Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Bugyjás József

Elektromechanikus szerkezetek elemei

Változatlan utánnyomás

ÓE KVK 2019
Budapest, 2010.

Lektor: Baka Károly

elelős kiadó: Dr. Turmezei Péter az ÓE KVK dékánja
Készült az ÓE Nyomdájában
Műszaki vezető: Bélteky István
egyzetszám: ÓE KVK 2019
éldányszám: 250

Tartalomjegyzék

Kötések és kötőelemek 3
1. Kötések rugalmas alakváltozással 5
1.1. Csavarkötések 5
1.1.1. Menettípusok 6
1.1.2. Menetek méretezése 6
1.1.3. Rögzítő csavarok 8
1.1.4. Csavaranyák 12
1.1.5. Alátétek 12
1.1.6. Megoldások csavarkötésre 14
1.1.7. Mozgató csavarok 21
1.2. Szegkötések 22
1.2.1. Szegalakok 23
1.2.2. Szegkötések méretezése 25
1.2.3. Szegkötések kialakítása 26
1.2.4. Szegkötések biztosítása 27
1.2.5. Ék- és reteszkötések 27
1.2.6. Ék- és reteszkötések ellenőrzése 28
1.3. Bajonettkötések 29
1.3.1. Bajonettkötések alakkal-záró biztosítással 29
1.3.2. Bajonettkötések erővel-záró biztosítással 29
1.4. Befeszített kötések 30
1.4.1. Közvetlen befeszített kötések 30
1.4.2. Közvetett befeszített kötések 31
1.5. Szorítókötések 32
1.5.1. Szorítókötések méretezése 33
1.5.2. Szorítókötések kialakításai 34
1.6. Besajtolásos kötések 34
1.6.1. Keresztirányú sajtolás 35
1.6.2. Hosszirányú sajtolás 36
1.6.3. Sajtolásos kötések kialakítása 37
2. Kötések képlékeny alakítással 38
2.1. Szegecskötések 38
2.1.1. Szegecsalakok 39
2.1.2. Szegecskötések méretezése 40
2.1.3. Szegecskötések kialakítása 41
2.2. Peremezett kötések 44
2.2.1. Peremezett kötések kialakítása 44
2.3. Redős kötés 46

2.3.1. Redős kötések kialakítása ... 46
2.4. Lemezkötés hajtogatással ... 47
2.4.1. A korckötések kialakításai ... 47
2.5. Füleskötések ... 48
2.5.1. Közvetlen füleskötések ... 49
2.5.2. Közvetett füleskötések ... 50
2.6. Tűzött lemezkötések ... 51
3. Anyaggal-záró kötések ... 51
3.1. Forrasztások ... 51
3.1.1. Forrasztási eljárások felosztása ... 52
3.1.2. Forrasztható anyagok ... 56
3.1.3. Forrasztóanyagok kiválasztása ... 56
3.1.4. A folyósító anyagok ... 57
3.1.5. Forrasztott kötések számítása ... 58
3.1.6. Forrasztott kötések kialakítása ... 59
3.1.7. Üveg és keramikai anyagok forrasztása ... 61
3.2. Hegesztés ... 62
3.2.1. Hegesztési eljárások ... 62
3.2.2. Hegesztett kötések kialakítása ... 69
3.3. Ragasztás ... 71
3.3.1. Ragasztóanyagok fajtái ... 72
3.3.2. Ragasztott kötések számítása ... 73
3.3.3. Ragasztott kötések kialakítása ... 74
3.4. Tapasztott kötések ... 75
3.4.1. Tapaszok ... 75
3.4.2. Tapasztott kötések kialakítása ... 76
3.5. Beolvasztásos kötések ... 77
3.6. Beágyazások ... 77
4. Dobozos kötések ... 78
4.1. Dobozos kötések kialakítása ... 79
Finommechanikai működtető elemek ... 80
5. Tárolóelemek ... 80
5.1. Rugók ... 81
5.1.1. A méretés alapjai ... 81
5.1.2. Szerkezeti anyagok és megengedett feszültségek ... 82
5.1.3. Rugók csoportosítása ... 83
5.2. Hajtósúlyok ... 91
5.3. Dinamikus energiatárolók ... 92
5.3.1. Energiaátalakítók ... 92

5.4. A kinetikus energiatárolók 93
5.4.1. Lendítőtömeg 93
5.4.2. Pörgettyű 93
6. Vezető elemek 95
6.1. Tengelyek 95
6.1.1. Tengelyek szilárdsági méretezése 96
6.1.2. Forgótengelyek kritikus jelenségei 96
6.2. Csapágyak 97
6.2.1. Siklócsapágyak 97
6.2.2. Gördülőcsapágyak 100
6.3. Csúcs és drágakőcsapágyak 104
6.3.1. Csapágyfajták 105
6.3.2. Csapágyazási helyek kialakítása 107
6.4. Élágyak 108
6.5. Vezetékek 111
6.5.1. Csúszó vezetékek 112
6.5.2. Gördülő vezetékek 114
6.5.3. Rugós vezetés 15
7. Átalakító elemek 116
7.1. Fogaskerekek és fogaskerekes hajtóművek 116
7.1.1. A fogazás első törvénye 119
7.1.2. A fogaskerekek fő méretei 120
7.1.3. A fogazás második törvénye 120
7.1.4. Fogaskerék rendszerek 121
7.2. Dörzskerekes hajtóművek 122
7.2.1. Súrlódások megoldási módjai 122
7.2.2. Dörzskerekek szerkezeti anyagainak párosítása 123
7.3. Csavarmenetes hajtás 124
Mellékletek

KÖTÉSEK ÉS KÖTŐELEMEK

Kötésnek nevezünk minden olyan elempár kapcsolatot, ahol az egymással érintkező elempárok egymáshoz viszonyítva rendeltetésszerűen nem mozdulnak el. Ezeket a kapcsolatokat meg kell tervezni.

Az alkatrészek összekötésére sokféle szabványos kötőelemet használnak, de egyszerű kivitelű különleges kialakítással is találkozunk. Ez abból adódik, hogy a tömeggyártás az optimális konstrukcióhoz gazdaságos gyártási eljárást követel meg. Ezért az általános gépgyártástól eltérően a finommechanikai műszereknél és berendezéseknél alkalmazásra kerülnek olcsóbb alakkal záró kötések, mint pl. a füles kötés, a redőzés stb. vagy az anyaggal záró kötések, mint a beágyazások, a ragasztás, stb. Ezekkel a kötésekkel elkerülhetők az előállítási költségeket jelentősen növelő szűk gyártási tűrések.

A finommechanikai gyártmányok kötőelemeiben fellépő igénybevételek nagyon eltérőek és néha nehezen határozhatók meg. A szilárdsági számításokon kívül, különösen a tömeggyártásban, célszerű kísérleteket, ill. próbákat végezni, mert a gyártmányok üzemeltetése, szállítása során gyakran olyan járulékos igénybevételek lépnek fel, amelyeket már a konstrukció kialakítás során figyelembe kell venni. Számos megbízhatósági vizsgálat irányul az említett igénybevételek tesztelésére, mint pl. rázási vagy állandó gyorsulási vizsgálatok.

