



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



Gyártástudomány és -technológia Tanszék

Szerszámgépek (BMEGEGTAG61)

Szerszámgépek építő elemei

Készítette: Dr. Németh István

2009. február

A segédlet nem tankönyv, csak az előadások vázát tartalmazza.

A korszerű szerszámgép jellemzői

- Gépészeti szempontból a CNC szerszámgép egyszerűbb, mint a hagyományos:
 - Egyedi hajtás \Rightarrow egyszerűbb kinematika
 - Tipizált funkciók \Rightarrow készen vett gépépítő egységek és néhány kritikus egyedi alkatrész.
 - Gépváz (teherviselő elemek), gépburkolat, elektromos berendezés, vezérlés.
- Tehát a szerszámgépgyártás alapvetően szerelő iparág.
- A CNC szerszámgépek tipikus példái a mechatronikai rendszereknek:
 - Mechanikai szerkezet
 - Digitális vezérlés (szabályzókörök)
 - Informatika (programozás)

Az egyedi hajtás a nagysebességű forgó mozgást létrehozó főorsónál azt jelenti, hogy az állandó sebességű aszinkron motor helyett erre a célra kifejlesztett nagyteljesítményű szervomotort használnak, ami közvetlenül (sokfokozatú fogaskerekes hajtómű közbeiktatása nélkül) hajtja a főorsót. A szánok mozgatása az aszinkron motorral hajtott központi mellékhajtóműről elágazó kinematikai láncok helyett egyedi szervóhajtás, ami jelenleg szervomotorból és golyós orsóból áll, de elterjedőben van az ún. lineáris motoros hajtás, ahol a kinematikai lánc teljesen eltűnik és az álló és mozgó rész között közvetlenül a motor mágneses ereje hat.

A gazdaságosság által megkívánt nagy sorozatnagyság csak akkor biztosítható, ha egy-egy tipikus feladatot ellátó gépegységet szakosodott cégek gyártanak. A korszerű szerszámgépeknél ilyen egységek az egyenes vezetékek, golyós orsók, főorsó-főmotor egységek, hossz- és elfordulásmérő elemek, hidraulikus és kenőberendezés, szervomotorok és erősáramú elektronikus egységek, golyós orsó és vezetékvédelem, forgóasztalok, revolverfejek.

A gépváz egyedi, mert ez a munkatér méretétől, az egyes szánok löketeitől függ. A gép burkolatát szakosodott cégek készítik bér munkában, az elektromos berendezést kereskedelmi elemekből szerelik össze, a vezérlés (CNC) rendszerszoftver része egyedi elemeket tartalmaz.

Szerszámgépek építő elemei

- Gépváz (ágyak, állványok, szánok, asztalok)
- Mozgató egységek
 - Lineáris mozgás
 - Forgó mozgás
- Főorsó + hajtómű
- Szerszámváltó mechanizmus
 - Szerszámcsereelő + szerszámtár
 - Revolverfej
- Paletta cserélő
- Segédberendezések
 - pl. munkadarab adagolás, forgács eltávolítás, hűtés-kenés, mérés...
- (CNC: vezérlés)

Az egyenes vonalú mozgást végző szánok építő elemei

- Egyenes vezeték (felveszi a mozgás irányában ható erőn kívül az összes ható erőt és nyomatékot)
 - csúszó vezeték
 - gördülővezeték
 - lebegő vezeték
- Mozgató kinematika (felveszi a mozgás irányában ható terhelő erőt)
 - fogaskerék-fogasléc
 - gördülő orsó
 - hidraulikus henger
 - lineáris motor
 - fogazott szíj
 - egyéb
- Kiegészítő elemek
 - mérés
 - végállás
 - hűtés-kenés
 - védelem (vezeték, mozgató egységet a forgácstól és hűtőfolyadéktól)

A forgácsoló szerszámgépek meghatározó részei az egyenes mozgást végző szánok. Az egymáshoz képest mozgó részeket egyenes vezetékek kapcsolják össze. Az egyenes vezeték olyan kényszerkapcsolat, ami csak egyetlen szabadságfokot - egy haladó mozgást - hagy meg. A vezeték felveszi a mozgás irányában ható erőn kívül az összes ható erőt és nyomatékot.

A mozgó egység helyzetét és sebességét a mozgató kinematika határozza meg. Felveszi a mozgás irányában ható terhelő erőt.

Az üzemképes szánmozgatáshoz a vezetéken és a mozgató kinematikán kívül hossz mérő elemre is szükség van, mert ez adja a helyszabályozó kör visszacsatolt ellenőrző jelét. Az egyenes vonalú mozgás szükségszerűen határolt, és a biztonság azt kívánja, hogy a véghelyzetet a mozgató körtől független érzékelő is jelentse. A vezeték egymáshoz kapcsolódó (gördülő vagy csúszó) részeit kenőanyaggal kell ellátni, és a szennyeződéstől (elsősorban a keletkezett forgácstól és a hűtőfolyadéktól) védeni kell.

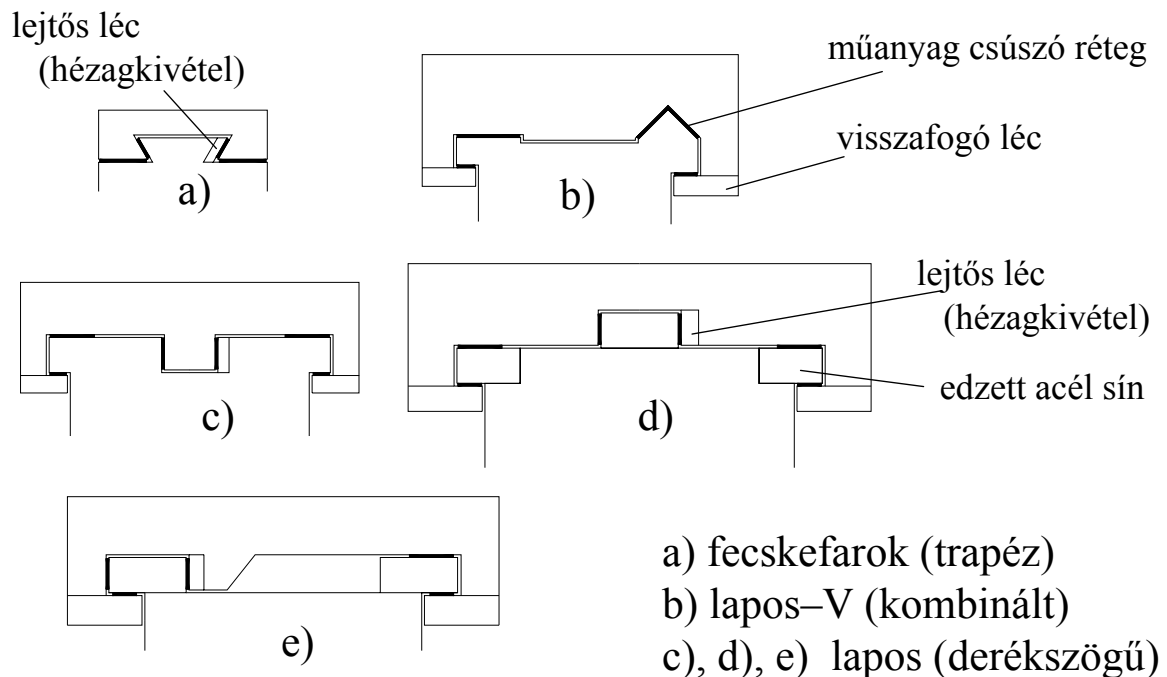
Csúszó vezeték

- Elvi működés (vegyes kenés, anyagpárosítás)
- Előnyök:
 - egyszerű, olcsó
 - jó csillapítás
 - dinamikus terheléseknek ellenáll
- Hátrányok
 - kis merevség
 - holtjáték
 - kopás
 - akadozó csúszás (stick-slip)
 - kenést igényel
- Fejlődési vonal: öntöttvas, edzett öntöttvas, edzett acél, betétanyagok, betét felviteli technológiák (pl. teflon)
- Beépítési környezet, automatikus kenés, vezetékvédelem

A csúszóvezeték történetileg régebbi, mint a gördülő vezeték, az előnyei (elsősorban a jó csillapítása) miatt a korszerű anyagpárosítással épített formáit ma is alkalmazzák. A hátrányok megfelelő méretezéssel és pontos gyártással jelentősen csökkenthetők. Az akadozó csúszás csökkentésére pedig különleges kenőolajokat fejlesztettek ki.

A csúszóvezeték is kényes a szennyeződésre, de ellenállóbb, mint a gördülővezeték, mert kisebb porrészek beágyazódhatnak a puhább (rövid) vezeték anyagába. A csúszóvezeték igényli a folyamatos olajkenést, tehát nem üzemeltethető hosszabb ideig egyszeri zsírkenéssel, mint a gördülő vezeték.

Jellegzetes csúszó lineáris vezeték keresztmetszetek



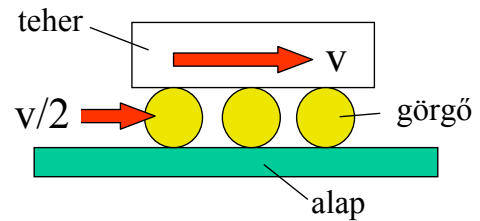
Az **a** típus a klasszikus „fecskefarok” (trapéz) vezeték. A régi szerszámgépeken egyeduralgó volt. Népszerűségét az indokolja, hogy három síkkal oldja meg a vezeték kialakítását, és egyetlen lejtős léccel (ékléccel) a vezeték hézagmentesítését. A lejtős lécc kis (néhány %) lejtésű betétlécc a rövidebb vezetékfélben, aminek a hosszirányú (vezetékiránnyal párhuzamos) állításával a vezeték hézaga pontosan állítható, illetve kopás esetén utánállítható.

A **b** típus esztergákon terjedt el, ahol a forgácsoló erő iránya lényegében függőleges és a fordított V vezetékprofilt összeszorítva biztosítja a pontos vezetést.

A **c - d - e** típusok az ún. laposvezetékek (prizmatikus vagy derékszögű vezetékek). Előnyük a pontos mérhetőség és megmunkálhatóság. A hosszabb vezetéket gyakran az ágyra felcsavarozott téglalap keresztmetszetű edzett acél sínek alkotják. A vezeték szerelés közbeni beállítását könnyíti, hogy a megvezetés vízszintes és függőleges irányát egymástól független síkok határozzák meg. A hézag beállítása irányonként külön lejtős léceket igényel.

Gördülő vezeték

- Elvi működés (egyiptomi)
- Előnyök:
 - hézagmentes, merev (előfeszített), pontos, kis kopású és kis ellenállású
- Hátrányok:
 - kis csillapítás; rezgések, zajok (mozgó gördülő elemek)
- Fejlődési vonal: visszavezetés nélküli, golyós visszavezetett, görgős visszavezetett, sínre integrált
- Különleges kivitelek: többsoros golyós, keresztvezeték, többfunkciós vezetékek (mérés, fogasléc)
- Kialakult méretlépcsőzés, méretezési elv

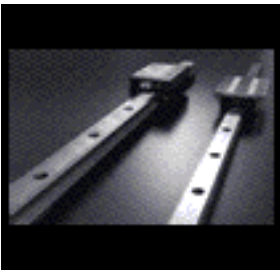
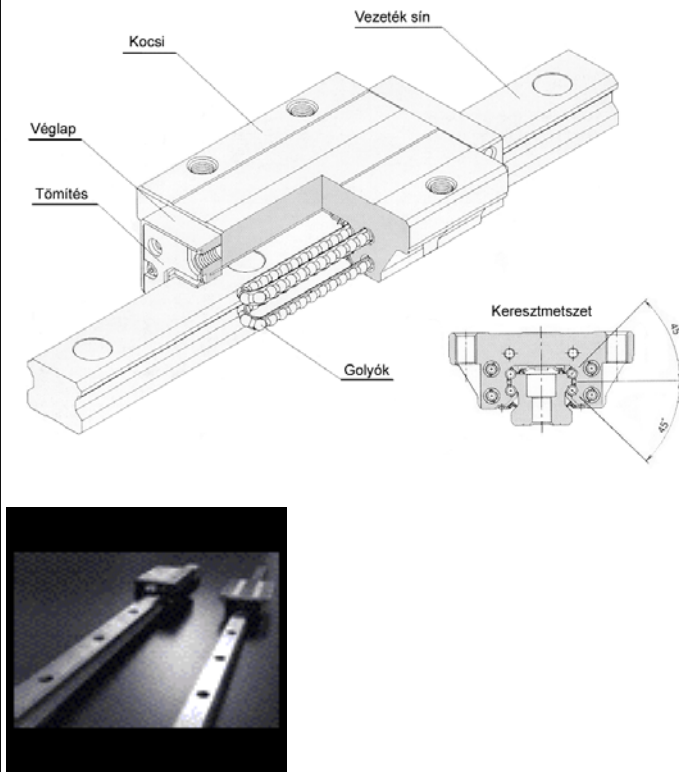


A szerszámgépeken alkalmazott gördülő vezetékek elve nem az általánosan elterjedt tengelyben csapágyazott kerékkel rokon, hanem a már az egyiptomiak által is használt hengeres görgőkkel, ami a sík pálya és a mozgatott test sík felülete között gördül, és a teher sebességének felével halad. A görgő tehát lemarad a mozgatott testhez képest. Rövid mozgások esetén kellő hosszúságú pályákkal megakadályozható, hogy a görgő kimozdjon a kapcsolódó felületek közül. Hosszabb mozgásutaknál a lemaradt görgőket folyamatosan kell a teher első vonalába juttatni.

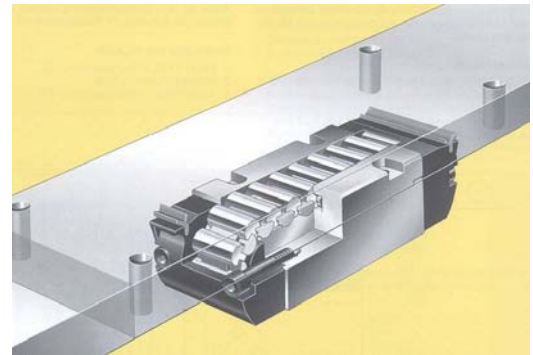
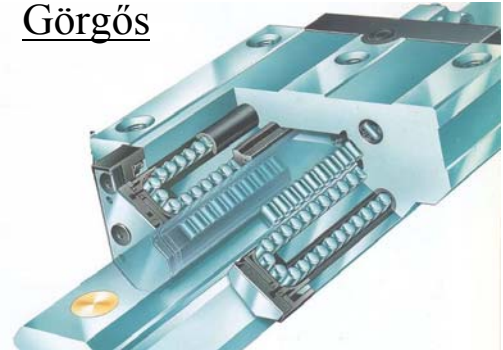
A sok különböző gyártó cég ellenére a vezetékek fő geometriai méretei szabványosak, méretsorba rendezettek.

Gördülő vezeték típusok

Golyós



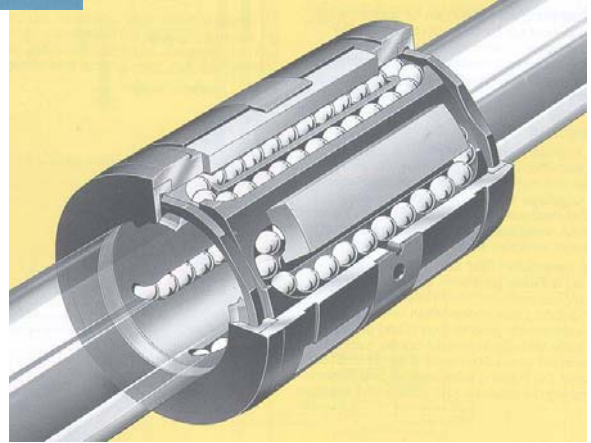
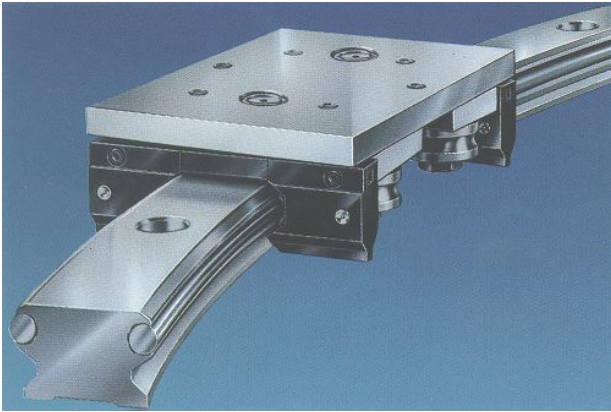
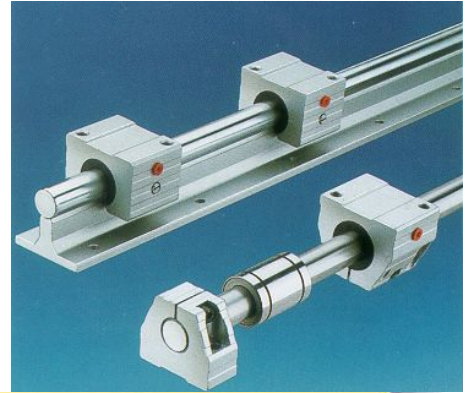
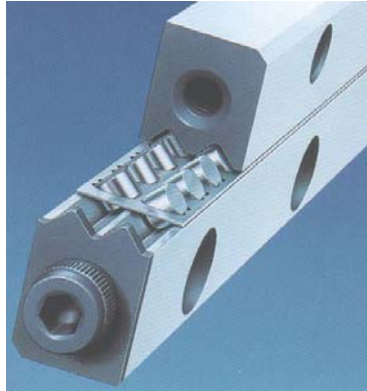
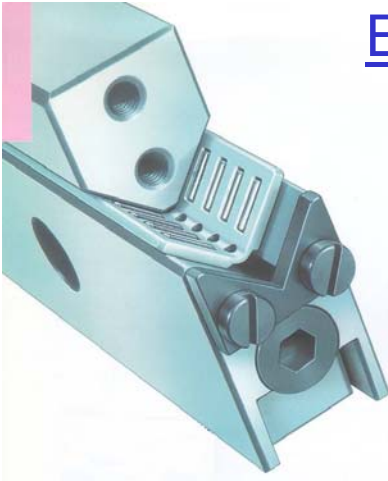
Görgős



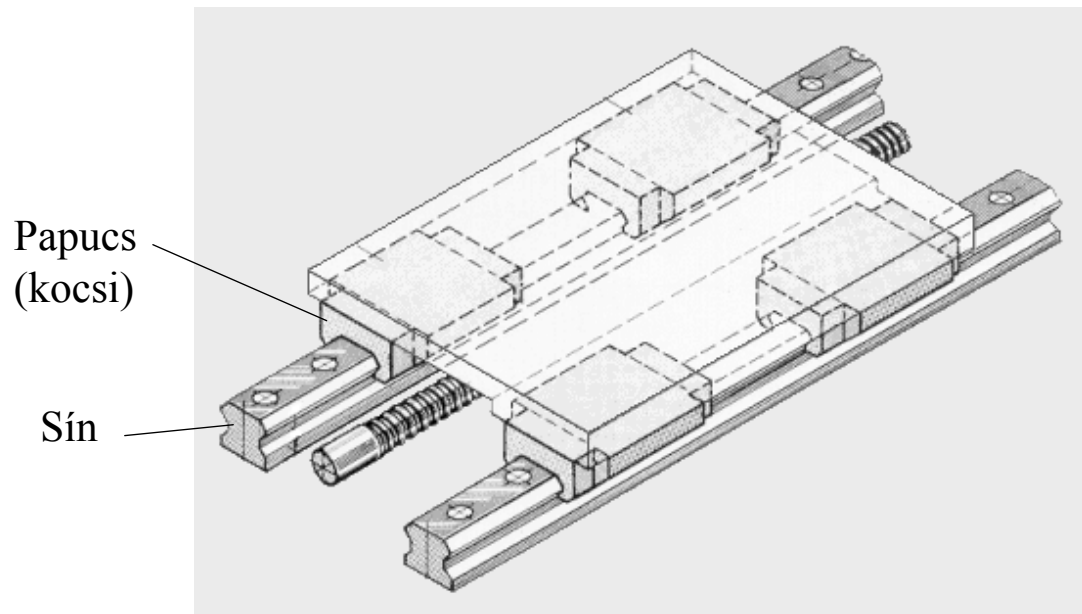
A korszerű gördülő vezetékek profilos hosszú sínre szerelt rövid kocsiból (vagy papucsból) állnak, ahol a kocsi több - általában oldalanként kettő - visszavezetett gördülőtest sor van. A kocsi ezért a vezeték irányú erőn kívül minden más erőt és nyomatékot fel tud venni, tehát teljes értékű egyenes vezeték.

