egymáshoz képest a csapályban elmozdulhatnak (8. ábra).

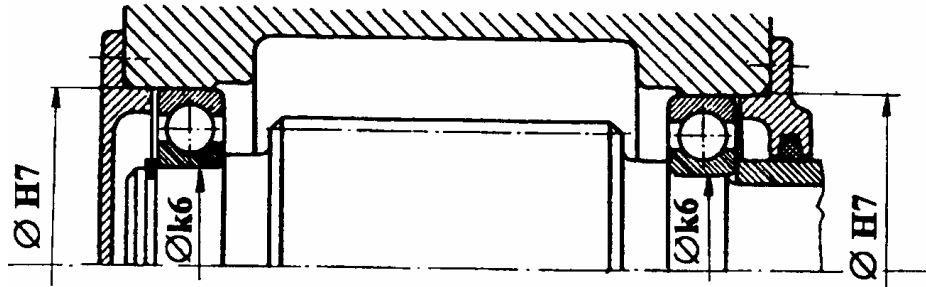


7. ábra. Vezetőcsapályas ágyazás

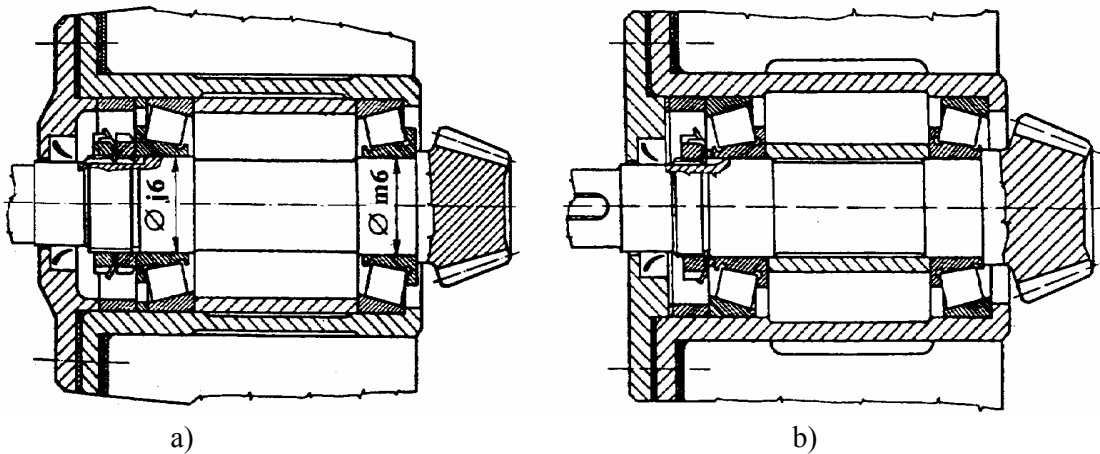


8. ábra. Hengergörgős szabad csapály.

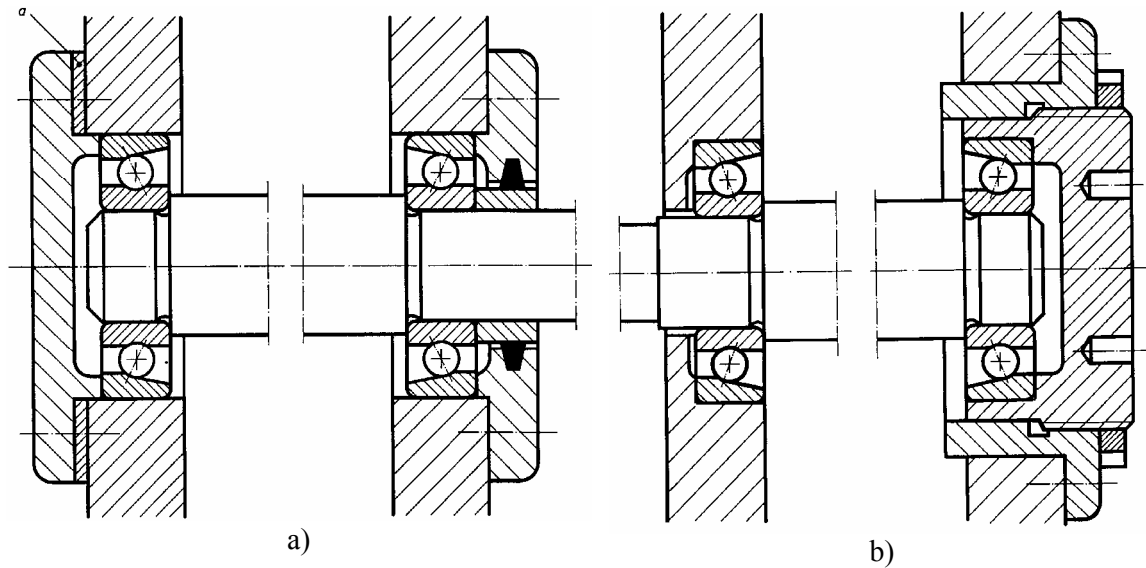
Oldalról támasztott csapályazásnál az axiális erők felvételét egyik irányból az egyik- a másik irányból a másik csapály végzi (9. ábra.). Akkor alkalmazható, ha a tengely rövid és nem várható számottevő hőtágulás. Beépítésnél biztosítani kell egy kis értékű axiális játékot. Oldalról támasztott csapályazást alkalmazunk akkor is, amikor biztosítani kell a csapályhézag beállítását. Ilyenkor párosával, egymással szembefordított ferde hatásvonalú golyócsapályakat vagy kúpörgős csapályakat alkalmazunk (10, 11. ábra).