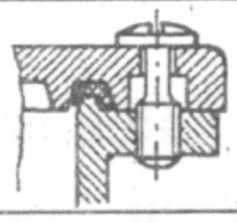
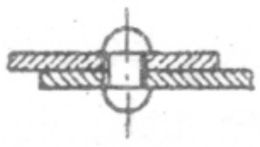
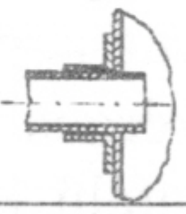
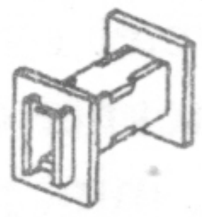
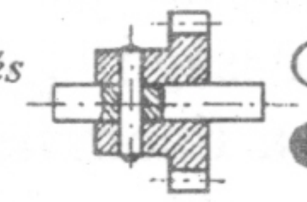
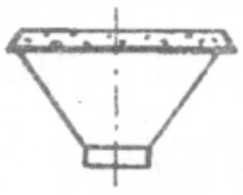
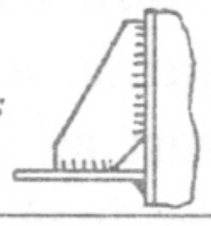
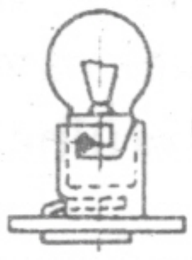
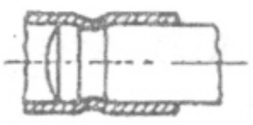
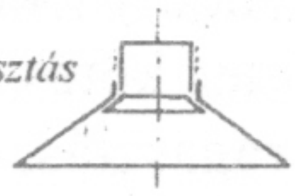
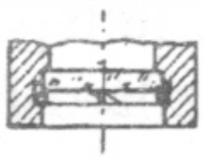
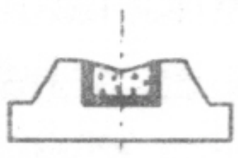
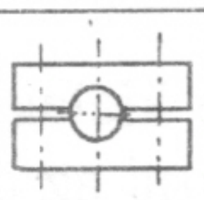
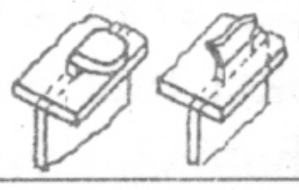
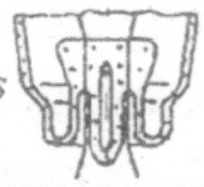
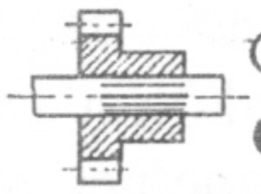
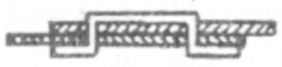
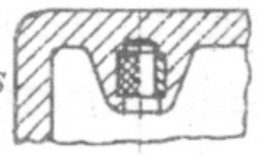
A kötések lehetnek **nem oldhatóak**, amikor a kötést csak a kötőelem vagy az alkatrész roncsolásával lehet megszüntetni, és lehetnek **oldhatóak**, amikor roncsolás mentesen összeszerelhetők ill. szétbonthatók.

A kötésfajtákat a zárások jellege szerint csoportosítjuk. Ezek szerint a kötés létrehozható:

- **rugalmas alakváltozással**, amelyekben a kötést súrlódó erőkkel valósítjuk meg, (pl. besajtolás)
- **képlékeny alakítással**, amelyeknél a kötés biztonságát a kötőelem vagy szerkezeti elem megfelelő kialakításával érjük el (pl. szegecselés, redőzés, füles kötés stb.)
- **anyaggal történő zárással**, amelyeknél a kötést molekuláris erők adják (pl. az anyagok belső kapcsolódása, hegesztés, forrasztás stb.)

A kötések különleges változata az ún. **dobozolt kötés**, amelynél az összekötésre kerülő alkatrészeket úgy alakítjuk ki, hogy kölcsönösen alakkal záró helyzetben legyenek, és a kötést oldódás ellen anyaggal-, alakkal-, vagy erővel zárással biztosítjuk. A finommechanika kötőelemeiről áttekintést ad a *1. 1. táblázat.*

1.1. táblázat. **A finommechanikai kötőelemek áttekintése**

A kötés létesül:	rugalmas alakváltozással	képlékeny alakváltozással	anyagváltozással	dobozolással
A kötésmód	*csavarkötés*  ○ ◐	*szegecselés*  ●	*forrasztás*  ◐ ●	○ ◐ ●  Több alkatrész egymásba illesztve. Összekötésüket valamelyik más kötésmód biztosítja. **A kötés:** **oldható** ○ **esetleg oldható** ◐ **nem oldható** ●
	szegkötés ékkötés  ○ ◐	*peremezés*  ●	*hegesztés*  ●	
	bajonettzár  ○	*redőzés*  ●	*ragasztás*  ◐ ●	
	befeszítés  ○ ◐ ●	*korcolás* ◐ ●	*tapasztás*  ●	
	szorítókötés  ○	*füles kötés*  ◐ ●	*beolvasztás*  ●	
	besajtolás  ○ ◐	*tűzés*  ●	*beágyazás*  ●	

A kötéseket megvalósíthatjuk járulékos kötőelemek alkalmazása nélkül, ezeket közvetlen kötéseknek nevezzük, pl. alkatrészek szegecselése szegecscsappal, vagy járulékos kötőelemekkel az ún. közvetett kötések, pl. olyan szegecselés, ahol a szegecs a kötőelem).

1. Kötések rugalmas alakváltozással

Rugalmas alakváltozással létesített kötések az összekötendő alkatrészekben keletkezett rugalmas feszültségek következtében keletkeznek és rendszerint oldhatóak.

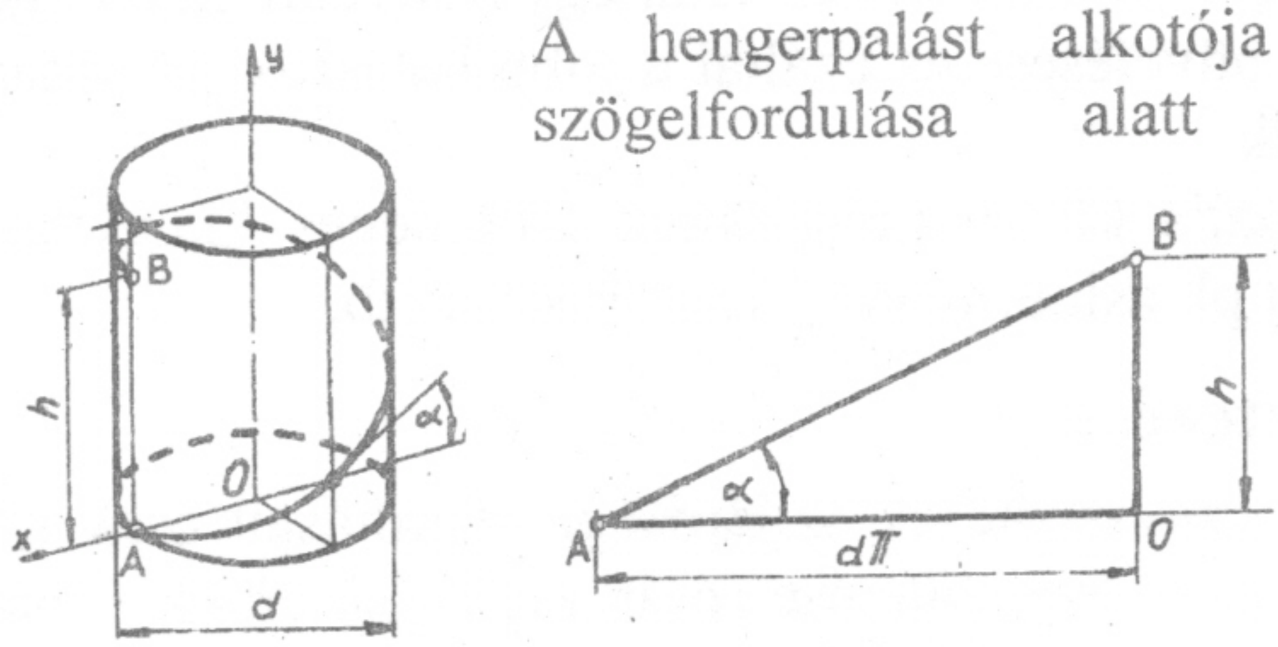
E kötésfajtákhoz tartoznak:

1. 1. csavarkötések
1. 2. szeg-, ék- és reteszkötések
1. 3. bajonettkötések
1. 4. befeszített kötések
1. 5. szorítókötések
1. 6. besajtolásos kötések

1. 1. Csavarkötések

Az elektromechanikus szerkezetekben az egyik leggyakrabban alkalmazott kötésfajta a csavarkötés. Az összekötendő alkatrészeket a kötőelemeken, vagy az alkatrészeken kialakított menetek ékhatása szorítja össze. A csavarkötés szilárd és oldható. A menetek alapformája csavarvonal.

Csavarvonal úgy származtatható, hogy egy „d" átmérőjű hengerpaláston egy egyenest „α"szög alatt körbe forgatunk (*1.1. ábra*).



1.1.ábra **Csavarvonal**

A hengerpalást alkotója mentén a csavarvonal 2Π szögelfordulása alatt elért magasságot: „h"-t **menetemelkedés**nek, az „α" szöget a menetemelkedés szögének nevezzük.