A golyós vezetékek kevésbé érzékenyek a beépítési pontatlanságokkal szemben (nem léphet fel élfelfekvés), de a geometriából következő nagyobb Hertz feszültségek miatt kisebb teherbírásiúak, mint a hengergörgős vezetékek.

Egyéb gördülő vezeték típusok

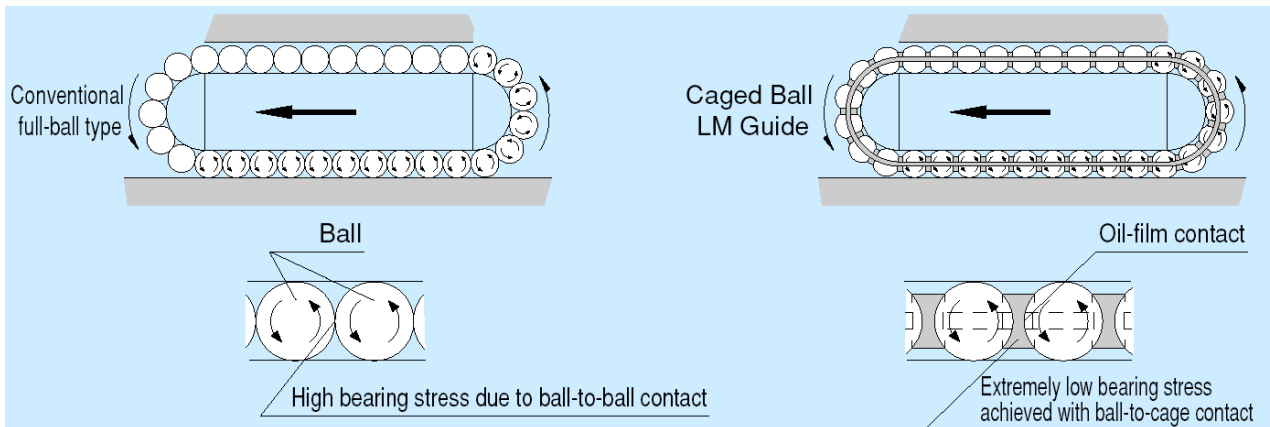


Jellegzetes gördülő vezeték kialakítás



A szokásos gördülővezeték a kerek járművek többségéhez hasonlóan a mozgó egység négy sarkához erősített négy gördülő elemből és két párhuzamos sínből áll. A gyakran alkalmazott golyós orsót a sínek között helyezik el, mert a terhelő erő hatásvonalára is a közép környékén szokott lenni.

Görgőkosaras gördülő vezeték (1)



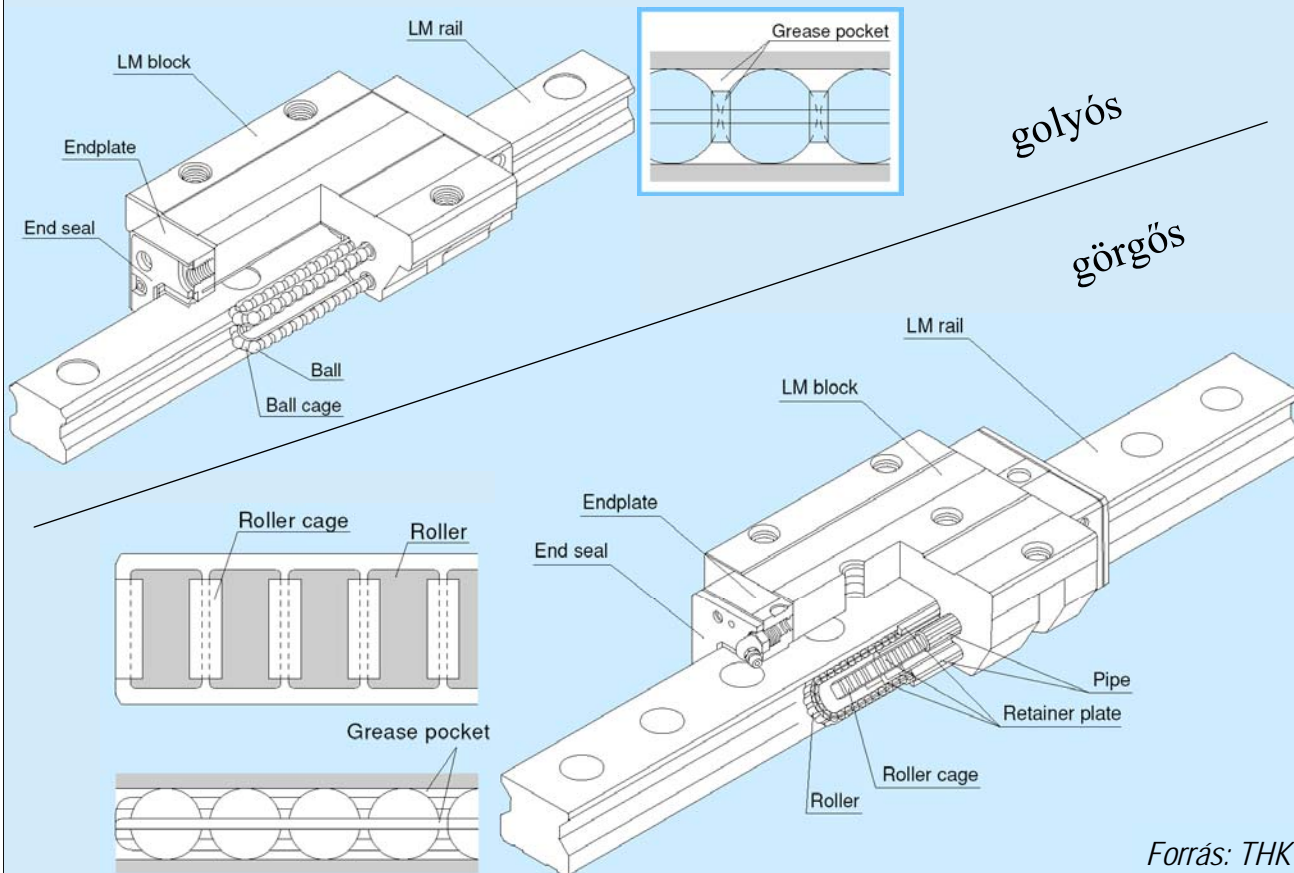
hagyományos kivitel

görgőkosaras kivitel

Forrás: THK

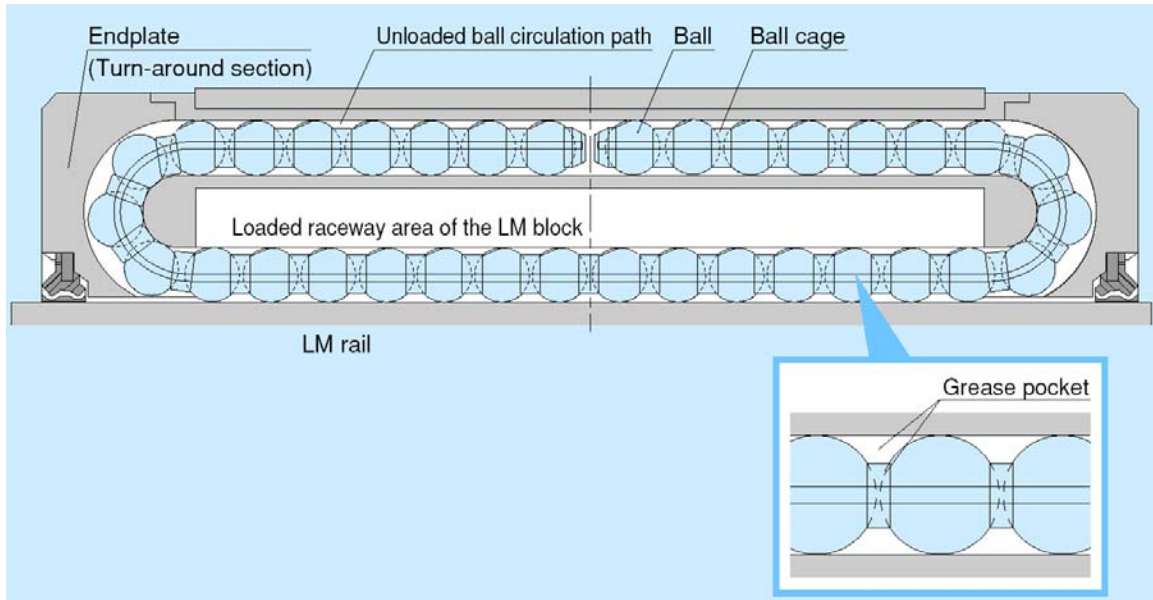
Göngökosaras gördülő vezeték (2)

12



Forrás: THK

Görgőkosaras gördülő vezeték (3)



Kenőzsír zseb (grease pocket)

Forrás: THK

Görgőkosaras gördülő vezeték (4)

Előnyök:

- Egyenlő távolságok a gördülő elemek között =>
 - Állandó térfogatú kenőzsír zseb => Állandó olajfilm a gördülő elemek felületén
 - Kenőanyag visszatartó hatás => Kisebb karbantartást igényel
 - Egyenletesebb, finomabb gördülő elem mozgás
- Nincs súrlódás a gördülő elemek között
 - Kisebb kopás
 - Kevesebb hő fejlődik => Nagyobb sebességekre alkalmazható
- Nincs ütközés a gördülő elemek között => Kisebb zaj

=> HOSSZABB ÉLETTARTAM

(megjegyzés: ezek a szempontok érvényesek a golyókosaras golyós orsóra is – lásd később)

Gördülő vezetékek méretezése élettartamra

▪ Golyós vezeték

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C \cdot C}{f_w \cdot P_C} \right)^3 \cdot 50$$

L : névleges élettartam [km]

C : dinamikus alapterhelés [N]

P_C : számított terhelés

f_H : keménységi tényező

f_T : hőmérsékleti tényező

f_C : érintkezési tényező

f_w : terhelési tényező

▪ Görgős vezeték

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C \cdot C}{f_w \cdot P_C} \right)^{\frac{10}{3}} \cdot 100$$

DIN 636

A méretezés, beépítési elvek és üzemeltetés hasonlít a gördülő csapágyakhoz, ami a hasonló működésmód miatt természetes is.

A gördülő vezetékben lévő golyók és gördülópályák külső terhelés következtében ismétlődő feszültségnek vannak kitéve. Ezen feszültség hatására egy bizonyos idő után a gördülópályák kifáradnak, esetenként kitöredeznek és felületük lepattogzik. A gördülő vezeték élettartamának az első lepattogzás idejéig a gördülő papucskok által megtett utat szokás tekinteni. A **névleges élettartam** az a km-ben kifejezett élettartam, amit statisztikailag a gördülő vezetékek 90%-a lepattogzás nélkül elér.

A gördülő vezeték katalógusokban a **dinamikus alapterhelés (C)** azt a terhelést jelöli, ami mellett a gördülő papucskok 90%-a golyó gördülő elemnél 50 km, míg görgőknél 100 km utat képes megtenni tönkremenetel nélkül. (Emlékeztetésül: a gördülőcsapágyaknál a C teher mellett a csapágy 1 000 000 fordulatot bír ki). Ha a P_c -vel jelölt valóságos terhelés kisebb (nagyobb), mint C, akkor a golyós vezeték a C/P_c arány köbével arányosan nagyobb (kisebb) utat képes megtenni. A görgős vezetéknél az arányossági tényező a C/P_c hányados 10/3 hatványa.

A golyós gördülő vezetékek dinamikus alapterhelését a DIN 636 szabvány definiálja.

Gördülő vezetékek méretezése statikus terhelésre

$$\frac{C_0}{P_0} \geq f_s$$

C_0 : statikus alapterhelési tényező [N]

P_0 : statikus terhelés [N]

f_s : statikus biztonsági tényező

($f_s = 1,0 - 3,0$ nincs rezgés/ütődés)

($f_s = 1,0 - 5,0$ van rezgés/ütődés)

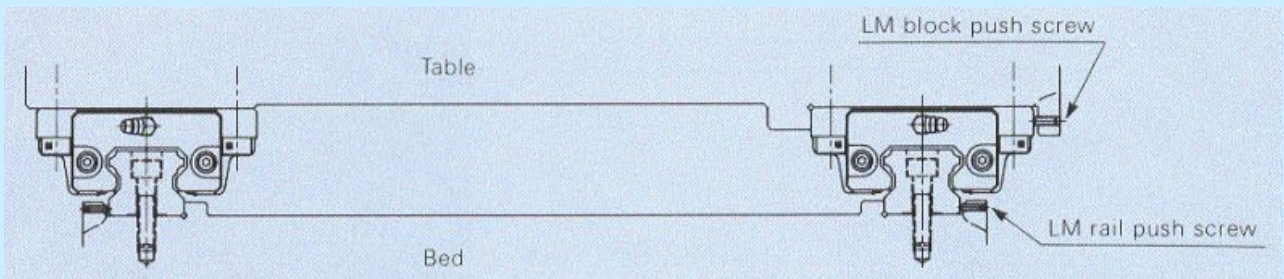
Ha a lineáris vezeték nagy statikus terheléseknek van kitéve, nagy mértékű maradó helyi deformációk léphetnek fel a gördülő pályákban és a gördülő elemekben. Ez a maradó deformáció egy bizonyos mértéket nem lephet túl.

A statikus alapterhelési tényező (C_0) az a változatlan irányú és nagyságú statikus erő, ami a gördülő elemek átmérőjének 0,0001-szeresével megegyező nagyságú állandósult deformációt okoz a gördülő elemekben és a gördülő pályákban összesen (tehát például 10 mm-es golyónál a kritikus érték $10 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 10^{-4} = 1 \text{ } \mu\text{m}$). A működtetési körülményektől függően statikus biztonsági tényező használata megfontolandó.

Gördülő vezetékek előfeszítése

- Alapvető célja:
 - holtjáték megszüntetése
 - merevség növelése
- Annak mértéke, hogy a kocsi milyen szorosan van a sínre szerelve (feszítve)
- Kompromisszum:
merevség ↔ mozgáshoz szükséges energia
 - Minél nagyobb az előfeszítés annál pontosabb a pozicionálás, annál nagyobb energia szükséges a mozgáshoz

Gördülő vezeték beépítése (1)



Mellék vezeték

Fő vezeték

Forrás: THK

Oldal irányú biztosítás főleg nagy dinamikus igénybevételnél szükséges.