9. ábra. Oldalról támasztott csapágyágyazás

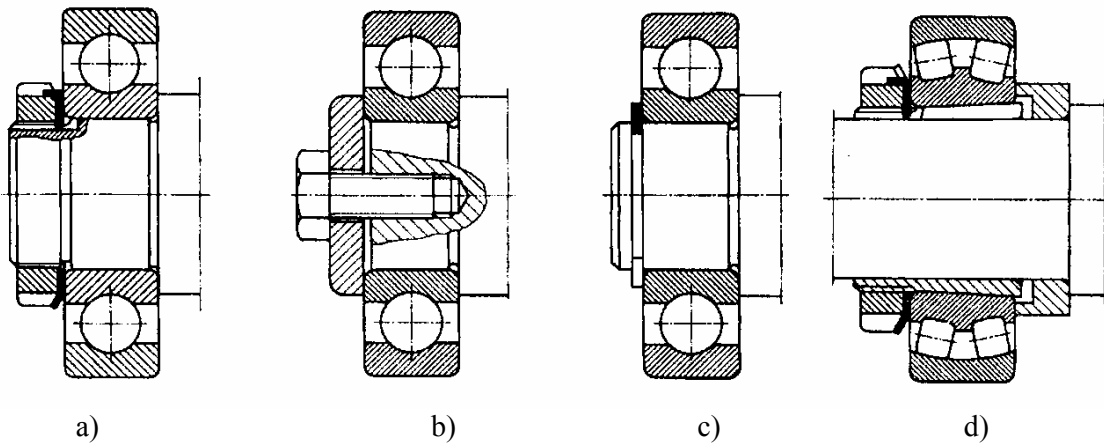


10. ábra. Csapágyhézag beállítása kúpörgős csapágyazásnál. a) „O” elrendezésű csapágyazás, hézag beállítása csapágy anyával; b) „X” elrendezésű csapágyazás, hézagbeállítás távtartóval.

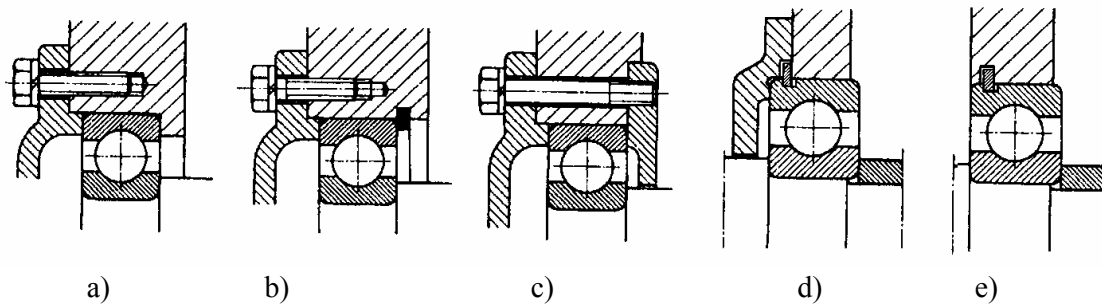


11. ábra. Csapágyhézag beállítása ferde hatásvonalú golyóscsapágyazásnál. a) hézag beállítás alátéttel; b) hézagbeállítás menetes persellyel

A belső gyűrű rögzítésének néhány szerkezeti megoldása látható a 12. ábrán. A 13. ábra pedig a külső gyűrű axiális irányú rögzítésének megoldásait szemlélteti.



12. ábra. A belső csapágygyűrű axiális irányú rögzítése: a) csapágyanyával és tengelyvállal, b) csavarral és tárcsás alátéttel, c) biztosító gyűrűvel és tengelyvállal, d) hasított kúpos hüvellyel és csapágyanyával.



13. ábra. A külső csapágygyűrű axiális irányú rögzítése a csapágyházban: a) csapágyfedéllel és vállal, b) csapágyfedéllel és belső biztosító gyűrűvel, c) két fedéllel, d) csapágy-gyűrűvel és fedéllel, e) csapágy-gyűrűvel osztott csapágyházban.

#### Gördülőcsapágyak illesztése

A csapágyak beépítésénél fontos a ház és a külső gyűrű, illetve a tengelycsap és a csapágyfurat illesztésének helyes megválasztása. A tengelycsap tőrésére a következő tőrések javasoltak (SKF szerint), ha a belső gyűrű forog:

- j6, k6 - alacsony és váltakozó terhelésnél
- j5, k5 - normálterhelésnél
- m5, m6, p6 - nagy terhelésnél

Amikor a belső gyűrű áll és a külső forog h6, g6 tőrés javasolt.

A csapágyház furattőrése:

- J6, H6 - pontos vezetésnél (pl. szerszámgépek)
- J7 - változó vagy nem meghatározott irányú erőhatás (pl. centrifugális szivattyúk)
- H7, G7 amikor a gyűrű könnyen elmozdítható kell, hogy legyen.