A közöttük fennálló kapcsolat: $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{h}{d \cdot \Pi}$ (1.1)

Ha a csavarvonal jobb irányba emelkedik **jobbmenetű**, ha ellenkező irányba emelkedik, akkor **balmenetű** csavarvonalról beszélünk.

Ha a csavarvonal mentén különböző profilú síkidomokat vezetünk végig, akkor kapjuk meg a kötésre, vagy haladó mozgás létesítésére alkalmas menetprofilokat, ill. meneteket. Leggyakoribbak a háromszög, a félkör, a négyszög és a trapéz profilok. Menetek kialakíthatók vagy az összeerősítendő alkatrészeken, vagy a rögzítésre szolgáló szabványos menetes kötőelemeken, a csavaranyákon és csavarokon. A csavar és az anya párosíthatóságához szükséges, hogy a menetemelkedésük, a középátmérőjük és a menetprofiljuk megegyezzék.

1.1.1. Menettípusok

A csavarokon és csavaranyákon alkalmazott menetprofil szelvények a felhasználási területüknek megfelelően különbözőek lehetnek. A menetprofil szelvényeket is szabványosították, amelyek a *I.* sz. mellékletben az alkalmazási területek figyelembevételével kerültek összeállításra. Általában megkülönböztetünk kötő és mozgató meneteket.

A kötő csavarok hosszirányú erők hatására nem oldódnak, vagyis a menetek önzáróak. Ennek a feltételnek azok az élesmenetű csavarok felelnek meg, amelyeknek a menetemelkedési szöge kicsi. Kétféle kivitelben készül, az $\alpha = 60^{\circ}$-os profilszöggel és metrikus méretekkel, valamint az $\alpha = 55^{\circ}$-os profilszöggel és angol zoll méretekkel. Európában a metrikus menetet alkalmazzák. Régebben széles körben alkalmazták a Whitworth meneteket. Jelenleg csupán az angolszász országokban elterjedt.

A mozgatócsavarok segítségével erőt vihetünk át, ill. forgómozgást alakíthatunk hosszirányúvá, vagy fordítva. Ezt a követelményt olyan menet biztosítja, melynek csúcsszöge kicsi, menetemelkedése nagy. A trapézmenetek bármilyen irányban tudnak erőt átvinni, a fűrészmenetek csak egy irányban. A mozgatócsavarokat a menetemelkedés növelésére és ezáltal a jobb hatásfok javítására gyakran több bekezdéssel készítik.

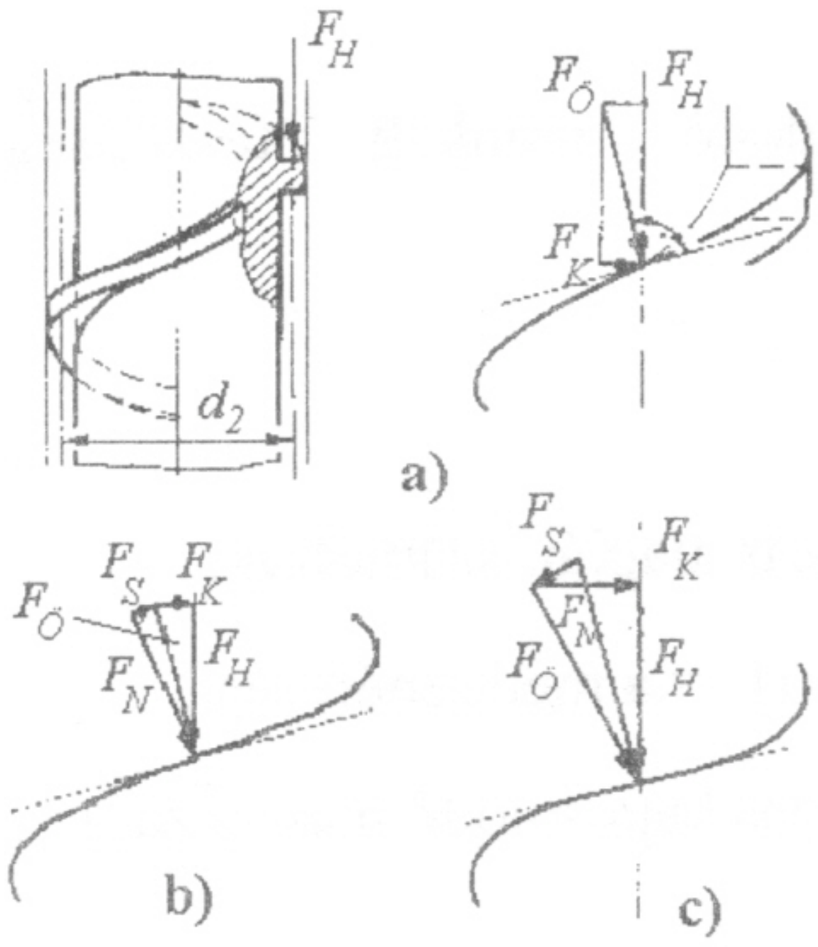
Egyes esetekben a speciális követelményekhez különleges kialakítású csavarprofilokat készítenek, mint pl. zsinórmenet, elektromenet stb.

1.1.2. Menetek méretezése

A finommechanikában a csavarkötések szilárdsági számításait csak különleges esetekben végezzük el, mert üzemeltetése során kis külső erőkkel vannak igénybevéve. A méreteket legtöbbször a konstrukció kialakítása, vagy az alkalmazott gyártástechnológia határozza meg. Gazdaságossági szempontból pedig irányadó az, hogy egy műszeren belül minél kevesebb csavarféleséget alkalmazzunk. Ez azt eredményezi, hogy helyenként az alkalmazott kötőelemek túlméretezettek. Természetesen az esetenként komolyabb igénybevételekre alkalmazásra kerülő kötések tervezésekor szükséges a szilárdsági számítások elvégzése. A hosszirányú igénybevételen kívül meghúzáskor a terhelés nyíró-igénybevételeket, a csavarfej vagy anya egyoldalú felfekvése pedig hajlítóigénybevételet okozhat. A járulékos igénybevételeket a biztonsági tényező megfelelő választásával esetenként vesszük figyelembe.

Az előfeszítés nélküli, hosszirányban terhelt csavarok méretezése:

Az F_H húzóerő és a F_K kerületi erő a 1.2. ábrán látható lapos menet esetén, a menet középátmérőjén hatnak és egyensúly esetén $F_ö$ eredő erővé adódnak össze, amely merőleges a menetre.



1.2. ábra **Erőhatások csavarokon**
a) súrlódás nélkül; b) lefelé mozgás; c) felfelé mozgás

$F_K = F_H \cdot tg\alpha$ (1.2) α – a menetemelkedés szöge

Ezt az összefüggést a mozgás irányával ellentétesen ható F_s súrlódó erő az alábbiak szerint módosítja: $F_s = F_N \cdot tg\rho$ (1.3)

F_N - -az eredő erő normál összetevője;

$tg\,\rho = \mu$ – súrlódási tényező

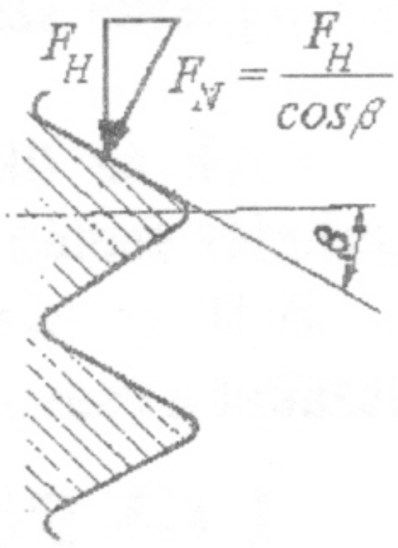
$F_K = F_H \cdot tg(\alpha \pm \rho)$ (1.4) „+" jel utal arra az elmozdulásra, amikor a terhelés ellen dolgozik

A szükséges forgatónyomaték:

$M = F_H \cdot \frac{d_2}{2} tg(\alpha \pm \rho)$ (1.5) ahol $d_2 = \frac{d + D_1}{2}$

d_2 – átlagos teherviselő átmérő; d – menet magátmérő; D_1 – anya magátmérő,

Élesmenetnél a *1.3.* ábra alapján F_H erő helyett az $\frac{F_H}{\cos\beta}$ normál összetevő veendő figyelembe.