Gördülő vezeték beépítése (2)

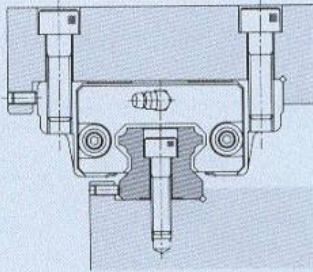


Fig. 9 Fixing with push screws

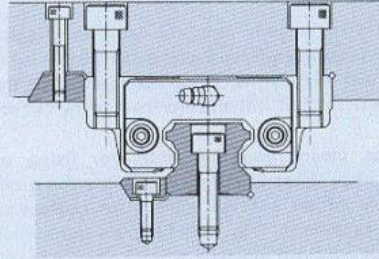


Fig. 10 Fixing with taper gibs

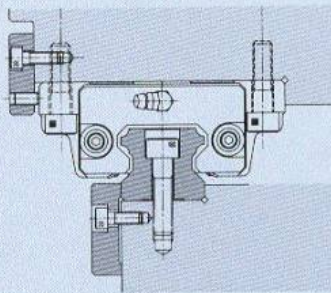


Fig. 11 Fixing with a push plate

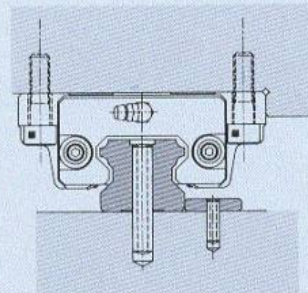
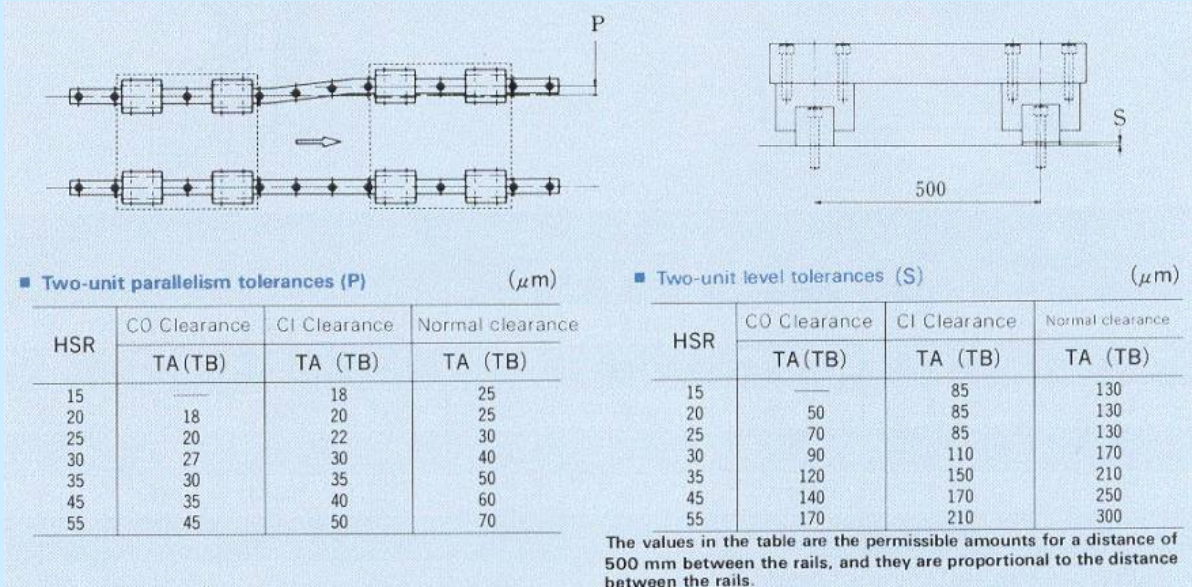


Fig. 12 Fixing with dowel pins

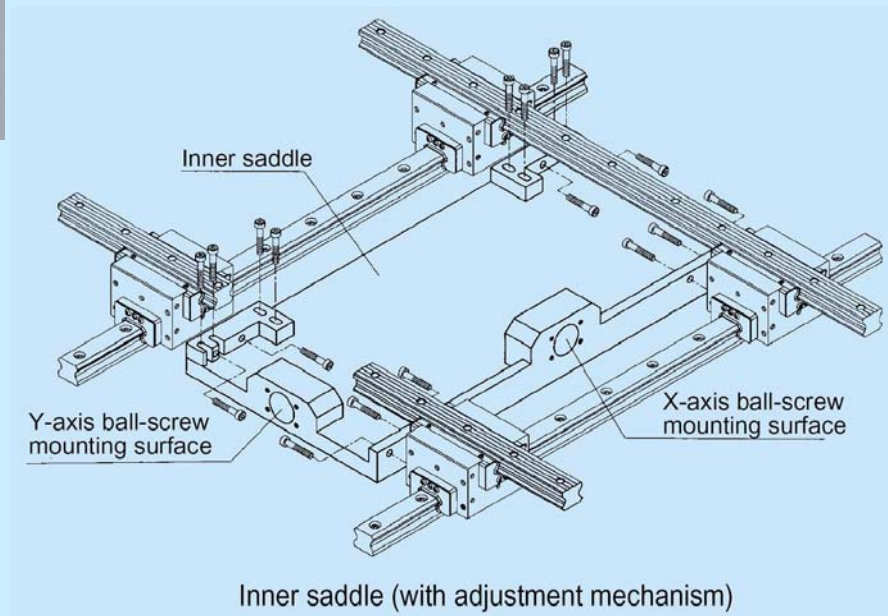
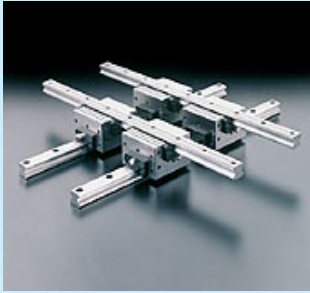
Forrás: THK

Gördülő vezeték beépítési tűrései



Forrás: THK

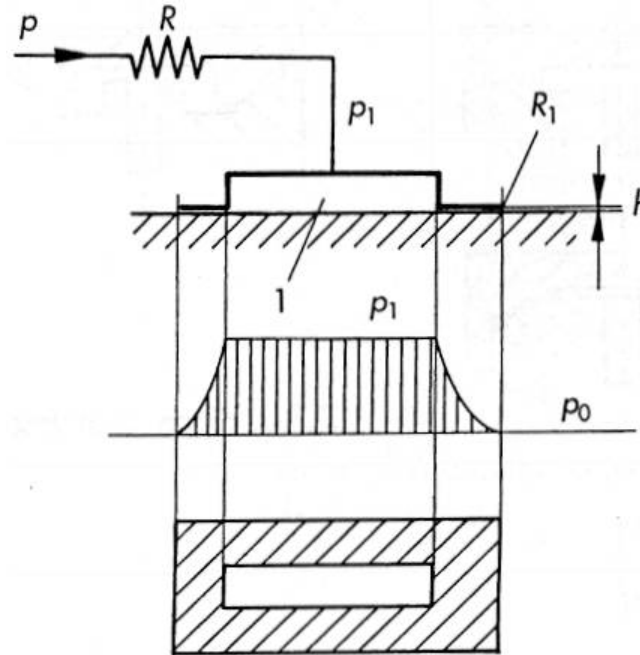
Érdekesség: keresztzán



Forrás: THK

Lebegő vezeték elve

- A hidrosztatikus/aerosztatikus vezeték elve: a vezeték hézagot kb. állandó értéken tartó önszabályozó jelleg

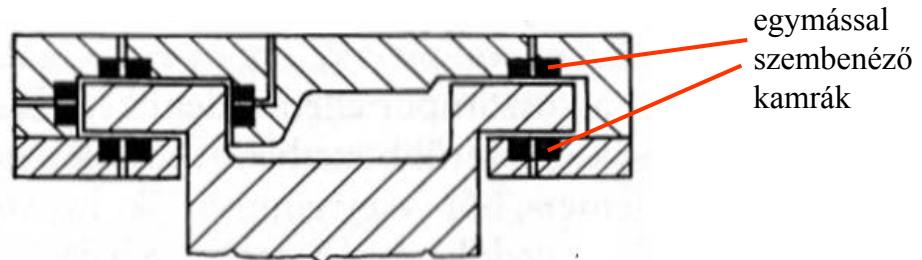


A hidrosztatikus vezeték közel állandó nagyságú nyomás (p_1) alatt lévő olajpárnát létesít a vezeték (A nagyságú) körülhatárolt felületén. A p tápnyomással betáplált folyadék nagy állandó előtét fojtáson (R) áthaladva éri el a zsebet. A zseb határoló vonala mentén kialakított résen (h) (a rés R_1 kifolyási fojtással rendelkezik) át a folyadék a szabadba (légköri nyomású térbe, p_0) távozik. A szemlélet által is belátható módon a zsebben uralkodó nyomás a tápnyomástól és a két fojtás értékétől függ. A tápnyomást és az előtét fojtást állandó értéken tartva a zseb nyomása csak a kifolyási fojtástól függ, mégpedig olyan módon, hogy a fojtás növekedésével - a kifolyási rés (h) csökkenésével, tehát a két vezetékfelület közeledésével - a zseb nyomása növekszik, ellenkező esetben csökken.

A zseb olajpárnája adott ($p_1 \cdot A$) nagyságú összenyomó (terhelő) erővel tart egyensúlyt. A növekvő terhelő erő csökkenti a vezeték hézagot (h), ami viszont az előbbiek értelmében növeli a zseb nyomását, tehát az egyensúly ismét helyreáll, csak kisebb hézag mellett. Megfelelő méretezéssel kellően merev (erő változás / hézag változás) vezeték alakítható ki.

Modern lebegő vezetéknél a p tápnyomás nagyságát szabályozzák (nagyobb terhelő erő esetén a szabályzó növeli a tápnyomást), így elvileg végtelen merevségű vezeték alakítható ki.

Levegő vezeték kialakítása



- Előnyök: kopás és stick-slip mentes, kis vontatási ellenállású, a mozgásirányra merőlegesen jó csillapítás
- Hátrányok: (korlátozott merevségű), drága, igényes kivitelű, drága üzemű, nem azonnal üzemkész
- Üzemeltetés: nagytisztaságú olaj vagy levegő, állandó fogyasztás

Kialakítás

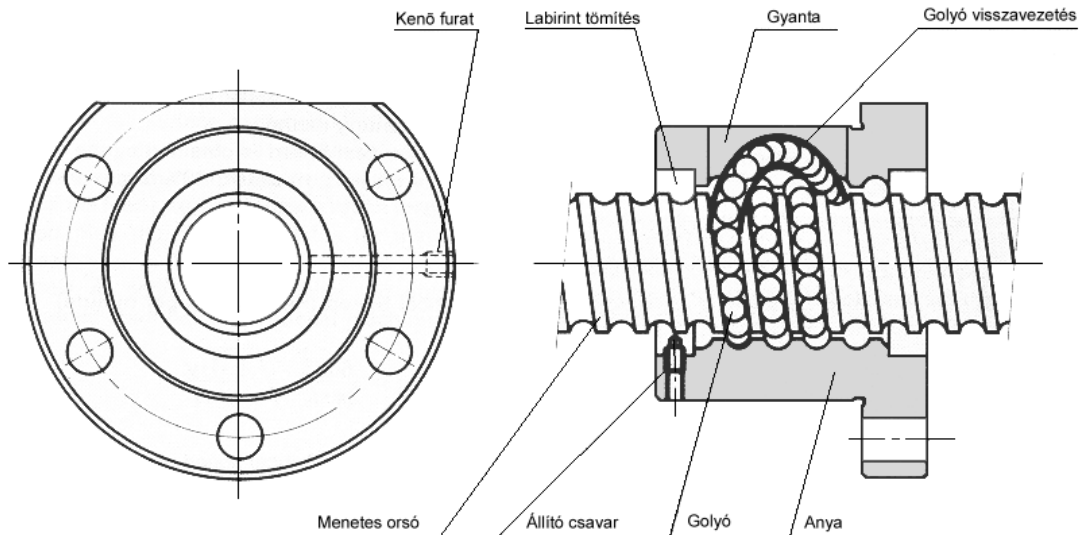
A támasztó zseb előtti fojtás általában kis keresztmetszetű, ú.n. kapilláris cső.

Nagyobb terhelésekhez kettős (egymással szembenező) kamrákat alakítanak ki. A két szembenező kamrát egyenlő folyadékmennyiséggel táplálják. A terhelés hatására a résméretetek ellentétesen változnak: a terhelt oldalon csökken, a másikon nő. Ahol a rés kisebb lett, ott a kamra nyomása nő (arányosan a terhelés növekedésével), a másik oldalon pedig a rés nő és a kamra nyomása csökken.

Gördülő orsók

- Golyós orsó
- Görgős orsó

Golyós orsó



Gyártás:

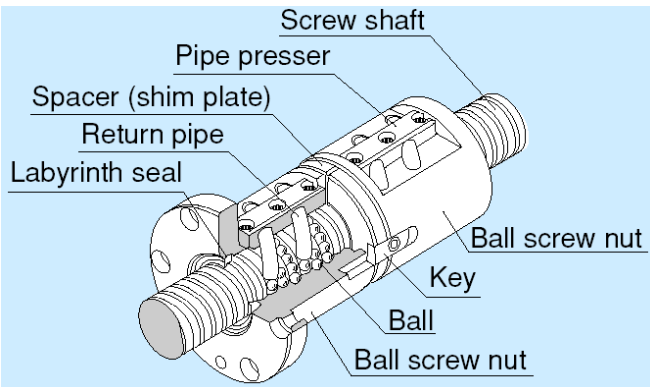
- köszörülés
- görgőzés (hidegalakítás)

Golyó visszavezetés

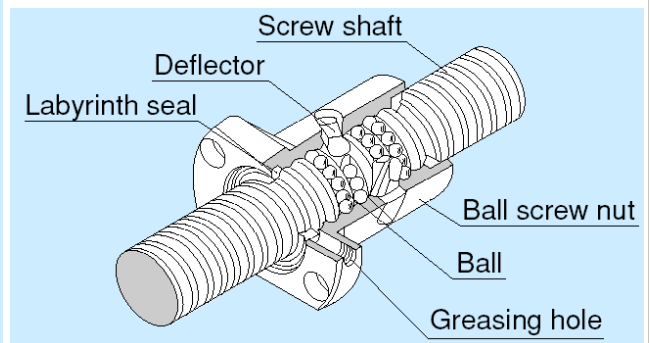
Az orsók gyártására a **köszörülés** mellett a hidegalakítást (**görgőzést**) is sikerrel alkalmazzák kisebb pontosságú olcsó termékeknel.

A golyós orsó hatásfoka függ a menetemelkedés szögétől (ugyanúgy, ahogy a hagyományos orsóknál is). A nagy menetemelkedés nem csak jó hatásfokú, hanem a mozgatott szán sebessége és általában gyorsulása is nagyobb (lásd később), viszont kisebb menetemelkedéssel finomabb, pontosabb mozgatós érhető el.

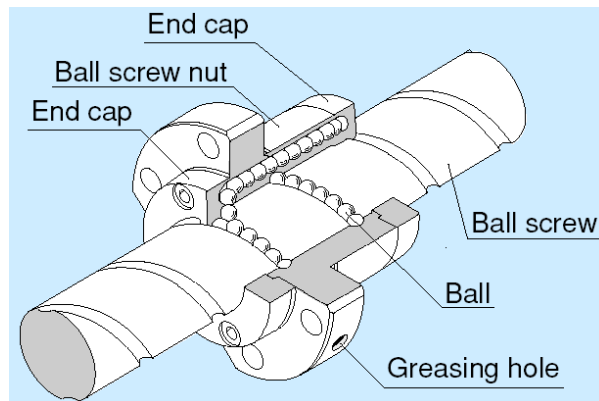
Golyó visszavezetés típusai



visszavezető csatorna



golyó terelő



teljes visszavezetés
(végsapkás)

Forrás: THK

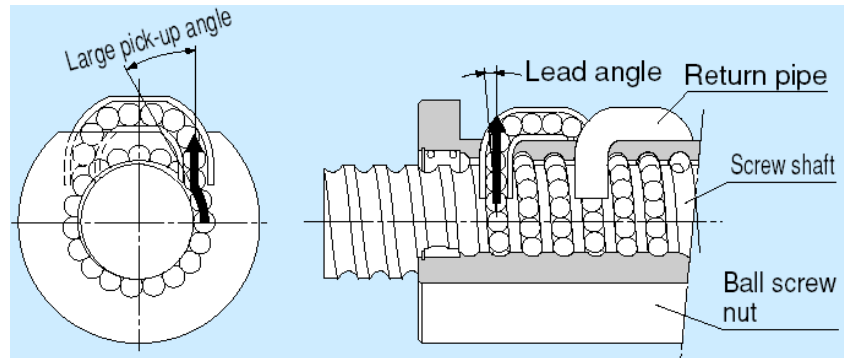
Visszavezető csatorna: több menetet fog át.

Golyó terelő: egy-egy menetet fog át.

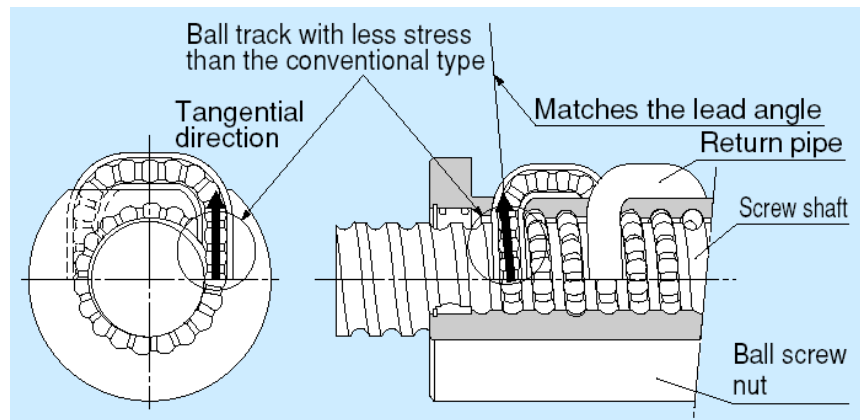
Teljes visszavezetés: nagy menetemelkedésnél.