1.3. ábra **Élesmenetű csavar**

Húzó- vagy nyomó feszültség esetén a csavarkötésnek a következő feltételt kell kielégítenie:

$$\sigma_h = \frac{F_H}{A} = \frac{4 \cdot F_H}{d^2 \cdot \Pi} \le \sigma_{h\,meg} \quad (1.6)$$

A menetes alkatrészek méretezését a biztonság növelése végett mindig a magkeresztmetszetre végezzük el, így

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_H}{\Pi \cdot \sigma_{h\,meg}}} \quad (1.7)$$

A terhelés alatti meghúzáskor a csavarra ható forgatónyomaték a mag keresztmetszetben csavarófeszültséget okoz.

$$\tau = \frac{M_{cs}}{K_{cs}} = \frac{F_H \cdot \frac{d_2}{2} tg(\alpha + \rho)}{\frac{d^3}{32}\Pi} = \frac{16 \cdot F_H \cdot d_2 tg(\alpha + \rho)}{d^3 \cdot \Pi} = \frac{2 \cdot \sigma_h \cdot tg(\alpha + \rho) \cdot d_2}{d} \quad (1.8)$$

A húzó- és csavarófeszültségből adódó redukált feszültség: $\sigma_r = \sqrt{\sigma_h^2 + (a \cdot \tau)^2} \leq \sigma_{h\,meg}$ (1.9)

Ahol acélra $a = \frac{\sigma_{meg}}{\tau_{meg}} = 1.43$

A menetek teherbíró képességét a palástnyomás alapján számoljuk.

$p = \frac{F_H}{A} \leq p_{meg}$ (1.10) $A = d \cdot \Pi \cdot H_1 \cdot i$ H_1 = a menetmélység

Adott magátmérő és húzóerő esetén a szükséges kapcsolódó menetszám:

$$i = \frac{F_H}{d \cdot \Pi \cdot H_1 \cdot p_{meg}} \quad (1.11)$$

Adott csavarátmérő és ismert terhelés esetén az anya magassága az $m = ih$ segítségével számítható.

Ha az anya és a csavar azonos anyagból készül m= (0.8 … 1)d hozzávetőleges képlettel számítható, ha különböző anyagból $m = d\frac{\sigma_{csavar}}{\sigma_{anya}}$ (1.12)

Ezek az ökölszabályok túlméretezett becsavarási hosszakat adnak, ezért túlterhelés esetén először a csavar törik el, ami általában a kívánatos.

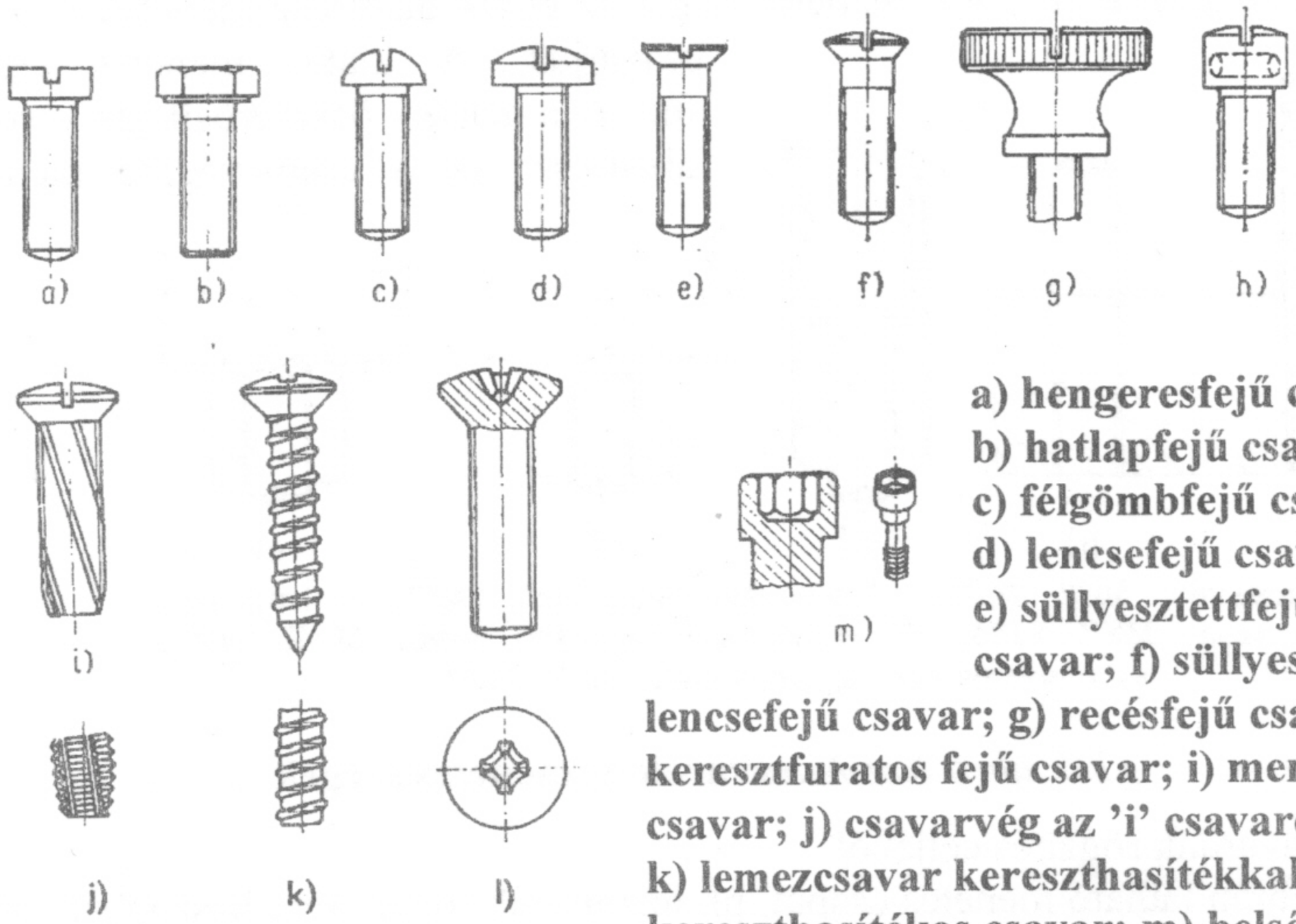
A II. sz. melléklet a Pöschl-féle diagramot mutatja, amelyből a becsavarási hosszakat a csavar és az anya szilárdságának függvényében vehetjük.

1.1.3. Rögzítő csavarok

A rögzítőcsavarok alakja a felhasználási területnek megfelelően más és más. A leggyakrabban használatos csavarfej alakok a *1.4 ábrán* láthatók. Hengeres- és hatlapfejű csavarok olyan helyen használhatóak, ahol alakjuk és szögletes fejük nem jelent akadályt. Ezekkel a csavarokkal nagyobb összekötő erő biztosítható.

Kisebb igénybevételre és esztétikai követelmények kielégítésére alkalmazzák a félgömb- és lencsefejű csavarokat. A lencsefejű csavarok fejátmérője nagyobb, mint a hengeresfejű csavaré, ezért jól használhatóak villamos csatlakozások szorítócsavarjaiként.

Helyhiány miatt alkalmazzák a süllyesztett- ill. süllyesztett lencsefejű csavarokat, amelyek feje többé-kevésbé a felülethez **simul.**



a) hengeresfejű csavar; b) hatlapfejű csavar; c) félgömbfejű csavar; d) lencsefejű csavar; e) süllyesztettfejű csavar; f) süllyesztett lencsefejű csavar; g) recésfejű csavar; h) keresztfuratos fejű csavar; i) menetfúró csavar; j) csavarvég az 'i' csavaron; k) lemezcsavar kereszthasítékkal; l) kereszthasítékos csavar; m) belső hatlapfejű csavar

1.4. ábra **Szokásos csavaralakok**

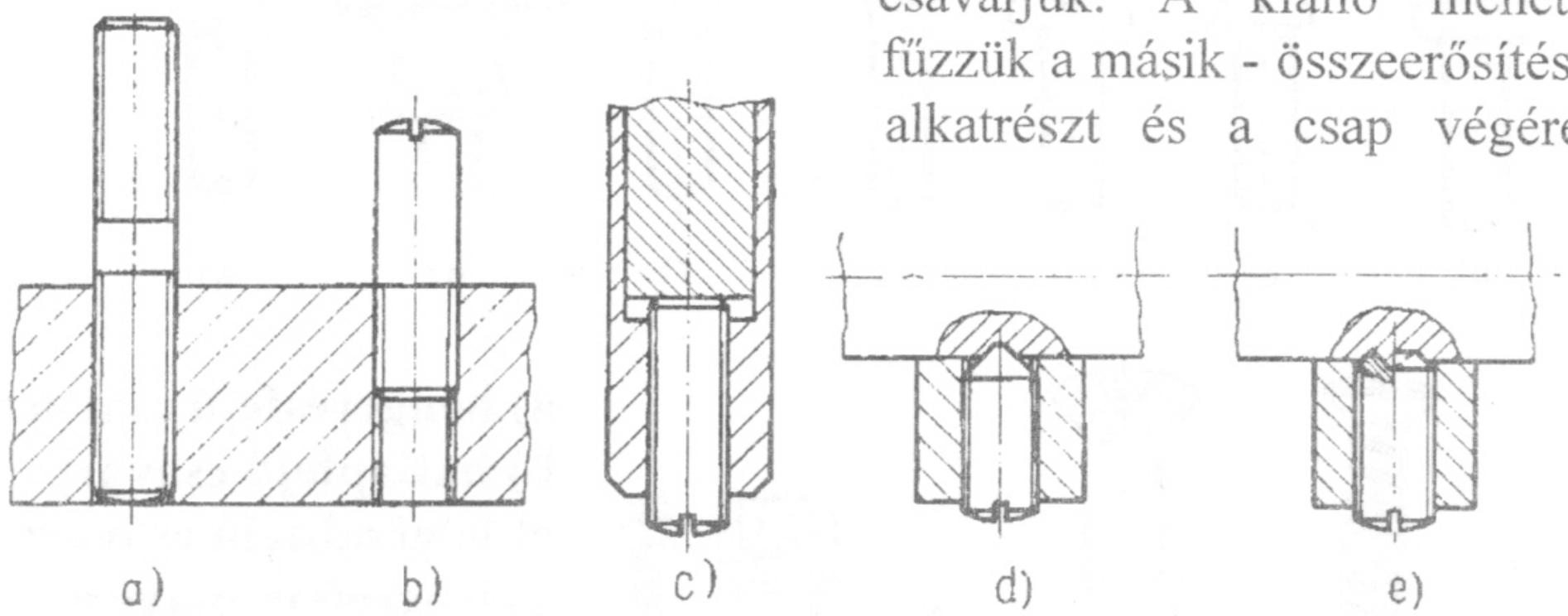
Recésfejű csavarokat olyan kötéseknél alkalmaznak, ahol a gyors össze- és szétszerelés lehetőségét kell biztosítani, valamint szerszám nélkül, szabadkézzel kell az oldást ill. a rögzítést végrehajtani.

Lágy anyagból, pl. alumíniumból készült alkatrészek, és ritkán oldásra kerülő kötések létrehozásakor menetfúró csavarokat alkalmaznak. A lágy lemezek összekötésére lemezcsavarok alkalmazhatók. Mindkét esetben csak a magfuratot készítik el és az anya a menetet becsavaráskor állítja elő. A belső hatlapfejű csavar feje kis helyet foglal el, és nagy szilárdságot biztosít.

Speciális feladatok megoldására különleges csavarfej kialakításokat alkalmaznak

A *1.5. ábra* a fej nélküli ászokcsavarokat és menetes szegeket mutat be. Mindegyik típus fej nélküli kiképzésű.

- Az ászokcsavar (*a* ábra) menetes végét az egyik alkatrész menetes furatába csavarjuk. A kiálló menetes csapra fűzzük a másik - összeerősítésre kerülő - alkatrészt és a csap végére menetes



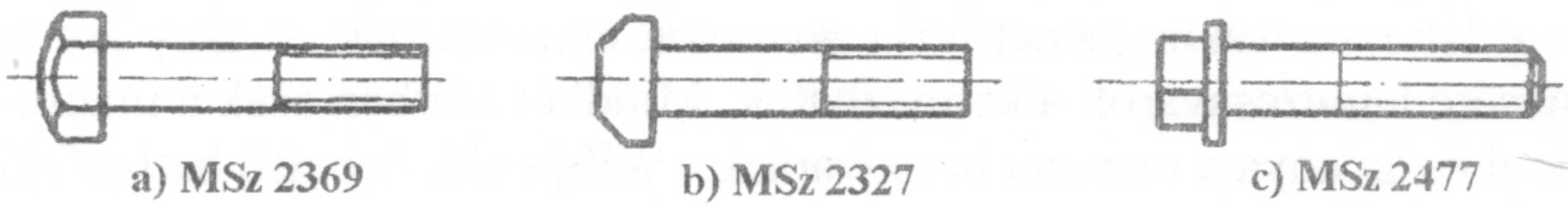
a) ászokcsavar, MSZ 2404; *b)* menetes csap, MSZ 2420; *c)* kúpvégű menetes szeg, MSZ 2424; *d)* csúcsvégű menetes szeg, MSZ 2421; *e)* menetes szeg gyűrűs éllel, MSZ 2422

1.5. ábra **Ászokcsavarok és menetes szegek**

anyát csavarunk rögzítés céljából.

- A (*b*) ábrán látható menetes csapot, pl. húzórugók rögzítésére használják, vagy olyan darabok tengelycsonkjaként, amelyek csak lassan vagy ritkán forognak.
- A (*c*) ábrán kúposvégű menetes szeg látható, amelyet szorító-, vagy beállító csavarként alkalmazzuk. A (*d*) ábrán látható hegyes és az (*e*) ábrán látható gyűrűs élű menetes szegek rögzítésre használatosak.

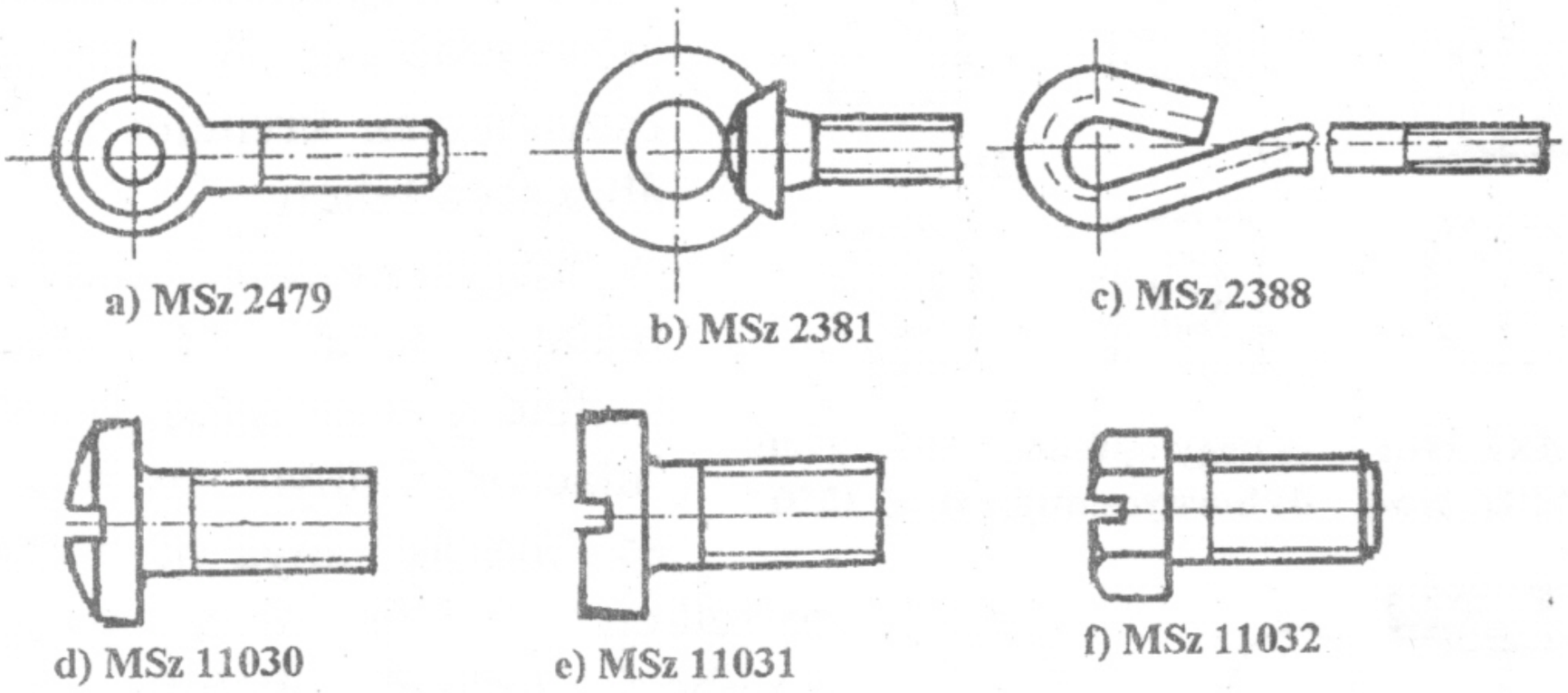
Nagyszilárdságú kötést igénylő helyeken, pl. antenna szerelvények összeerősítésére, alkalmaznak hatlap - vagy négylapfejű, peremes vagy perem nélküli kivitelű kapupántcsavarokat. (*1.6. ábra)*