Golyókosaras golyós orsó

Golyókosár nélküli
hagyományos
kivitel



Golyókosaras
kivitel
(THK SBN modell)

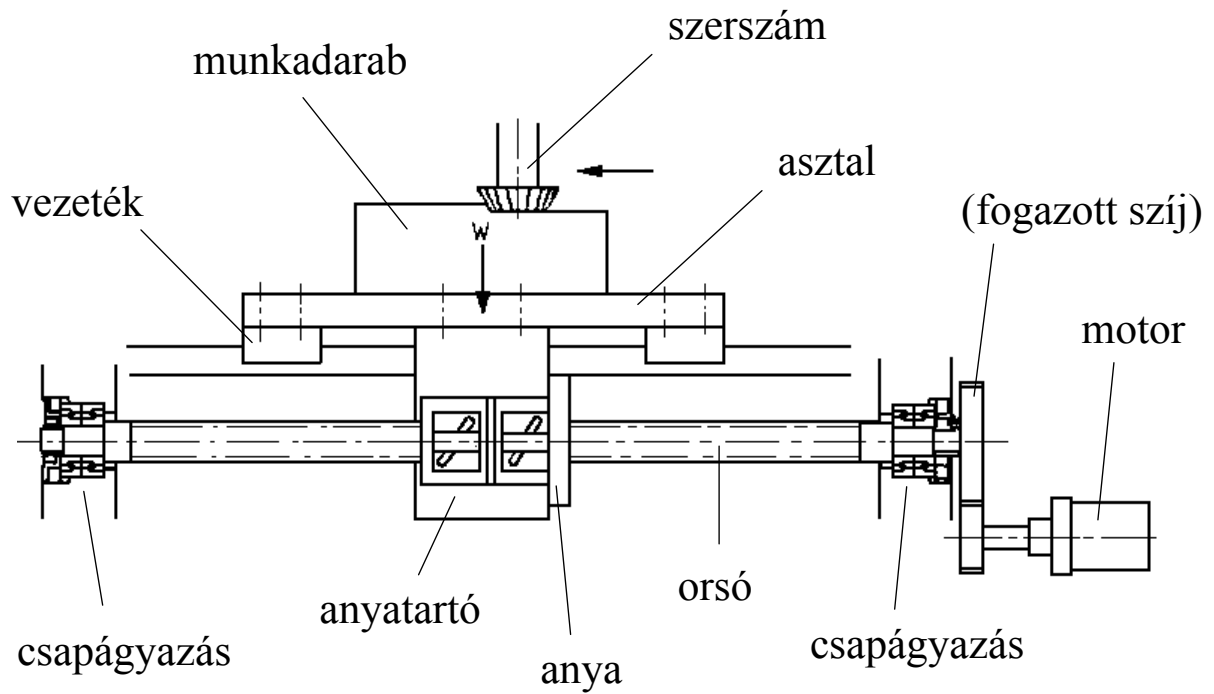


Megjegyzés: a gördülő vezetékeknél a görgőkosárról elhangzottak érvényesek a golyókosaras golyós orsókra is

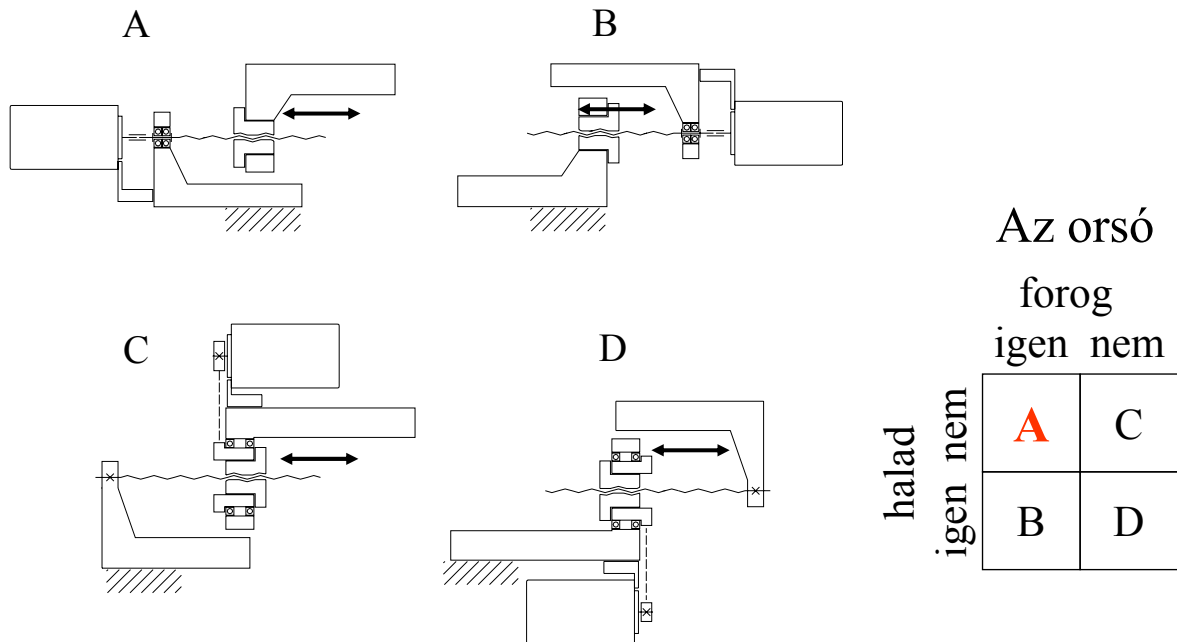
Forrás: THK

A golyókosaras kivitelű golyós orsót főleg nagy sebességű mozgásokhoz alkalmazzák.

Golyós orsós mozgató



Golyós orsó beépítési változatok



Ha az orsó - anya kapcsolatot mozgásra használjuk, akkor csak az egyiket forgatjuk.

Az orsót közvetlenül is lehet a vele egytengelyűen elhelyezett motorral forgatni, az anyát azonban általában csak fogazott szíjjal, vagy fogaskerékkel lehet meghajtani, bár létezik olyan megoldás is, ahol az anya az integrált motor forgó része.

Az **A** elrendezés a szokásos, és ilyenkor az ábrán nem szereplő egyenes vezeték hosszú része (a sín) általában az álló részen van.

A **B** elrendezés olyan esetben használható, amikor a sítet valamilyen ok miatt a mozgó részre kell tenni.

A **C** és **D** elrendezés akkor előnyös, ha az orsó nagy méretei miatt az orsó tehetetlenségi nyomatéka sokkal nagyobb az anyáénál.

Golyós orsós mozgatás egységei

- Szervomotor: nyomaték-fordulatszám görbe (határvonalak, optimális munkapont)
- Fogazott szíj: kopásra méretezés táblázatos adatok alapján (tipizált méret, hossz és szélesség)
- Csapágy: csak különleges típus (ferde hatásvonalú) használható
- Csapágy és anyatartó bakok
 - állítási lehetőség (osztási sík párhuzamos, vagy merőleges a golyós orsó tengelyére)
 - merevség (csavar + kúpos szeg, kis karok, merev test)

A szervomotoroknál az elsődleges követelmény a nyomaték és fordulatszám igény kielégítése, a teljesítmény igény ritkán jelenik meg. A jól választott motor munkapontja a nyomaték-fordulatszám görbe maximális teljesítményt jelentő határvonala közelében van (a motort mind nyomaték, mind fordulatszám tekintetében kihasználjuk).

A csapágy és anyatartó bakok állításának segítségével lehet szereléskor biztosítani a golyós orsó és a golyósanya egytengelyűségét. A lehető legmerevebb kialakítás elérésére különleges figyelmet kell fordítani.

Néhány ökölszabály a tervezéshez:

–Ne követeljünk egyszerre nagy méret- és helyzet pontosságot (vagy az egyiket, vagy a másikat).

–A kapcsolódó alkatrészek között a legegyszerűbben megvalósítható beállítások a csatlakozó síkban végzett elmozdulás és a síkra merőleges tengely körüli elfordulás. (A beállítást az összefogó csavarok szára és a csavarfuratok közötti viszonylag nagy hézag teszi lehetővé, de egyben korlátozza is!)

–A csatlakozó síkban lévő tengely körüli elfordítás (az úgynevezett bedöntés) szerelés közbeni kézi forgácsoló műveletet (hántolást) igényel, ami kerülendő.

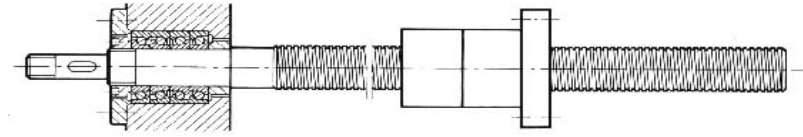
–A csatlakozó síkra merőleges irányú beállítást csak utánmunkálással, vagy távtartó alátétekkel lehet megvalósítani, ami a leglassúbb és legköltségesebb módszer. **Kerülendő!**

–A rögzítő csavarok átmérője a lehető legnagyobb, hossza a lehető legrövidebb legyen, és a lehető legközelebb legyenek a golyós orsó tengelyvonalához

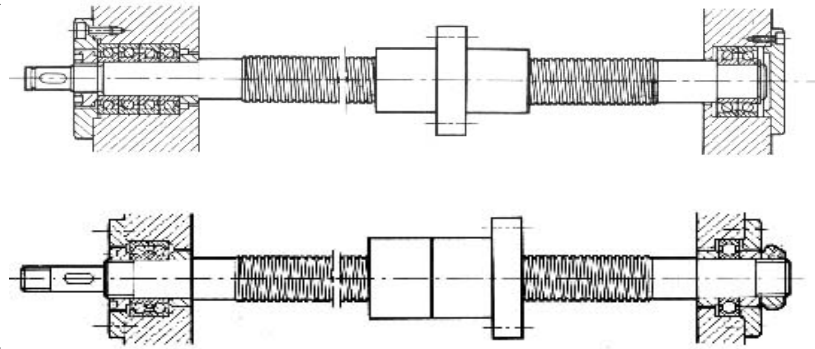
–A rögzítő csavarok mellett a beállított helyzet biztosítására két nagyméretű kúposszegre van szükség.

Golyós orsó csapágyazási módjai

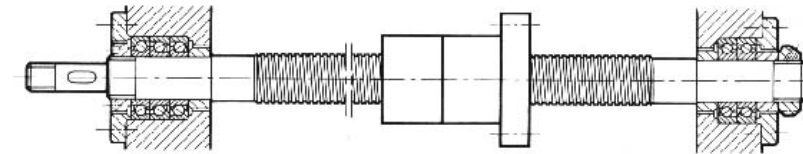
csak főcsapágy



fix főcsapágy +
támasztó
mellécsapágy



fix főcsapágy +
fix mellécsapágy =
előfeszített orsó



Az előfeszített orsó jobban terhelhető (lásd kritikus fordulatszám ill. axiális terhelés).

Golyós orsó méretezése

- Tipizált méretsorok
 - Méretezés
 - Élettartam (dinamikus terhelés)
 - Max. fordulatszám
 - Max. axiális terhelés (kihajlás; statikus terhelés)
 - Korlátok:
 - Gyorsulás ($< 2 g$ *)
 - Sebesség ($< 3 \text{ m/s}$ *)
 - Lökethossz ($< 3000 \text{ mm}$; e felett fogaskerék-fogasléc hajtás hézagtalanítással)
- * 20 m/s^2 ill. 3 m/s értékek nagy menetemelkedésű (pl. 60 mm) speciális (pl. golyókosaras kivitelű) golyós orsókkal valósíthatók csak meg

Golyós orsó választásánál lehetőleg nagy menetemelkedést válasszunk.

Golyós orsó méretezése élettartamra

$$L = \left(\frac{C_a}{f_w \cdot F_a} \right)^3 \cdot 10^6$$

C_a : dinamikus alapterhelési tényező [N]

L : névleges élettartam [ford.]

F_a : axiális terhelés [N]

f_w : terhelési tényező

($f_w = 1,0 - 3,5$)

ISO 3408-5 és DIN 69051

A golyós orsókban lévő golyók és menetfelületek (golyópályák) külső terhelés következtében ismétlődő feszültségnek vannak kitéve. Amikor ez a feszültség egy bizonyos pontot elér, a golyópályák kifáradnak és esetenként kitöredeznek és felületük lepattogzik. A golyósorsó élettartamának az első lepattogzás idejéig megtett fordulatok számát szokás tekinteni. A **névleges élettartam (L)** az a fordulatokban kifejezett élettartam, amit statisztikailag a golyós orsók 90%-a lepattogzás nélkül elér.

A **dinamikus alapterhelési tényező (C_a)** az a változatlan irányú és amplitúdójú terhelés, ami alatt a golyós orsók névleges élettartama 1 millió (10^6) fordulat. A C_a meghatározására szabványos eljárást dolgoztak ki (ISO 3408-5 és DIN 69051; 1989).

Golyós orsó méretezése élettartamra (2)

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

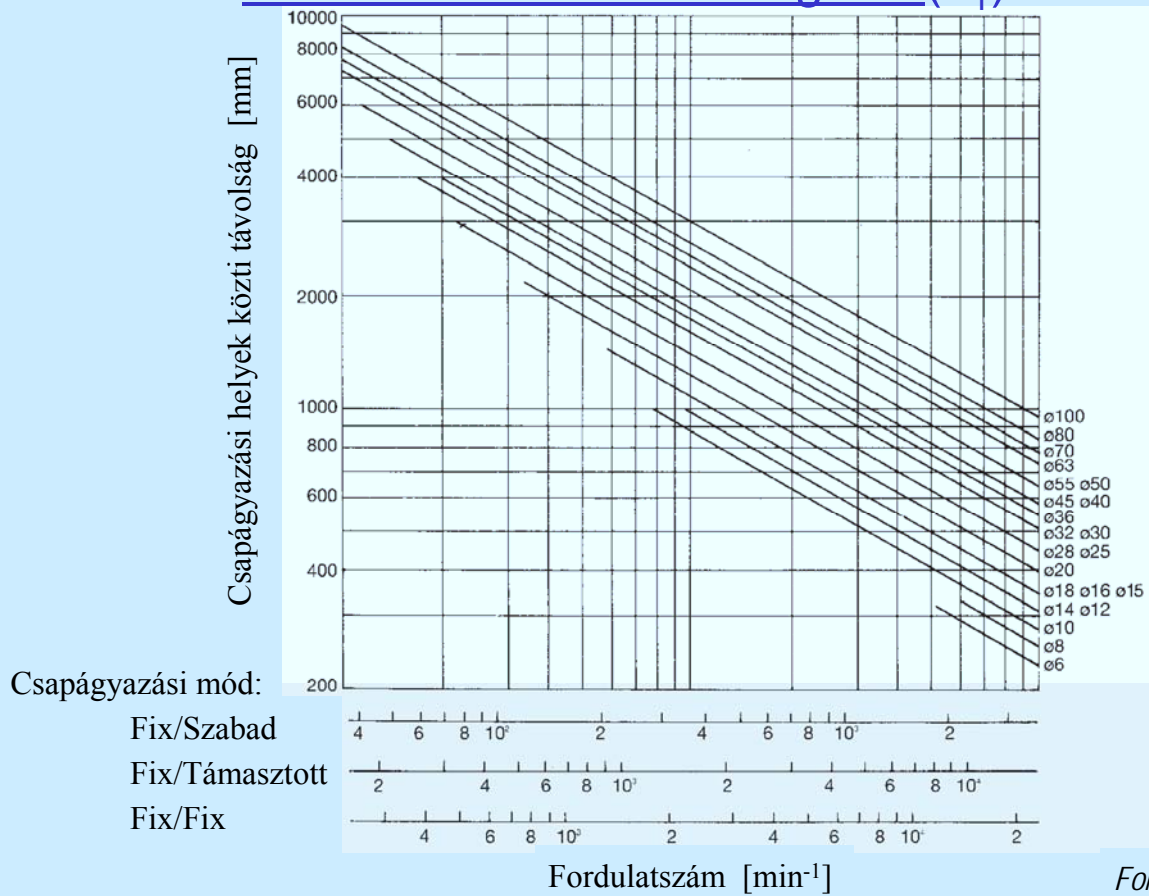
- L_h : névleges élettartam [h]
 L : névleges élettartam [ford.]
 n : fordulatszám [1/min]
 v : lineáris sebesség [m/min]
 p : menetemelkedés [m]

[h] : üzemóra

n: átlagos ford.szám

v: átlagos sebesség

Kritikus fordulatszám diagram (n_1)



Nagy fordulatszámú forgásnál a golyós orsó tengelye berezonálhat; a rezonanciát okozó fordulatszámot kritikus fordulatszámunk nevezzük. A golyós orsót mindig a kritikus fordulatszám alatt kell üzemeltetni. A diagram a kritikus fordulatszámot mutatja a beépítési mód, a csapágyak beépítési távolsága és az orsóátmérő függvényében.

Max. fordulatszám (n_{\max})

- Rezonancia frekvencia alapján számított kritikus ford.szám: n_1
- DN szorzat alapján számított kritikus ford.szám : $n_2 = DN / d$
(d : gördülő elem középtől középig átmérő
pl. DN = 100 000 : köszörült golyós orsó
= 50 000 : görgőzött golyós orsó)
- $n_{\max} = \min(n_1, n_2)$

Az n_1 számításához szükséges képletet katalógusok adják meg.

A DN szorzat értéket katalógusok adják meg, mely a gördülő elem középtől középig átmérő és a fordulatszám szorzata.

Max. axiális terhelés diagram ($F_{a \max}$)

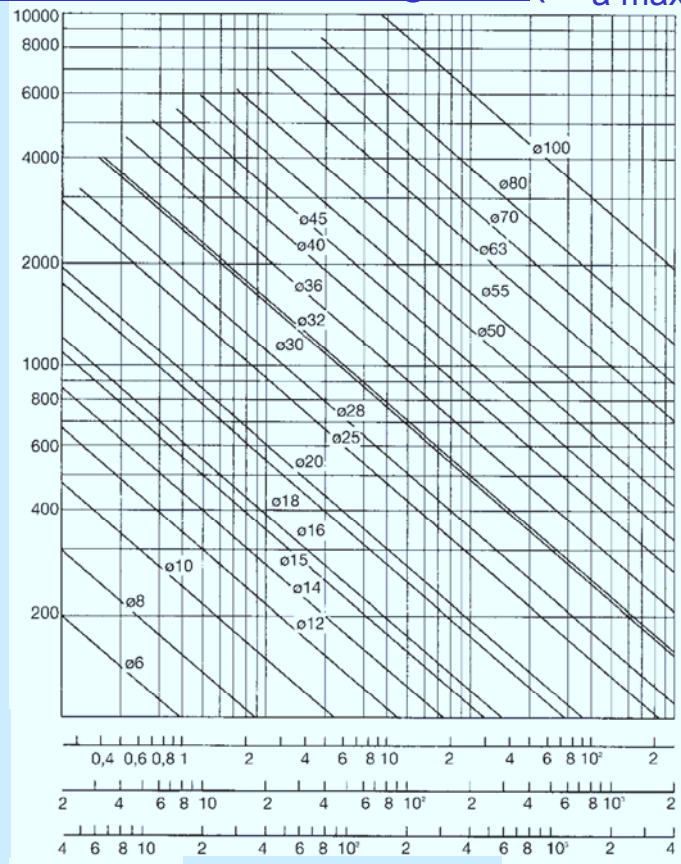
Csapágyazási helyek közti távolság [mm]

Csapágyazási mód:

Fix/Szabad

Fix/Támasztott

Fix/Fix



Axiális terhelés [kN]

Forrás: THK

A diagram a megengedhető axiális terhelést mutatja a beépítési mód, a csapágyak beépítési távolsága és az orsó-átmérő függvényében.