1.6. ábra **Kapupántcsavarok**

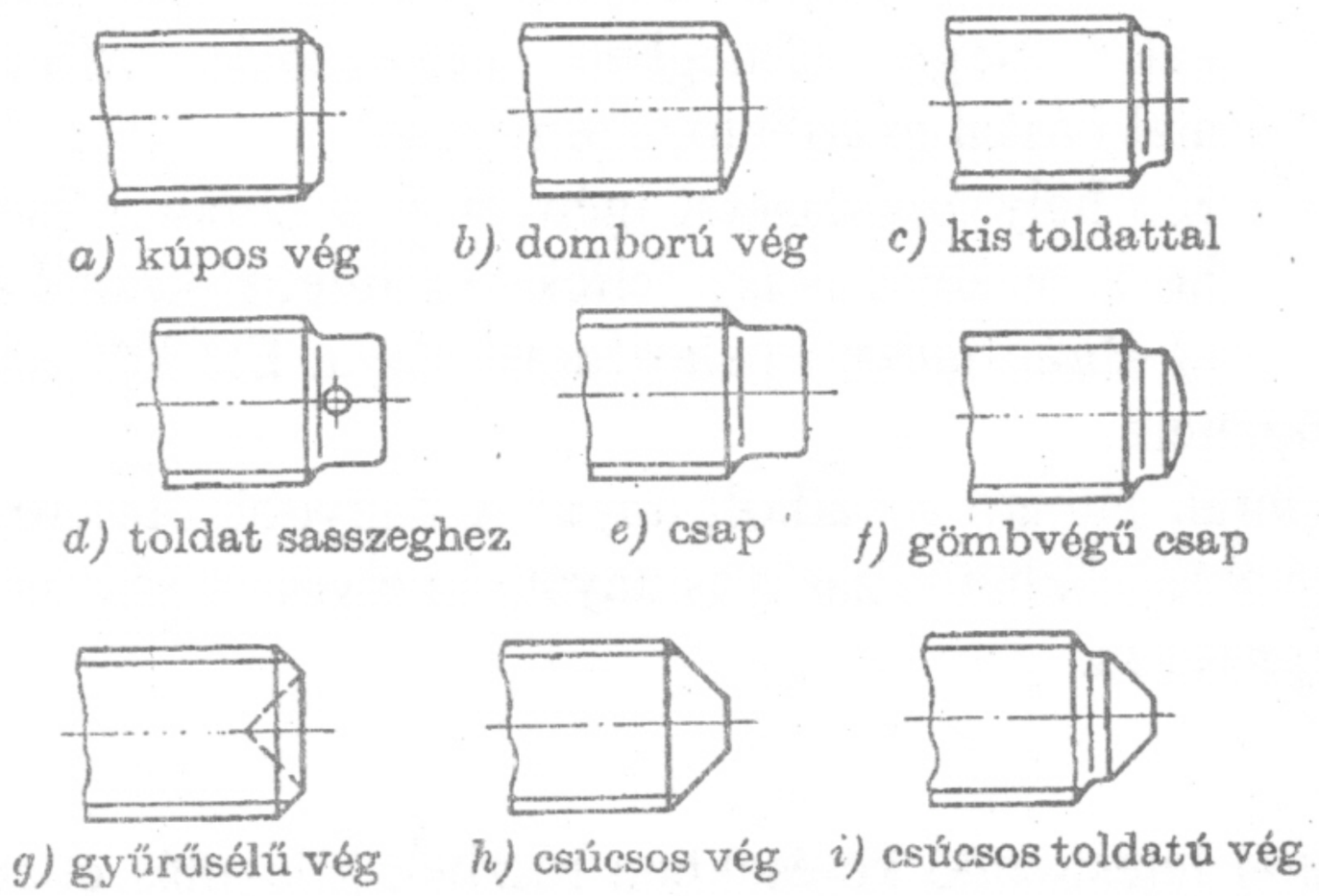
A *1.7.* ábrán különleges feladatok megoldására használt különleges csavar típusokat látunk.

A *1.7. a),b)c)* ábra szemes csavar típusok, *d),e) f)* lemezfejű, hengeresfejű és hasított hatlapfejű csavarok láthatók, amelyeket erősáramú elektromos kötések létesítésére alkalmaznak



1.7. ábra **Különleges csavarfejek**

A csavarok az alkalmazási területüktől függően különböző végkiképzéssel készülhetnek, melyek a *1.8.* ábrán láthatók.



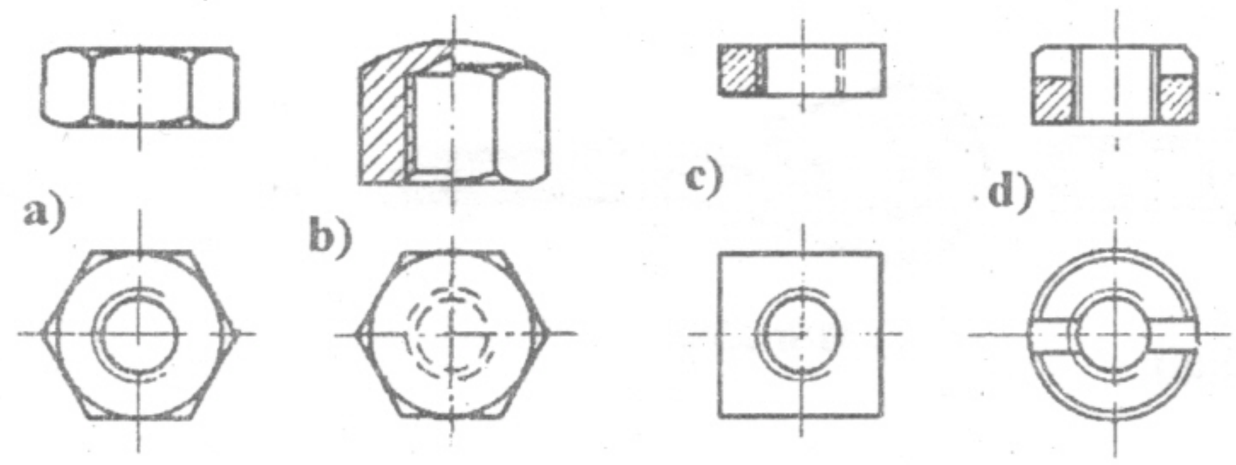
1.8. ábra **Csavarvégződések (MSZ 223)**

A kúpos és domború vég kiképzésű (*a,b ábra*) csavarokat normál rögzítő csavarként alkalmaznak. A *c),d)* ábrán látható csavarvég kiképzéseket rögzítő és beállító csavarnál, az *e) f)* ábra csavarvég kiképzéseket nyomó-csavaroknál, ill. sasszeggel rögzítő csavaroknál alkalmazzák.

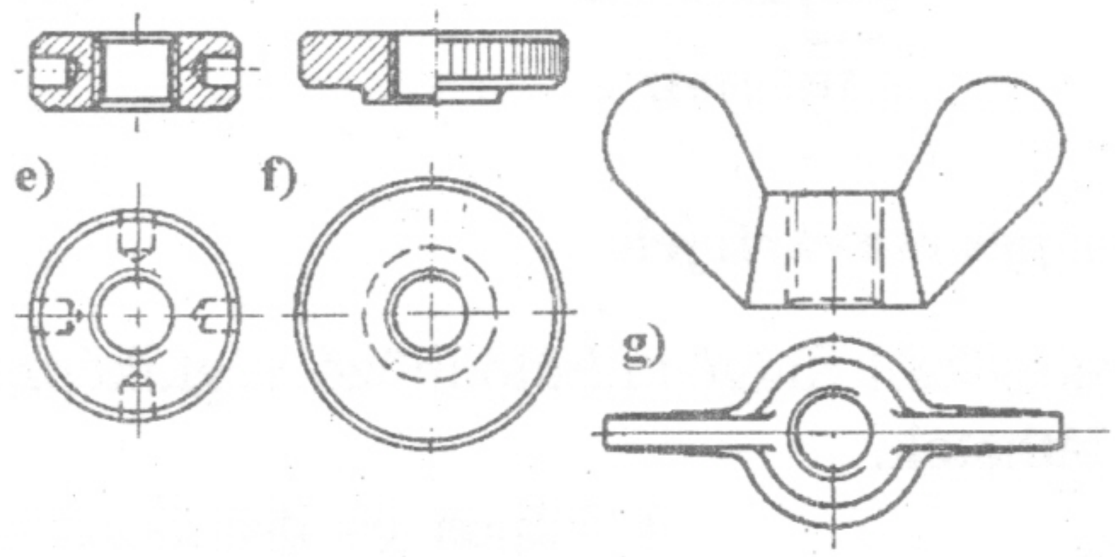
Szorításhoz, ill. kisebb jelentőségű központosításhoz a *g), h), i)* ábrán látható csavarvégek alkalmazhatók.

1.1.4. Csavaranyák

A csavarkötés másik eleme a menetes anya, amely szintén szabványosítva kerülnek gyártásra és felhasználásra. A szokásos csavaranyák kivitelét a *1.9.* ábra szemlélteti.



a) hatlapú anya MSZ 2161
b) koronás anya MSZ 2164
c) négylapú anya MSZ 2140
d) hornyos anya MSZ 2270



e) palástfuratú anya MSZ 2272
f) rovátkolt anya MSZ 2280
g) szárnyas anya MSZ 2183

1.9. ábra **Csavaranyák**

A leggyakrabban használt a hatlapú anya *(a ábra)* kétféle magasságban készül, "alacsony" anya m = 0.5d és "magas" anya m = 0.8d méretben. A *b)* ábra hatlapú domború tetővel ellátott anyát mutat be, amely esztétikai követelményt elégít ki.

Négylapú anyát (*c ábra*) ott alkalmaznak, ahol elfordulás ellen az anyát alakkal záróan biztosítani kell. Nagy tömegben forgácsolás nélküli alakítással gyártható, ezért olcsó.

Kis helyszükségletet igényel a *d)* ábrán látható hornyos anya. Nagy felfekvő felülettel készül az *e)* ábrán látható palástfuratú anya. Ezt különleges kulccsal lehet oldani és rögzíteni.

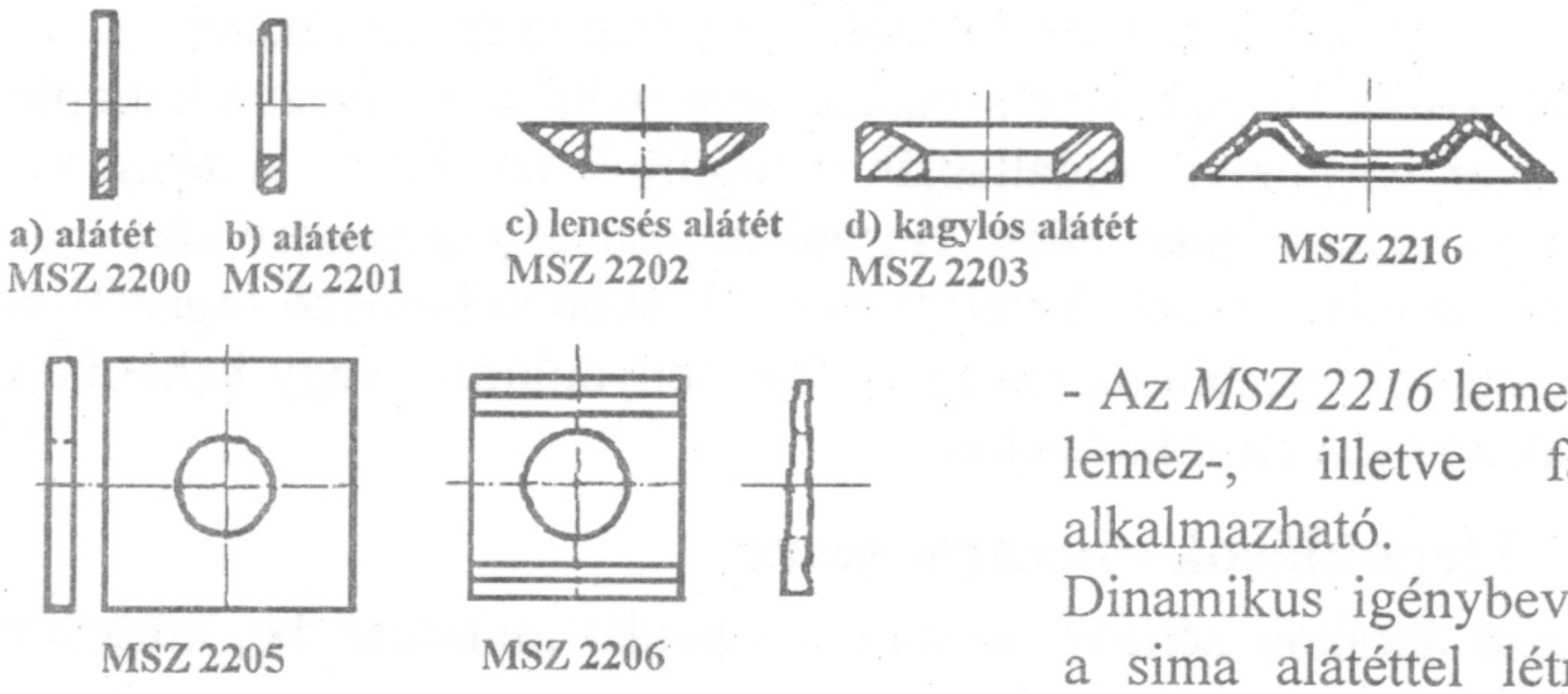
Kézzel szerelhető az *f)* ábrán látható rovátkolt anya. A nagyobb átmérőjű csavarokhoz alkalmazzák a *g)* ábrán látható szárnyas anyát, amelynél a szárnyakon nagy forgatónyomaték fejthető ki.

1.1.5. Alátétek

A csavarok, ill. anyák által létesítendő kötésekben részben kilazulás elleni biztosításához, részben a felfekvő felületek egyenetlenségének kiküszöbölésére alátéteket használunk.(*1.10. ábra)*

- Az *a), b)* ábra sima, lágy alátét, melyeket felfekvő felületek egyenetlenségének kiküszöbölésére használnak. Rögzítő erő hatására az alátét deformálódik és így a teljes felfekvő felületen adódik át a szorító erő.
- A *c)* ábra lencsés-, a *d)* ábra kagylós alátétet mutat be, mindkettő az önbeállás lehetőségét biztosítja. Az *MSZ 2205* négyszögletes alátétet ábrázol fakötésekhez.

- Az *MSZ 2206* lejtős alátétek 'U' illetve 'I' szelvényhez biztosítanak jó felfekvő felületeket.