Golyós orsó méretezése statikus terhelésre

$$F_{a \max} = \frac{C_{0a}}{f_s}$$

C_{0a} : statikus alapterhelési tényező

$F_{a \max}$: max. axiális terhelés [N]

f_s : statikus biztonsági tényező

($f_s = 1,0 - 1,5$ nincs rezgés/ütődés)

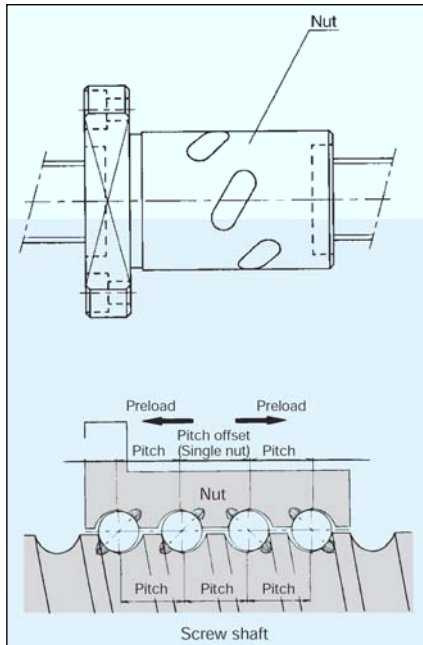
($f_s = 2,5 - 7,5$ van rezgés/ütődés)

A **statikus alapterhelési tényező (C_{0a})** az a változatlan irányú és nagyságú statikus erő, ami a gördülő elemek átmérőjének 0,0001-szeresével megegyező nagyságú állandósult deformációt okoz a gördülő elemekben és a gördülő pályákban összesen. A golyós orsóknál a statikus alapterhelési tényező az axiális terheléssel összefüggésben definiált. A statikus alapterhelési tényező általában megegyezik a megengedhető axiális terheléssel, de a működtetési körülményektől függően statikus biztonsági tényező használata megfontolandó.

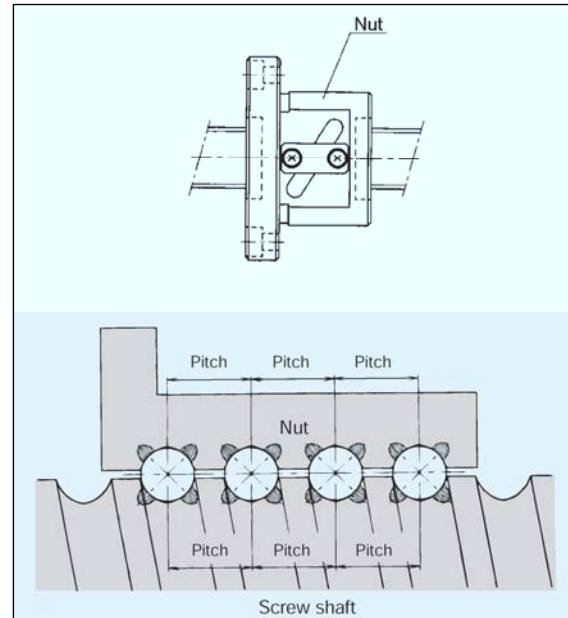
Golyós orsó hézagmentesítése / előfeszítése

- Ketyogás megszüntetése
- Előfeszítés
 - Előny:
 - ✓Mégmunkálás közben minél merevebb szerkezet legyen
 - ✓Jobb pozícionálási pontosság
 - Hátrány:
 - ✓Nagyobb nyomaték szükséges
 - ✓Üresjáratban / Gyorsmenetben minél kisebb merevség szükséges

Golyós orsó előfeszítési módok (1)



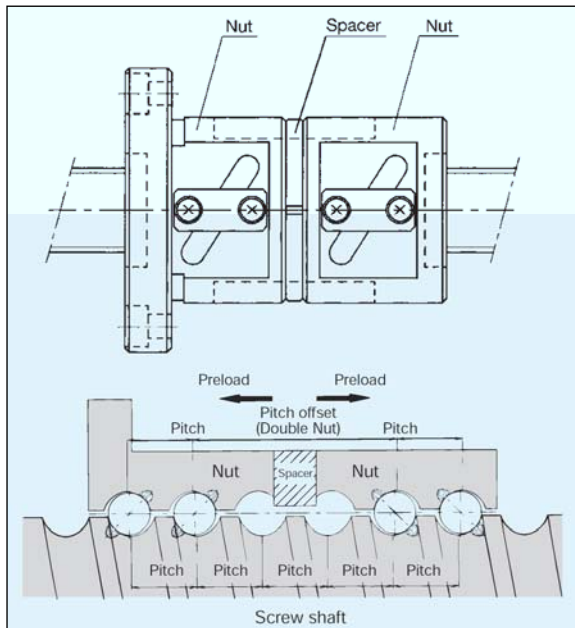
Menet eltolás



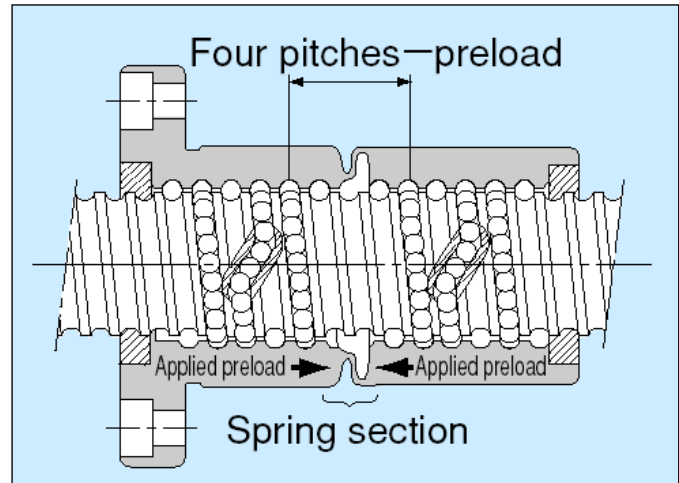
Golyó válogatás

Forrás: THK

Golyós orsó előfeszítési módok (2)



Két anya



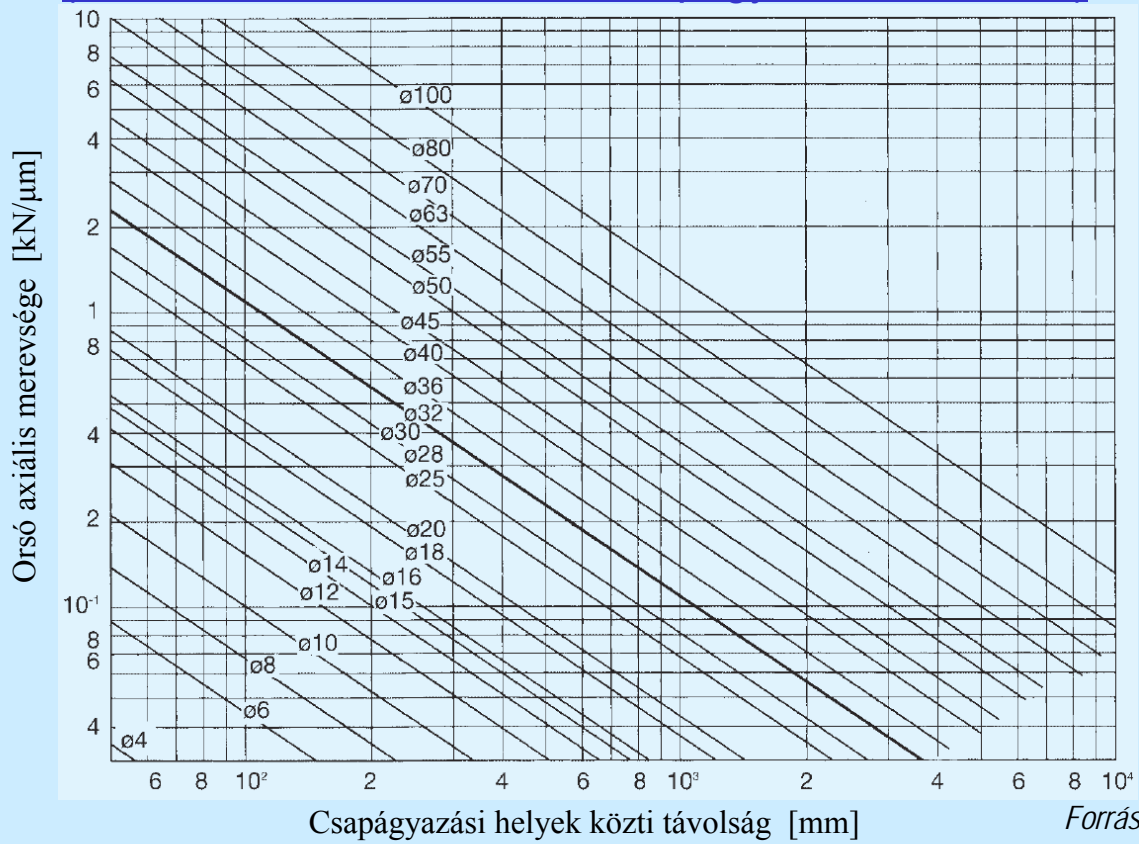
Rugó

Megjegyzés: golyó visszavezetés terelő alkalmazásával

Forrás: THK

Az ábrázolt két anyás hézagmentesítésre szolgáló módszerhez természetesen hozzátartozik, hogy a két anyafél egymáshoz képest nem fordulhat el (pl. retesszel vannak összekötve, de ez nem látszik a rajzon). Létezik olyan kivétel is, ahol a nem állandó méretű távtartó gyűrűt alkalmaznak a két anyafél között, hanem a két anyafél távolsága állítható (pl. csavarokkal).

Golyós orsó tengely axiális merevsége (fix/szabad és fix/támasztott csapágyazási módoknál)



Maximális szángyorsulást adó golyós orsó menetemelkedés meghatározása

- Kinematika (közvetlenül az orsóhoz kapcsolódó motor)
- Motor tengelyére redukált Θ_r (energiamérleg)
- Gyorsulás számítása (motor tengelyé, száné)
- Szélső érték (optimális menetemelkedés, maximális gyorsulás)

A golyós orsós hajtás tervezésekor az alábbi követelményeket kell kielégíteni:

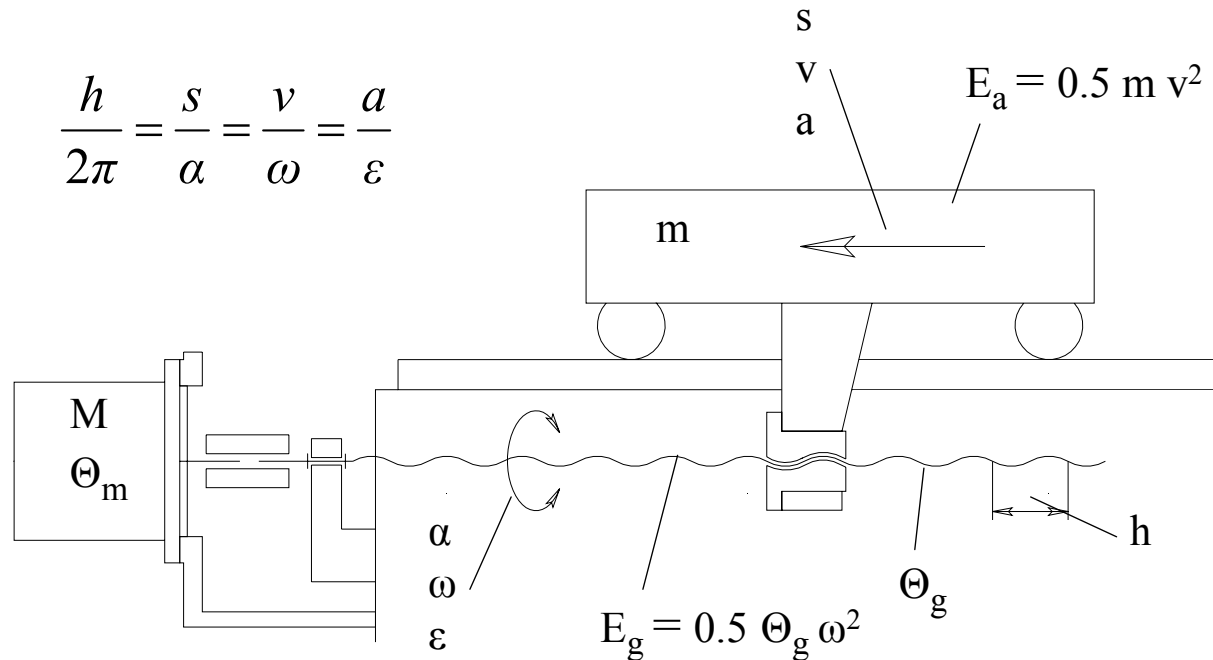
Teherbírás - a golyós orsó élettartama az üzemi terhelés mellett érje el a szokásos 10 000 óra körüli értéket és a hajtó motor is tartósan bírja a terhelést.

Sebesség - a golyós orsó és a motor a megengedett fordulatszám tartományban biztosítsa a szántól megkívánt sebességtartományt.

Gyorsulás - a fenti két feltétel teljesítésén túl a hajtás biztosítsa a mozgatott szán lehető legnagyobb gyorsulását.

Adott nagyságú terhelő erő és terhelő tömeg, valamint adott motor (hajtó nyomaték és forgórész tehetetlenségi nyomaték) esetén a golyós orsó menetemelkedésének kedvező megválasztásával maximális nagyságú szán gyorsulás érhető el.

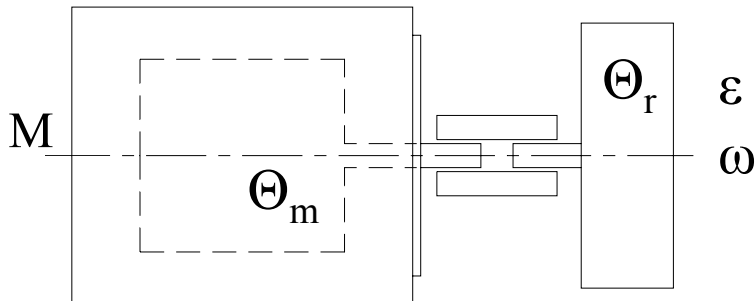
Golyós orsós hajtás kinematikája



Az ábrán látható jelölések magyarázata:

m	a mozgatott szán tömege (kg)
s	a mozgatott szán útja (m)
v	a mozgatott szán sebessége (m/s)
a	a mozgatott szán gyorsulása (m/s ²)
E_a	a mozgó szán mozgási energiája (Nm)
M	a hajtó motor nyomatéka (Nm)
Θ_m	a motor forgórész tehetetlenségi nyomatéka (kg m ²)
Θ_g	a golyós orsó tehetetlenségi nyomatéka (kg m ²)
h	a golyós orsó menetemelkedése (m)
α	a golyós orsó elfordulása (rad)
ω	a golyós orsó szögsebessége (1/s)
ε	a golyós orsó szöggyorsulása (1/s ²)
E_g	a forgó golyós orsó mozgási energiája (Nm)

Redukált tehetetlenségi nyomaték



$$E_r = E_g + E_a$$

$$\frac{1}{2} \Theta_r \omega^2 = \frac{1}{2} \Theta_g \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \Theta_g \omega^2 + \frac{1}{2} m \frac{h^2 \omega^2}{4\pi^2}$$

$$\Theta_r = \Theta_g + m \frac{h^2}{4\pi^2}$$

A redukált tehetetlenségi nyomatékú forgó tömeg mozgási energiája (E_r) megegyezik a motor után kapcsolt valóságos szerkezet elemeiben tárolt mozgási energiák összegével. Ezért a motor számára azonos terhelést jelent a redukált tehetetlenségi nyomaték, mint a valóságos szerkezet. Más szavakkal: a redukált tehetetlenségi nyomaték dinamikailag helyettesíti a valóságos szerkezetet.

Golyós orsóval mozgatott szán gyorsulása

$$\varepsilon = \frac{M}{\Theta_m + \Theta_r} \quad a = \varepsilon \frac{h}{2\pi} = \frac{Mh}{\left(\Theta_m + \Theta_g + m \frac{h^2}{4\pi^2}\right) 2\pi}$$

Mozgatott szán gyorsulása

Motor tengely szöggyorsulása

$$a = f(h) = \frac{k_1 h}{k_2 + k_3 h^2} = \frac{u}{v} \quad \text{ahol} \quad \begin{aligned} k_1 &= M \\ k_2 &= 2\pi(\Theta_m + \Theta_g) \\ k_3 &= \frac{m}{2\pi} \end{aligned}$$

A gyorsulás a gyorsító erő (forgó rendszernél nyomaték) és a gyorsított tömeg (forgó rendszernél tehetetlenségi nyomaték) hányadosa.

A golyós orsós hajtásnál a motor **a saját forgórészét is** gyorsítja !

A motor szöggyorsulásából következtetni lehet a szán lineáris gyorsulására (lásd a menetes orsós mozgatás kinematikai alapképletét). Ez a gyorsulás érték (többek között) függ a menetes orsó menetemelkedésétől is.

Maximális gyorsulást adó menetemelkedés

$$a' = \frac{u'v - uv'}{v^2} = \frac{k_1(k_2 + k_3h^2) - k_1hk_32h}{v^2}$$

$$a' = 0 \Rightarrow k_1(k_2 + k_3h^2) - k_1hk_32h = 0$$

$$k_2 = k_3h^2$$

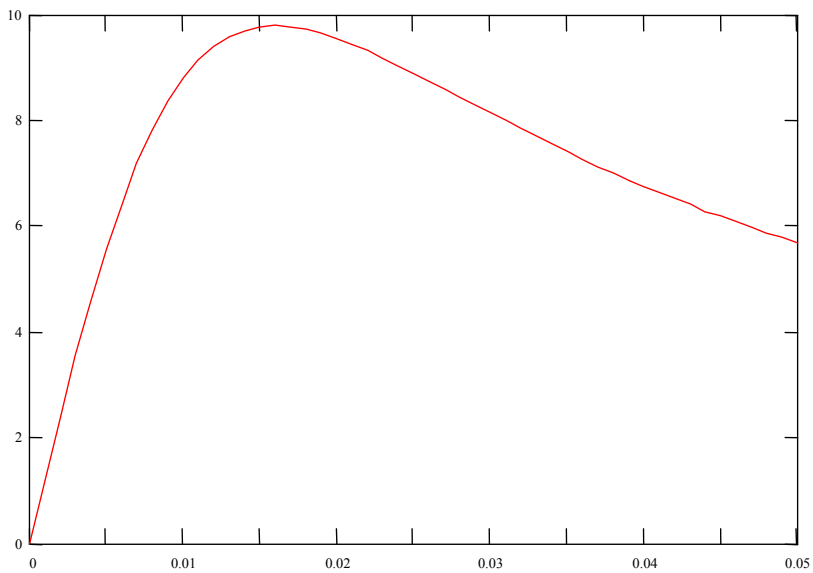
$$h_{opt} = \sqrt{\frac{k_2}{k_3}} = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta_m + \Theta_g}{m}} \quad \text{optimális menetemelkedés}$$

$$a_{max} = \frac{M}{2\sqrt{m(\Theta_m + \Theta_g)}} \quad \text{maximális gyorsulás}$$

A szélsőérték keresés jól ismert módszerével meghatározható a gyorsulás-menetemelkedés függvény maximumához tartozó független változó (az optimális menetemelkedés) és a függvény érték (a maximális gyorsulás).

A gyorsulás függése a menetemelkedéstől (példa)

a (m/s²)



$$M = 10 \text{ Nm}$$

$$\Theta_m = 8 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

$$\Theta_g = 5 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

$$m = 200 \text{ kg}$$

$$h_{\text{opt}} = 16 \text{ mm}$$

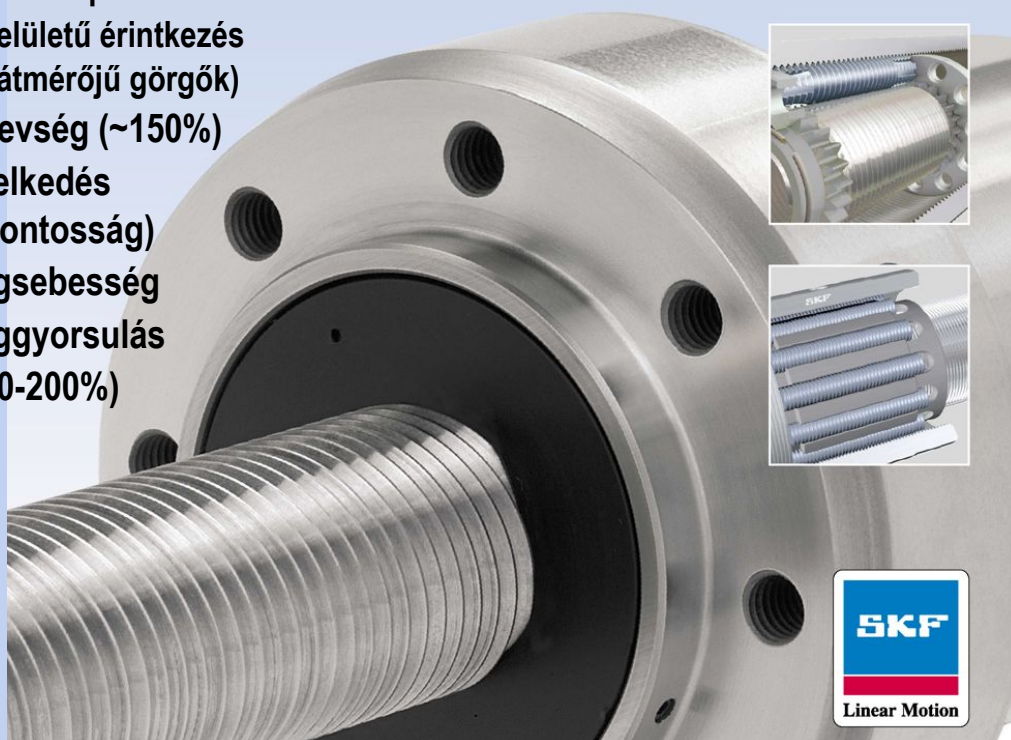
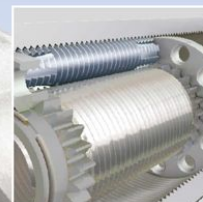
$$a_{\text{max}} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

h (m)

A bemutatott példa közepes méretű tipikusnak tekinthető adatokkal készült.

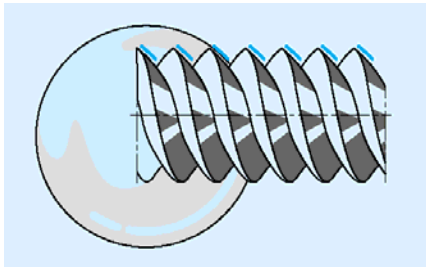
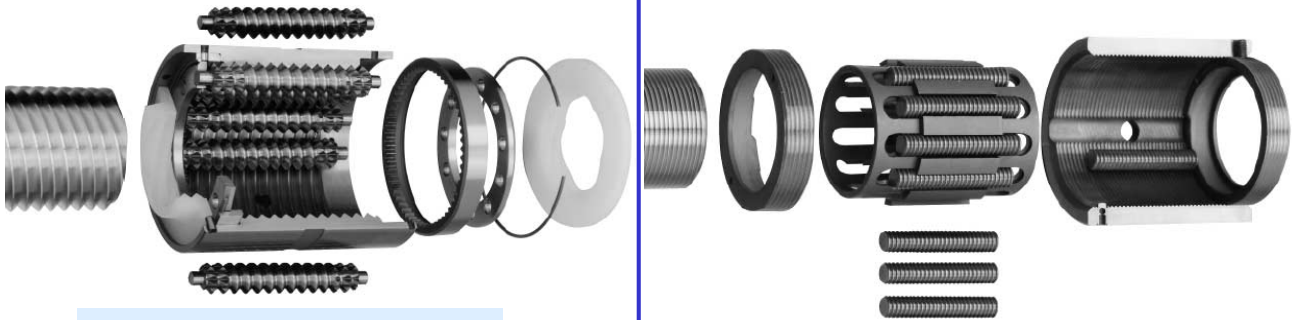
Görgős orsó

- ✓ **Nagyobb terhelhetőség (~300%) (stat: 1000 t-ig; din: 200 t-ig)**
 - több érintkezési pont
 - nagyobb felületű érintkezés (nagyobb átmérőjű görgők)
- ✓ **Nagyobb merevség (~150%)**
- ✓ **Kis menetemelkedés (jobb poz. pontosság)**
- ✓ **Nagyobb szögsebesség**
- ✓ **Nagyobb szöggyorsulás**
- ✓ **Drágább (~150-200%)**



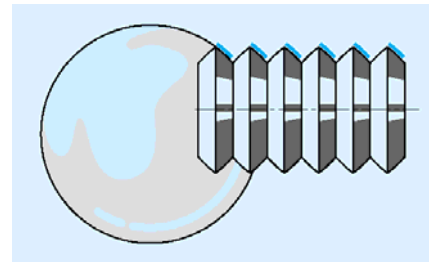
Tulajdonságok a golyós orsóhoz képest.

Görgős orsó fajták



Bolygó görgők:

- menetes görgők
- nagy terhelhetőség
- nagy sebesség (~ 1 m/s)
- nagy gyorsulás (>7000 rad/s²)



Visszavezetett görgők:

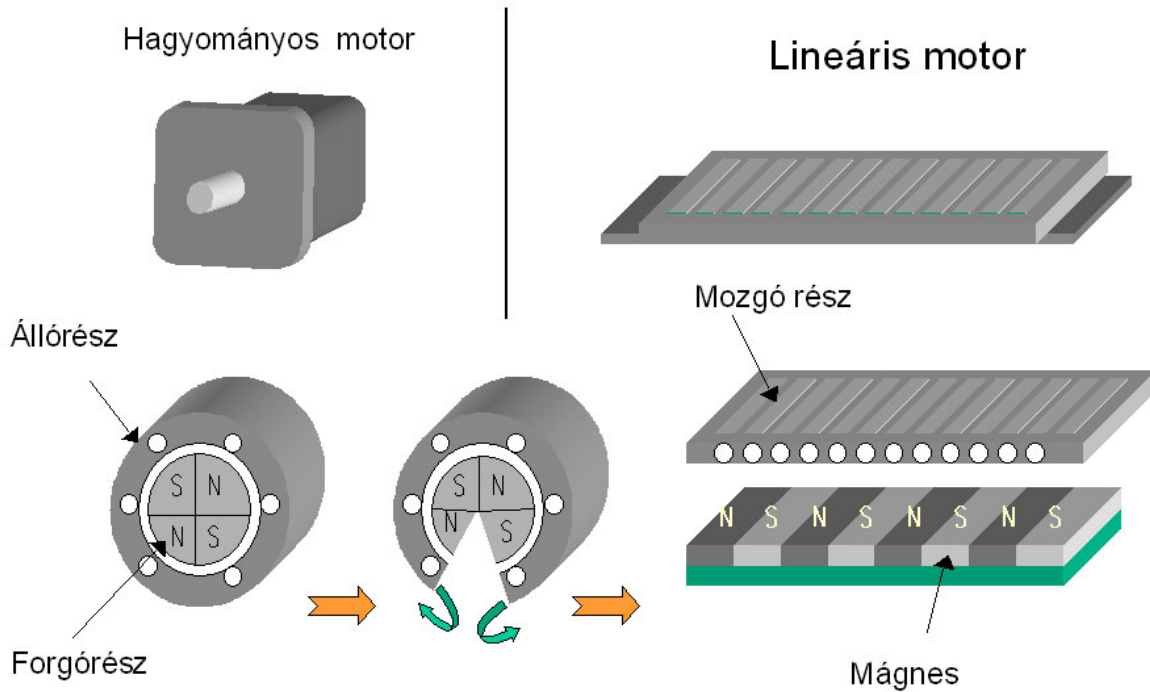
- hornyos görgők
- nagy pontosság
(1-2 mm menetemelkedés)

Forrás: SKF

Visszavezetett működése: az anyában egy körülfordulás után minden egyes görgőt egy menettel vissza kell léptetni.

Hasonlóan a golyós orsókhöz, a görgős orsóknál is alkalmaznak előfeszítést.

Lineáris motor elve



Látszik, hogy a kiterítés jelentősen módosította a motor jellegét:

A forgó motor zárt, csak a tengelyvéget kell kivezetni, és a forgó tengely tömítése, a motor működési terének védelme minden szennyeződéstől jól megoldható.

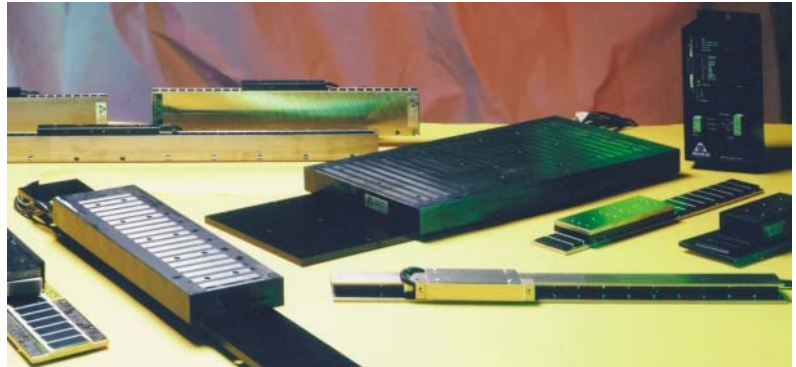
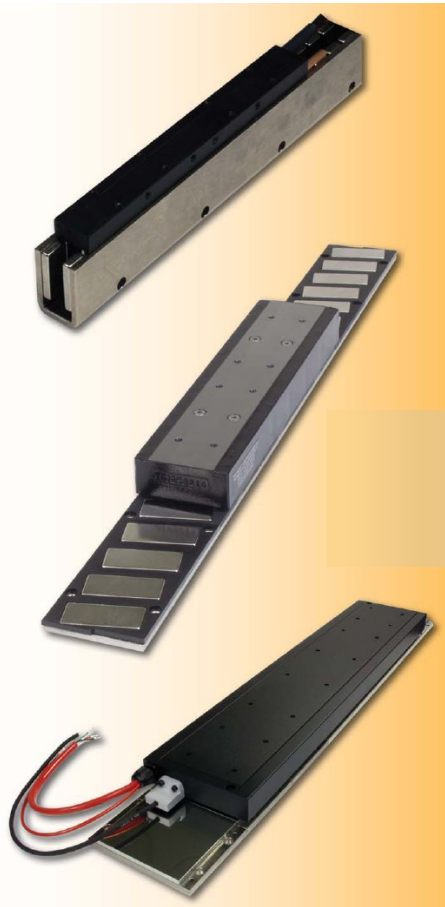
A forgó motor kivitele, szerkezeti kialakítása nem függ attól, hogy mekkora szögelfordulást kell a tengelynek megtenni a működés során. A lineáris motor mágnesének hosszát viszont a megkövetelt lineáris mozgás hossza szabja meg.

Állandó mágneses lineáris motorok fajtái

- Epoxi magú mozgórész: nem mágneses
 - előtoló erő: max. 2 kN
 - nincs összeszorító erő az állórész és a mozgórész között => finom mozgás
 - elhanyagolható fluxus sűrűség ingadozás
 - sebesség ingadozás < 0.01%
- Acél magú mozgórész: mágneses
 - előtoló ereje nagyobb, mint az epoxi bázisúnak: max. 11 kN
 - van összeszorító erő az állórész és a mozgórész között (az előtoló erő 4-6-szorosa) => ez az erő növelheti a lineáris mozgó egység előfeszítését ill. merevségét
 - fluxus sűrűség ingadozás => előtoló erő ingadozás ($\pm 5\%$)

Hasonlóan a forgó motorokhoz, a lineáris motoroknak is van szinkron (állandó mágneses) és aszinkron (elektromágneses) típusaik.

Lineáris motorok (Anorad)



Lineáris motor értékelése

- **Előnyök**
 - erőátvitel (max. 11 kN) mechanikai kapcsolat nélkül = kopás és holtjáték nélkül => kevesebb karbantartást igényel, hosszabb élettartam
 - jó pozicionálási és ismétlési pontosság (szubmikron tartomány)
 - gyors szabályozhatóság
 - nagy statikus (900 N/ μm) és dinamikus merevség
 - nagy gyorsulás (> 10 g)
 - nagy sebesség átfogás (min. 1 $\mu\text{m}/\text{sec}$; max. 10 m/sec)
 - egyenletes mozgatás
- **Hátrányok**
 - melegszik (a veszteséghőt el kell vezetni)
 - nyitott szerkezet (nehéz a tökéletes védelmet megvalósítani)
 - nagy összeszorító erő az acélmagú kivitelnél
 - nem önzáró (szükség van energia-kimaradás vagy irányítási probléma esetén működésbe lépő fékre és végálláskapcsolókra)
 - csöveket (pl. hűtés) és elektromos kábeleket kell a tekercselt rövid részhez vezetni
 - a lökethossztól függő szerkezeti kialakítás (állandó mágneses modulok hozzáadásával megoldható) (ez lehet előny is)
 - nagyobb a helyigénye, mint a golyós orsóé
 - kicsit drágább (120%)

A komoly hátrányok ellenére a nagy termelékenyséű (úgynevezett HSC - high speed cutting) marógépeknél egyre inkább terjed a lineáris motoros szánmozgatás. Az alkalmazást gyorsítja, hogy a hagyományos technológiához képest a HSC gépek nagyságrendekkel kisebb forgácsolási erővel dolgoznak, ezért nem kell nagy előtoló erő sem. A kisebb lineáris motorok hűtése is egyszerűbb.

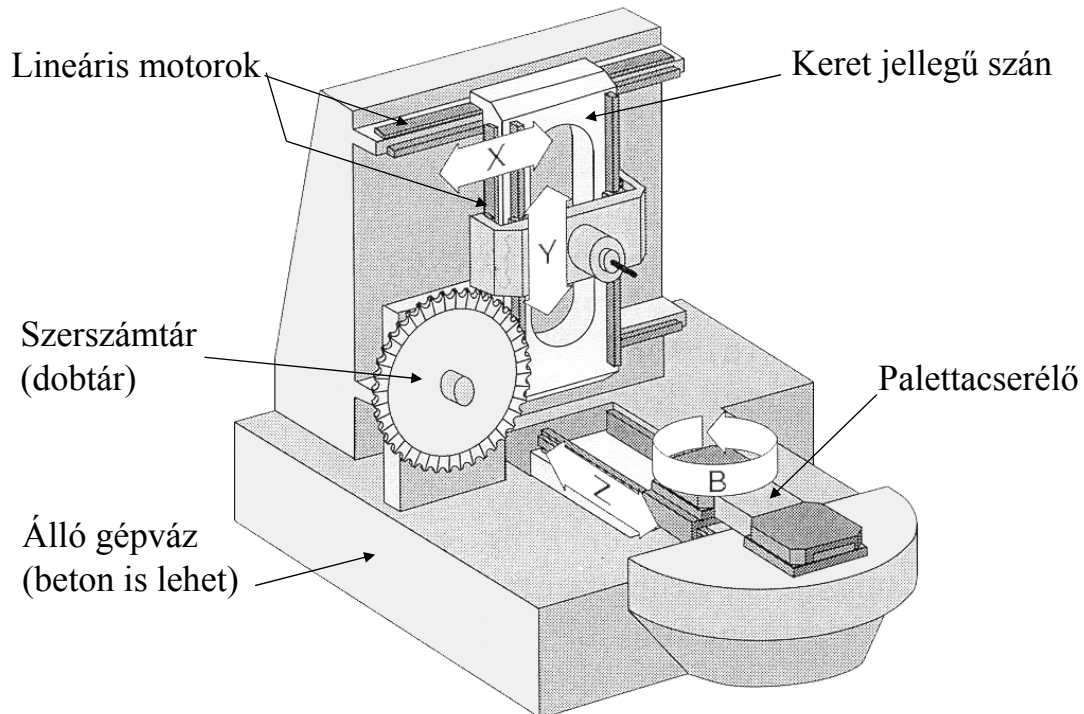
A lineáris motorok által biztosított nagy sebesség és gyorsulás csak akkor valósítható meg, ha ezt minden gépelem elviseli (védőburkolat, csövek és kábelek, főleg a bekötési pontok, kábelvezető csatorna, hossz mérő berendezés).

Lineáris motor beépítése

- A légrés (0,4 – 0,6 mm) túrése $\pm 0,3$ mm nagyságrendű
- A vezeték (!) méretezésénél figyelembe kell venni a nagy összeszorító erőt
- Nagy gyorsulások esetén nagy dinamikus terhelésekkel kell számolni
- Párhuzamosan két motor is beépíthető (az eredő közel lehet a terhelő erő hatásvonalához!)
- Közvetlen működésű mérőléc kell (Abbe elv megközelítése)
- Hűteni kell a tekercselt részt (hűtőegység, csővezeték kell)
- A motor mozgó részét teljesen burkolni kell

Az egy mozgó egységhez rendelt két párhuzamos lineáris motor általában drágább, mint egyetlen nagyobb motor, de a megfelelően elhelyezett két motorral egyrészt kompenzálni lehet a normális irányú erőt (tehermentesíteni lehet a lineáris vezetékét) és a két motor vonóerejének eredője behozható a mozgatott szán közepébe, a forgácsoló erő hatásvonalának közelébe.

Vízszintes megmunkáló központ lineáris motorokkal



Nagy gyorsulások => mozgó géprészek tömege a lehető legkisebb legyen

A gép szép példája a lineáris motorral tervezett gyors, korszerű megmunkáló központoknak.

A gyorsmenettel megtehető mozgások időszükségletét elsősorban nem a gép maximális gyorsmeneti sebessége, hanem a szánok maximális gyorsulása szabja meg. Pl.: 60 m/perc (1 m/s) gyorsmeneti sebességet 1 g (10 m/s^2) gyorsulás mellett csak 50 mm úthossznál éri el a gép 0,1 mp alatt. Ennél rövidebb utak megtételéhez szükséges időt tehát a gyorsmeneti sebesség nem befolyásolja. A kritikus úthossz (ami alatt a maximális értékkel gyorsuló és lassuló szán nem éri el a gyorsmeneti sebességet) fordítottan arányos a gyorsulás értékével és négyzetesen arányos a gyorsmeneti sebességgel.

A nagy gyorsuláshoz nagy gyorsító erő és kis gyorsított tömeg kell. Az ábrán látható gépen érezhető a törekvés a mozgatott tömegek csökkentésére. A mozgó szán keret jellegű, a rajta függőlegesen mozgó főorsószán szinte csak a motororsót tartó gallér. Az álló rész L alakú kerete viszont szinte tetszőlegesen merevre (és nagy tömegűre) készíthető, tehát a keret merevségének növelése nincs ellentmondásban a nagy szángyorsulásokkal.

A párosával alkalmazott lineáris motorok egyrészt a kellő nagyságú eltolóerőt biztosítják, másrészt az eredő erőt a főorsó hatásvonalába hozzák (ami mindig a forgácsoló erő hatásvonalában van).

Mozgató egységek kiegészítő elemei

- MÉRŐBERENDEZÉS
 - közvetett
 - közvetlen (pontosabb)
- VÉGÁLLÁS KAPCSOLÓ
- KENÉS

Központi kenőberendezés:

 - kenő tápegység
 - elosztó csőhálózat
 - adagoló szelepek a kenőhelyeknél (golyósanya, csapágy, vezeték)
- FORGÁCSVÉDELEM (törlés, burkolat)

Mérőberendezés

A közvetett mérőberendezés a golyós orsó elfordulását méri és abból következtet a szán elmozdulására. Előny: a mérő elem (forgó jeladó) független a mérendő hosszától, kisméretű, egyszerűen beépíthető (a szervomotor második tengelyvégéhez kapcsolva). Hátrány: mérsékelt pontosság.

A közvetlen mérőberendezés (mérőléc) közvetlenül méri a szán elmozdulását, mert a szánhoz rögzített leolvasó egység mozog a mérőléc előtt. Beépítésénél az Abbe elvet kellene betartani (a léccel a mért szakasz vonalában legyen). Előny: pontos. Hátrány: a mért hosszhoz kell igazítani, beépítése drágább, helyigénye nagyobb a közvetett megoldásénál.

Végállás kapcsoló

A vezérlést értesíti a mozgástartomány végéről (a mérőberendezéstől függetlenül!). Külön kapcsoló kell a két végen. Biztonságból a végálláson túl vész-végállás kapcsoló is van. A löketet a kapcsolóktól függetlenül mechanikusan is határolni kell.

Kenés

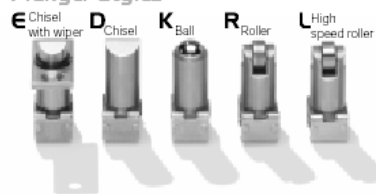
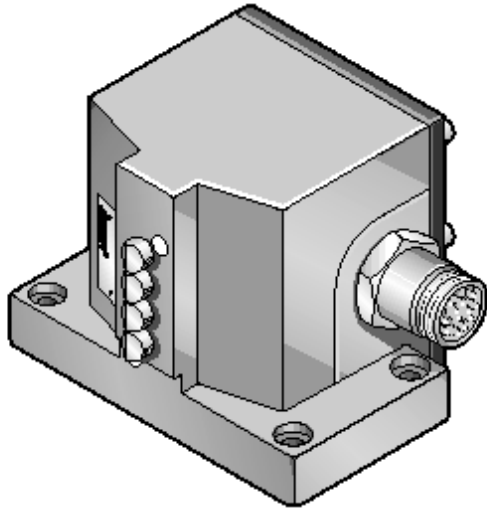
A központi kenőberendezés kenő tápegységből, elosztó csőhálózatból és a kenőhelyhez rendelt adagoló szelepekből áll. A kenő tápegység beállított időtartamú ciklusonként nyomáshullámot hoz létre, aminek hatására az adagoló szelepek meghatározott olaj mennyiséget (1-2 mm³) juttatnak a kenőhelyekre (golyósanya, csapágy, vezeték).

Közvetlen mérés



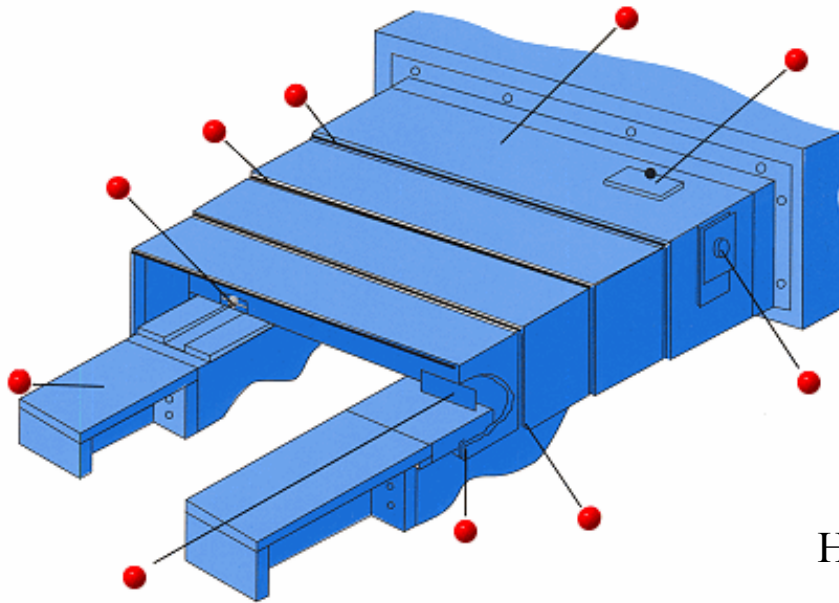
HEIDENHAIN

Végállás kapcsoló



BALLUF

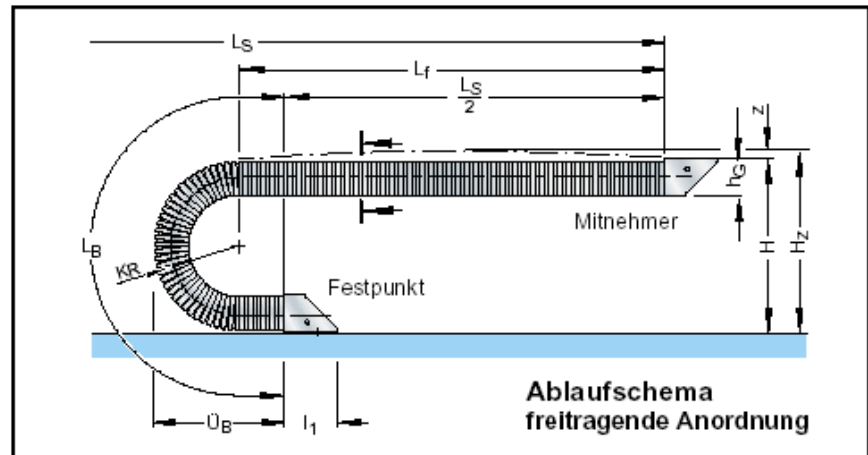
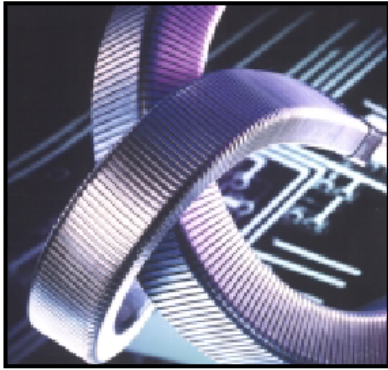
Vezetékvédelem



HENNIG

Elektromos vezetékek védelme/vezetése

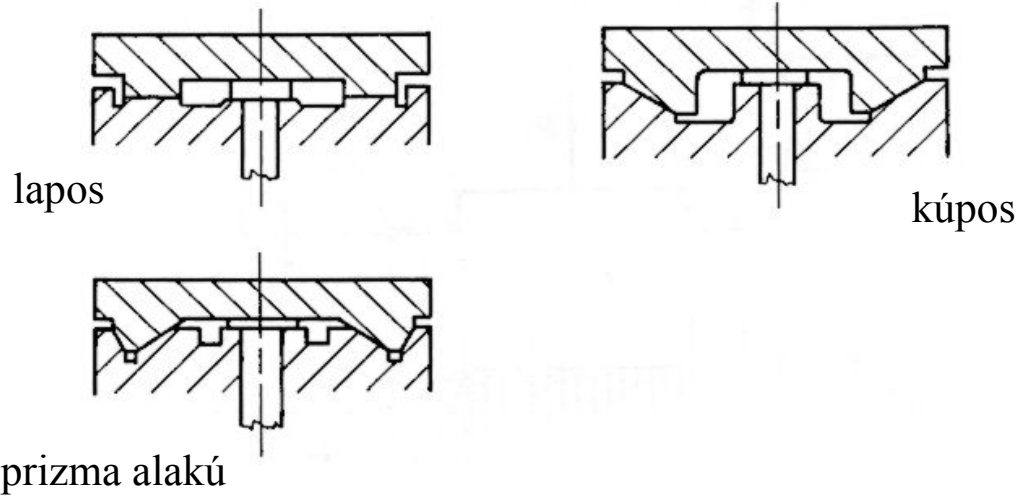
KABELSCHLEPP



Forgó mozgás építő elemei

- Főorsók
 - Eszterga főorsó
 - Maró főorsó
- Forgó tengelyek
 - Körvezetékek
 - ✓ csúszó vezeték
 - ✓ gördülővezeték
 - ✓ lebegő vezeték
 - Forgatás
 - ✓ Folyamatos forgatás
 - ✓ Osztó forgatás
- Revolver fejek

Jellegzetes csúszó körvezetékek



Lapos: nagy axiális terhelésre.

Kúpos és prizma alakú: sugárirányú erők felvételére.

Főorsók

- **Követelmények**
 - Széles fordulatszám és nyomaték tartomány
 - Merevség (+ holtjáték-mentesség + jó csillapítás)
 - **Pontosság** (+ hőstabilitás)
- **Eszterga főorsó**
 - a tokmányba fogott munkadarabot forgatja - a max. fordulatszámot a tokmány korlátozza 5.000 ford/perc közelében)
- **Maró főorsó**
 - az alap szerszámtartóra fogott maró szerszámot forgatja nagy sebességgel - a felső határ 50.000 ford/perc felett van, és a szerszámanyagok fejlődésével párhuzamosan folyamatosan nő

A főorsók a forgácsoló szerszámgépek meghatározó gépegységei, mert ezek hozzák létre a forgácsoló főmozgást (a legnagyobb sebességkomponenst a szerszám és a munkadarab között). Ennek következtében a forgácsolási teljesítményt is a főorsó viszi a forgácsolás helyére és a megmunkálás pontosságát is nagyrészt a főorsó pontossága határozza meg.

A főorsókkal szemben támasztott követelmények:

a technológia által megkövetelt széles fordulatszám és nyomaték tartomány

merevség (+ holtjáték mentesség + jó csillapítás)

pontosság (+ hőstabilitás)

A fenti követelmények mindegyike fontos, de a főorsókra elsősorban a pontosság jellemző.

A főorsó csatlakozó méretei, pl. a főorsó végződés kialakítása szabványosított.

Főorsók (folyt.)

- Csapágyazás
 - ~90%: gördülőcsapágyak (pl. kúpos furatú, kétsoros hengergörgős)
 - ✓ Hűtő rendszer (főleg precíziós főorsóknál és integrált motoroknál)
 - ~10%: csúszócsapágyak (hidrodinamikus, hidrosztatikus, aerosztatikus, esetleg mágneses)

A főorsók mintegy 90%-a gördülő csapágyazású.

A főorsó végén egy, kettő vagy három csapágyból álló megvezetés a szokásos. Ha a fordulatszám és a terhelés nagy és változó, a főorsó csak egyik (általában tokmány felőli) vége axiálisan rögzített, a másik oldal rugós előfeszítéssel bizonyos elmozdulást megenged. A főorsó tervezés egyik legfontosabb szempontja a főorsó-csapágyazás egység deformációjának csökkentése. A deformáció 50-70%-a az orsó, 30-50%-a pedig a csapágyazás rovására írható.

Jellegzetes főorsó gördülőcsapágy a kúpos furatú, kétsoros hengergörgős.

A gördülőcsapágyak kenése jelentősen befolyásolja azok életkorát, kopását. Legegyszerűbb a kb. 90 ezer percenkénti fordulati alkalmazható zsirkenés. Nagyobb fordulatszámoknál a különféle olajkenések (olajköd, olaj injektor, olaj átáramoltatás) megbízhatóbbak, amelyek bizonyos mértékig hűtik is a csapágyakat. Nagysebességű, nagypontosságú csapágyazásoknál külön hűtésről is gondoskodni kell. Ez különösen a főorsóval egybeépített **direkt hajtásoknál** fontos.

A csapágyazások mintegy 10%-a **hidrodinamikus, hidrosztatikus, aerosztatikus** esetleg **mágneses**. A hidrodinamikus csapágyazás a legrégebbi megoldás. A gyakori leállással járó üzemeltetésre nem alkalmas. Legtöbb típusa csak egy forgásirányban járatható.

A hidrosztatikus, aerosztatikus csapágyakat a nagypontosságú (un. ultraprecíziós) szerszámgépek főorsóinál elterjedten alkalmazzák.

A mágneses lebegtetésű csapágyak elterjedése most van kezdeti stádiumban.

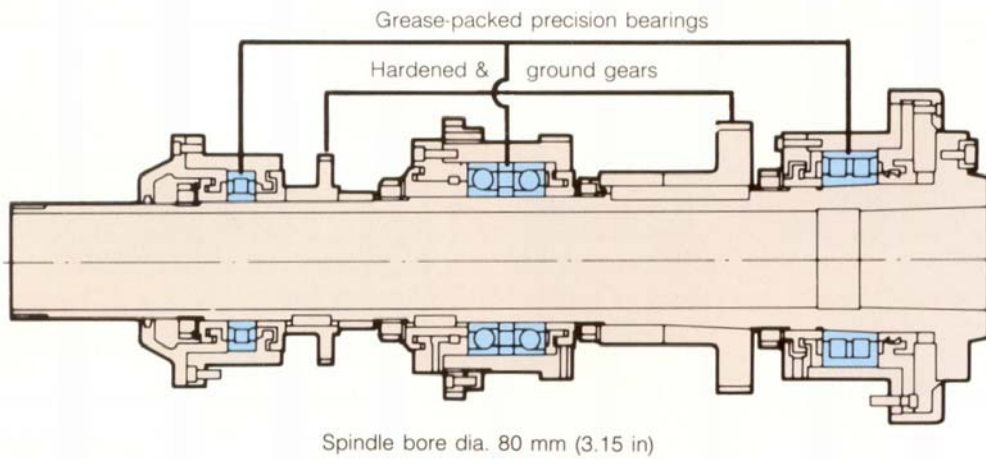
Eszterga főorsó

- **Követelmények**
 - pontosság, terhelhetőség, stabilitás
- **Funkcionális egységek**
 - eszterga homlok szabványos kialakítása (szabványosított csatlakozó felület a tokmány rögzítéséhez)
 - csapágyazás (főleg befelé ható tengelyirányú erő)
 - ráhajtás
 - ✓ polyV szíj
 - ✓ fogazott szíj
 - ✓ fogaskerekes (ferde v. ívelt fogazású)
 - ✓ ráépített (integrált) motor
 - elfordulás mérés (NC menet esztergálás miatt)
 - tokmány (az automatikus nyitás-zárás a főorsó furatában lévő rúddal)

A munkadarabot forgató eszterga főorsó forgásának pontossága (a momentán forgástengely vándorlásának nagysága és jellege) közvetlenül határozza meg a munkadarab hengeres felületének köralak hibáját és homlokfelületének síktól való eltérését. A főorsó csapágyazás jó csillapítása a felületi simaság elérésének egyik feltétele.

CNC eszterga főorsó (1)

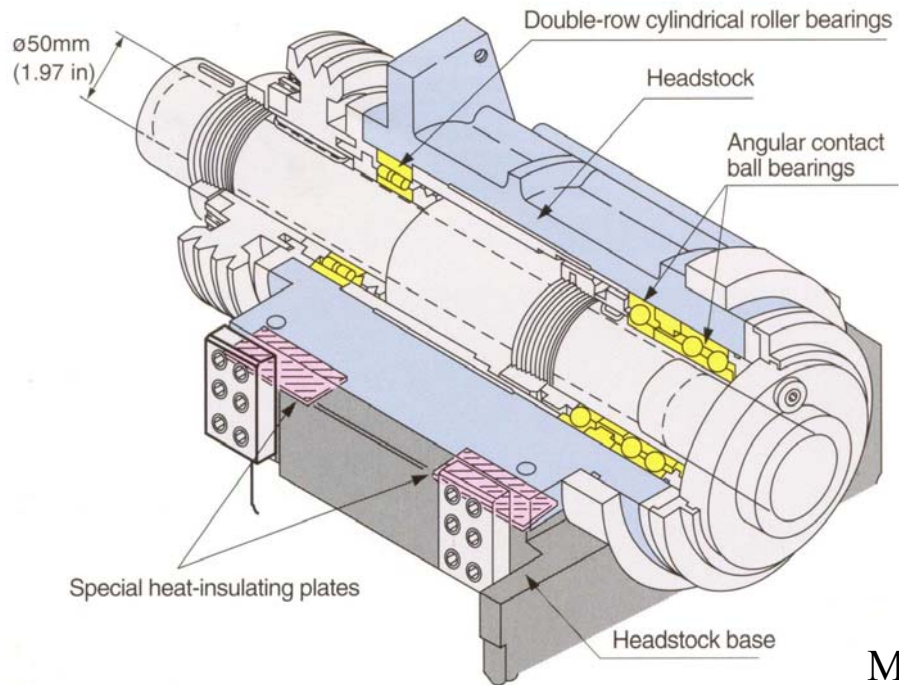
fogaskerekes hajtás



MAZAK

CNC eszterga főorsó (2)

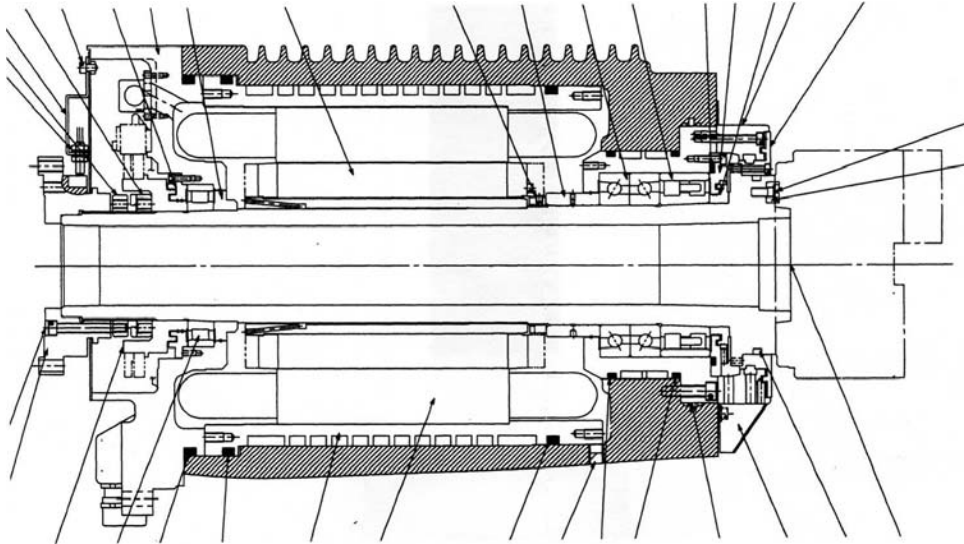
polyV szíj hajtás



MAZAK

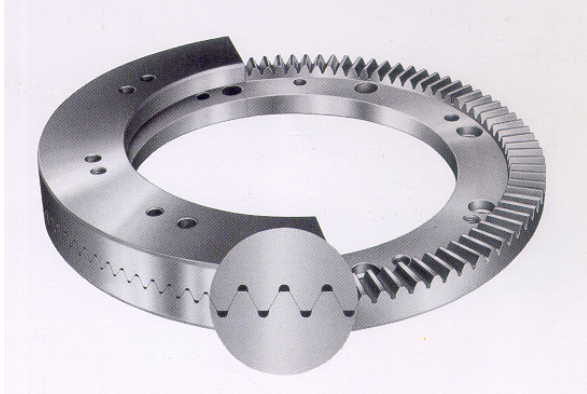
CNC eszterga főorsó (3)

integrált motor (direkt hajtás)

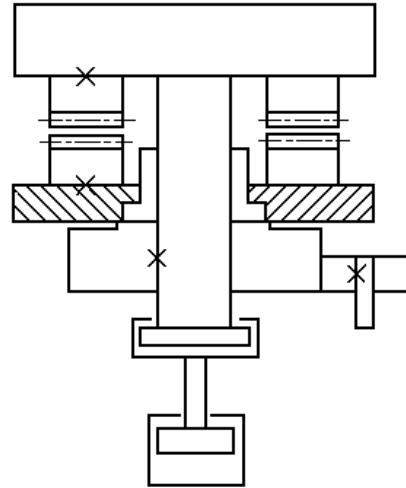


MORI SEIKI

Osztó asztal elvi felépítése



Hirth fogazású tárcsapár



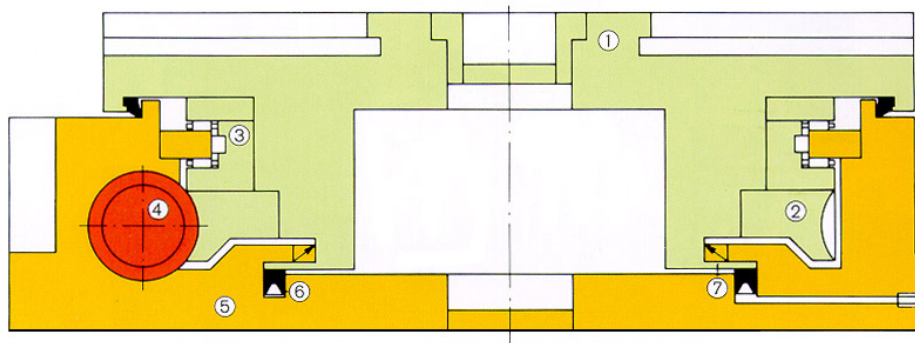
Követelmények: geometriailag pontos szögosztás, merevség
Alkalmazás: osztó asztal, osztó főorsó-fej, revolverfej

Az osztó asztalt a teljes körülfordulás egész számú felosztásával keletkezett szöglépésekben kell pontosan, mereven és a terheléseknek ellenálló módon rögzíteni. Megmunkálást csak az asztal álló (rögzített) helyzetében lehet végezni, a szöghelyzet váltása közben nem.

Az asztaltetőt és az asztal alsó részét az osztó asztalok túlnyomó többségénél homlokfogazású (u. n. Hirth fogazású) tárcsapár kapcsolja össze. Emiatt az asztal csak a Hirth tárcsa fogosztásának megfelelő szöglépés egész számú többszörösével fordítható el. A szakosodott gyártóktól beszerezhető Hirth fogazású tárcsák pontossága megfelel a szerszámgépipar igényeinek.

A szöghelyzet megtartásához össze kell szorítani a tárcsákat. Az osztáshoz először ki kell emelni a fogakat a másik tárcsa fogárkaiból, és csak ezután lehet a forgatást végrehajtani. Az asztalok konstrukciójának közös eleme az összeszorító erőt kifejtő egység (rugó, vagy hidraulikus henger), a tárcsákat egymástól eltávolító berendezés (általában hidraulikus henger) és a forgató egység (motor és áttétel, vagy fogaskerék-fogasléc). A forgatásnak nem kell pontosnak lenni, mert a Hirth fogazat tájoló, viszont nem lehet önzáró, hogy ne akadályozza az önbeállást. A rajzolt osztóasztal megoldás a legegyszerűbb, hátránya viszont, hogy az asztal tető szöghelyzet változtatása során emelkedik és süllyed. Az állandó asztalmagasságú kivitel egy megoldási módja, amikor az álló és forgórész tárcsáinak fogazása egy irányba néző koncentrikus gyűrűkön helyezkedik el. Ezekre fekszik fel egy széles gyűrű, ami egymáshoz képest is tájolja a két tárcsát.

Folyamatos forgású forgóasztal



- 1 forgórész
- 2 csigakerék
- 3 csapágy
- 4 csiga
- 5 ház
- 6 rögzítés
- +mérőberendezés

Követelmények: geometriailag pontos forgó mozgás, hézagmentes hajtás, programozható szöghelyzet és szögsebesség, merevség

Alkalmazás: forgó asztal, forgó főorsó-fej, C-tengely, revolverfej

A forgóasztallal geometriailag pontos forgó mozgást kell megvalósítani programozható szöghelyzettel és szögsebességgel. Olyan merevségre van szükség, ami biztosítja a forgácsolt alkatrész megkívánt pontosságát a forgácsoláskor fellépő erők ellenére is.

A felfogó felületen általában központi tájoló furat és sugárirányú T hornyok vannak. A csapágyazás a normál tengely csapágyazásától eltérően egyetlen nagy átmérőjű összetett (minden irányú erő és nyomaték felvételére alkalmas) precíziós csapágy, amit kimondottan erre a célra fejlesztettek ki. A meghajtással szemben támasztott pontosságot, hézagmentességet és merevséget csak a hézagmentes csiga-csigakerék kapcsolat teljesíti. Egyes esetekben az álló asztalt tárcsafék jellegű fék rögzíti. A mérőberendezés közvetlenül méri a forgóasztal elfordulását, ezért erre a célra különlegesen nagy felbontású és pontosságú forgó adókat fejlesztettek ki.

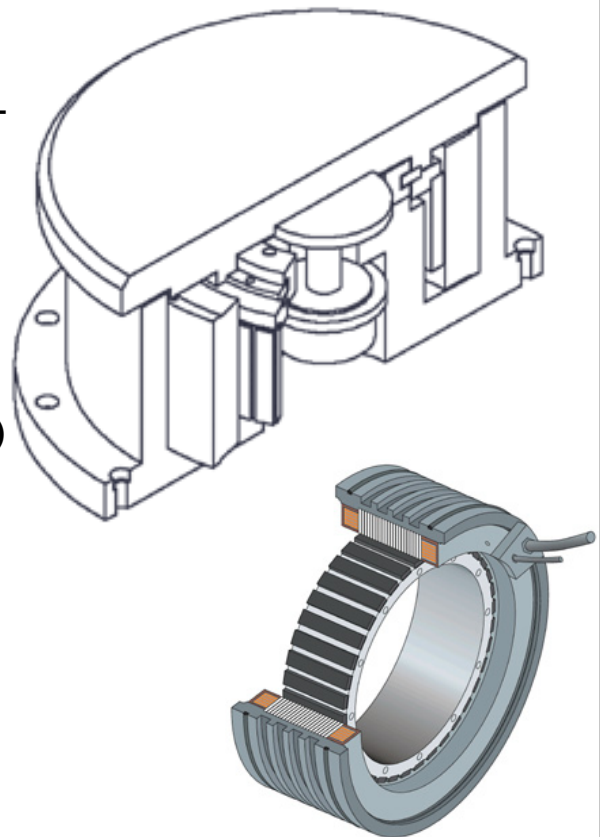
Ha az asztalon paletta van, akkor az asztal tetőn a palettát tájoló és rögzítő elemek találhatók. Ezek működtetéséhez általában hidraulikus energiára van szükség, amit fel kell vinni a forgó részre.

Újabban egyre inkább alkalmaznak integrált motoros kivitelű forgó asztalokat is.

Direkt motoros forgó asztal: nyomaték motor

Előnyök:

- Széles nyomaték tartomány viszonylag magas fordulatszám mellett
- Nagy dinamikus merevség:
~ 10^7 Nm/rad \approx 50 Nm/szögmp
- Jó ismétlési pontosság:
~ 1 szögmp
- Nincsenek mechanikusan kapcsolódó gépelemek (fogaskerék, szíj, stb.)
=>
 - Nincs kopás
 - Halkabb üzem
 - Kis inercia => nagyobb gyorsulások/lassulások
 - Kotyogásmentes, rezgésmentes => pontosabb, jobb felületi érdesség
 - Egyszerűbb karbantartás



Hasonlóan a lineáris motorokhoz a (főleg nagy nyomatékú és kis fordulatszámú) forgó mozgások létrehozására ma már léteznek közvetlen (tehát hajtómű nélküli) servo motoros hajtások is. Ezeket a motorokat **nyomaték motoroknak** nevezzük, mivel nagy nyomatékot tudnak előállítani.

Kefenélküli egyenáramú motor.

Állandó mágneses rotor (sok póluspár), és laminált stator. Légrés 0,5-1,5 mm.

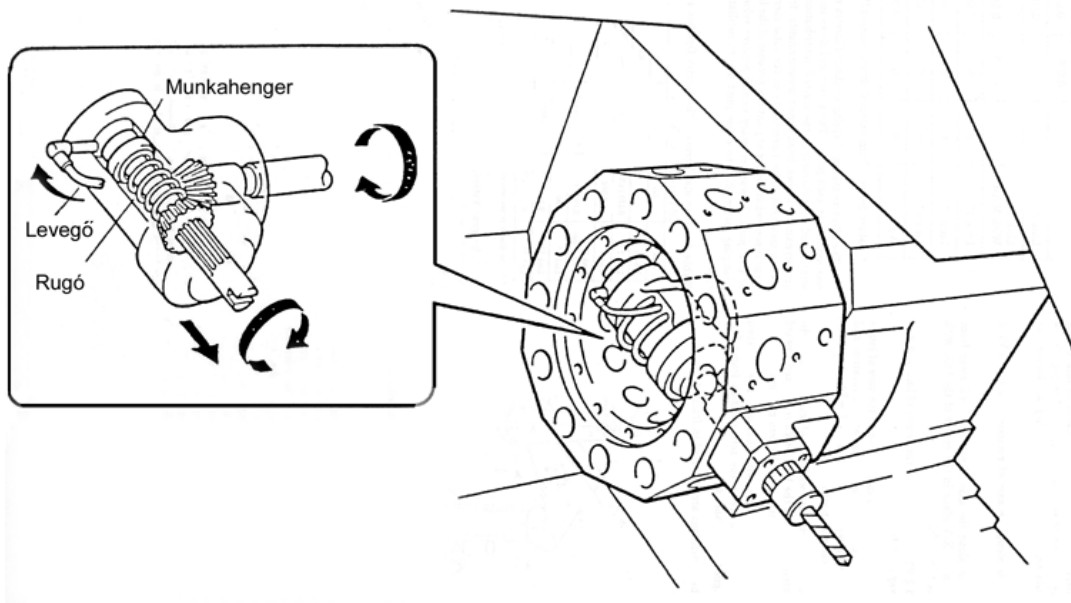
Általában 1000 ford/min alatti fordulatszámoknál alkalmazzák, mert a sok állandó mágneses póluspár miatt nagy az örvényáram-veszteség.

Ezek a motorok keret nélküli kivitelben kaphatók, ami azt jelenti, hogy nincsen motorház, csapágyazás, visszacsatoló berendezés, és a motor a szerszámgép (pl. körasztal) szerkezeti elemét képi (be kell építeni a szerkezetbe). Mivel a motort be van építve a szerszámgépbe, ezért a hűtésről kellőképpen gondoskodni kell (legjobb a folyadék hűtés).

<http://machinedesign.com/article/torque-motors-do-the-trick-0403>

Revolverfej

Forgó szerszámos revolverfej



A revolverfej kevés számú szerszám gyors váltásának eszköze. A hagyományos függőleges marógépeknél előfordult forgó szerszámokat tartalmazó revolverfej is. A revolverfej azonban elsősorban az NC esztergák általánosan használt egységeként terjedt el. A revolverfej diszkrét szöghelyzetekbe beállítható tárcsájába fogják az esztergáló szerszámokat. A tárcsa elfordulásakor a régi szerszám eltávozik a munkahelyzetből az új szerszám pedig munkahelyzetbe kerül.

A revolverfej elnevezés félrevezető, mert nem csak a szerszámokat tartalmazó tárcsát (fejet), hanem az ezt mozgató osztó szerkezetet is jelenti.

A tárcsát a szerszámgépgyár készíti, a kések szabványos szorításához szükséges fészkek elosztása, helyzete a szerszámgéptől függ. Az osztó egységet viszont erre a feladatra szakosodott gyártók készítik, és mivel a funkció megegyezik az osztó asztaléval, ezért a felépítés is hasonló. A tájoló elem a revolverfejnél is Hirth fogazású tárcsapár. A revolverfejeknél az osztó asztaloknál is elterjedt egyszerűbb konstrukciós felépítést alkalmaznak, ahol az osztó mozgást végző egység (revolver tárcsa) tengelyirányban is elmozdul.

Felhasznált irodalom

- Dr. Lipóth András előadás jegyzetei, 2003
- Horváth-Markos: Gépgyártástechnológia, Műegyetemi Kiadó, 2000, Azonosító: 45018
- Czéh M., Hervay P., Dr.Nagy P.S.: Megmunkálógépek, Műszaki Könyvkiadó, 1999, ISBN 963 16 1659 2
- THK Linear Motion Systems, Catalog No. 75-1AE, THK Co., LTD, Tokyo, Japan
- THK General Catalogue, 400-1E.pdf, <http://www.thk.com>, 2005
- SKF Roller Screws, 4351e.pdf, <http://www.skf.com>
- ROKWELL AUTOMATION, Linear Motion Solutions, <http://www.rockwellautomation.com/anorad/>, 2005
- MAZAK, szerszám gép katalógusok
- MORI SEIKI, szerszám gép felhasználói kézikönyv
- HEIDENHAIN, <http://www.heidenhain.de>
- BALLUFF, <http://www.balluff.com>
- KABELSCHLEPP, <http://www.kabelschlepp.de>