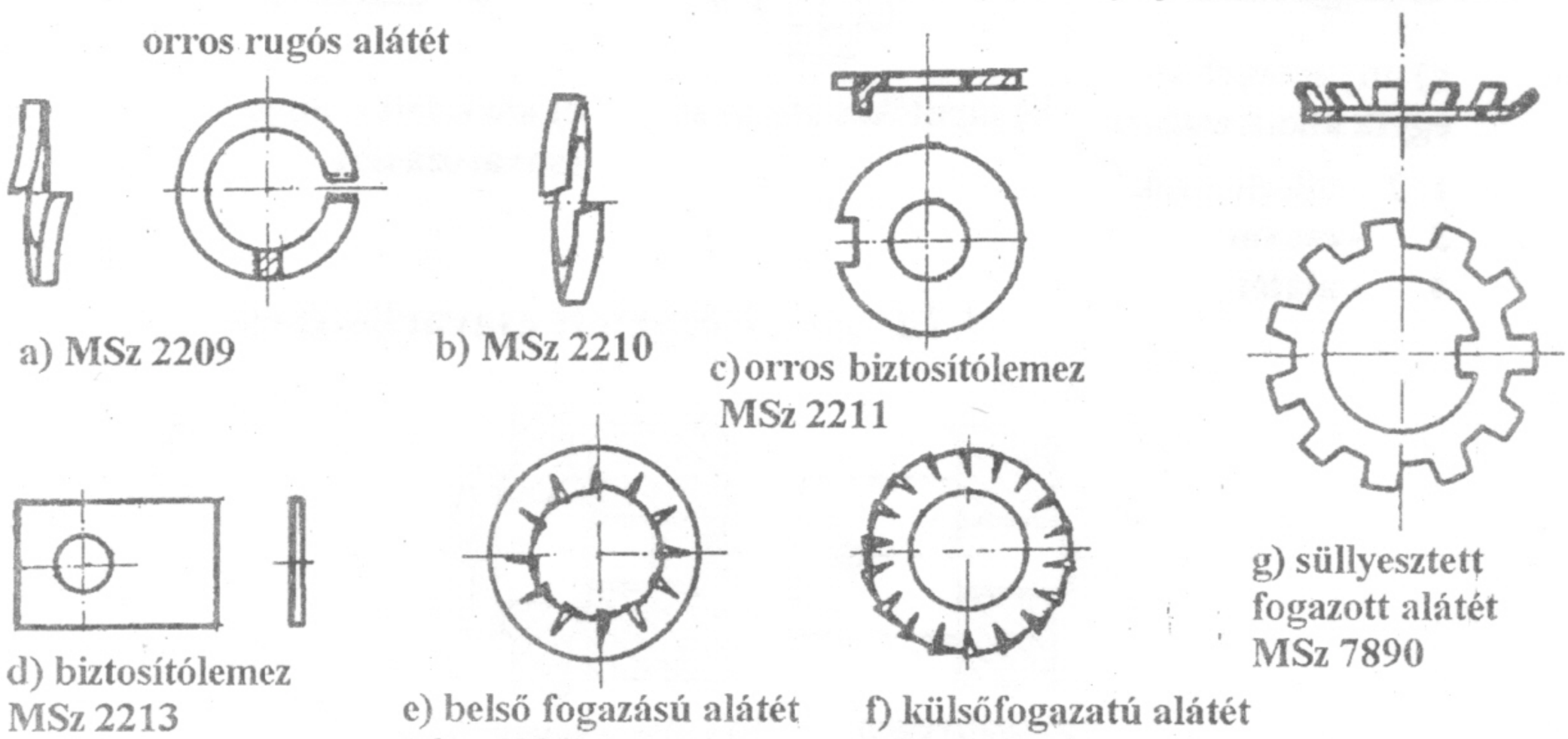


1.10. ábra **Alátétek**

- Az *MSZ 2216* lemez alátét pedig lemez-, illetve facsavarokhoz alkalmazható.

Dinamikus igénybevételek esetén a sima alátéttel létrehozott csavarkötések könnyen meglazulnak, géptöréshez vagy a műszer pontatlansághoz vezethetnek. Ezért olyan alátétek használnak, amelyek mechanikusan biztosítanak elfordulás ellen megfelelő szorítóerőt.

A *1.11.* ábrán látható alátétek a kötések elfordulása ellen nyújtanak biztosítást.



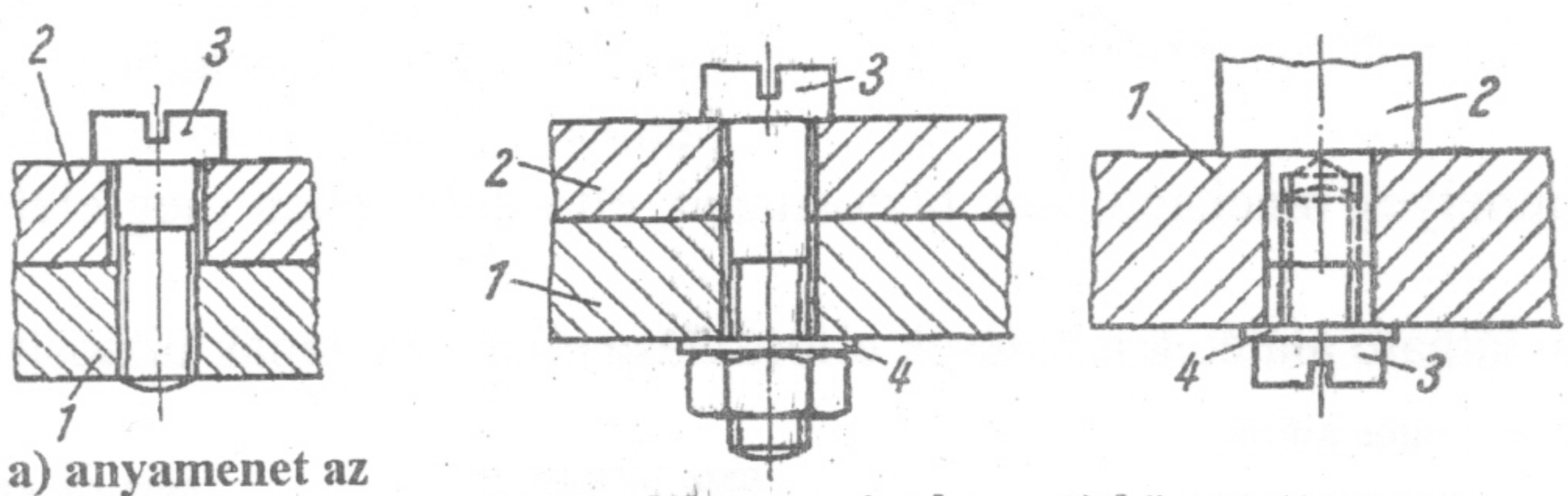
1.11. ábra **Elfordulásellen biztosító alátétek**

A *a)* és *b)* ábra orros rugós- és normál rugós alátét mutat, ahol a felhasított és kihajlított élek az anya és az alkatrész felületébe benyomódnak és így a kicsavarodás ellen az edzett alátétek élei nagy rögzítő erőt létesítenek.

A *c)* ábra orros biztosítólemezt ábrázol. A kihajlított fül az alkatrészben kialakított furatba nyúlik be, míg vele szemben lévő oldalon a lemezt a hatlapfejű anya, vagy csavar valamelyik oldallapjához hajlítjuk fel. Ezzel biztosítható a csavar, vagy anya az elfordulás ellen. Hasonlóan csavar rögzítésére alkalmas a *d)* ábrán látható biztosító lemez. Az *e), f)* és *g)* ábrákon különböző fogazott alátétek láthatók, melyek szintén az anyagba való benyomódás, vagy behajlítások útján biztosítják a kötést elfordulás ellen.

1.1.6. Megoldások csavarkötésre

A következő ábrákon néhány alkalmazási példát mutatunk be, különböző csavarkötés módokra.



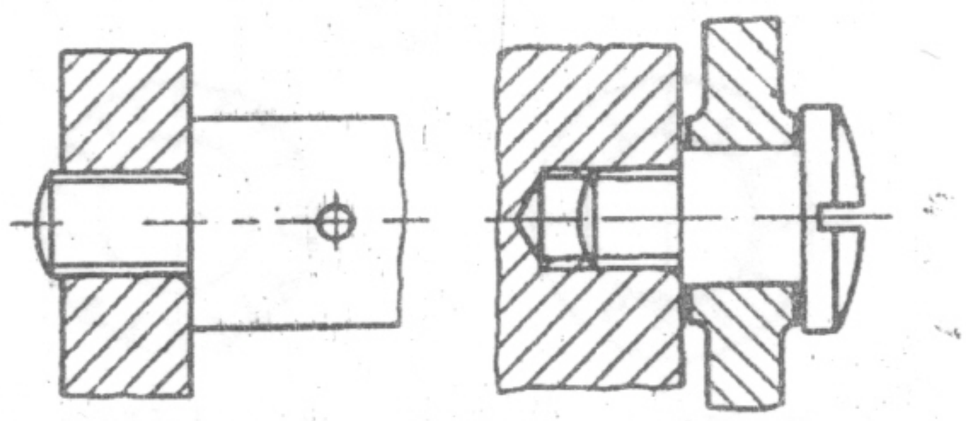
a) anyamenet az egyik alkatrészben

b) járulékos anyával

c) közvetett csapos csavarozással

1, 2 - alkatrészek
3 - csavar
4 - alátét

1.12. ábra **Közvetett csavarkötések**

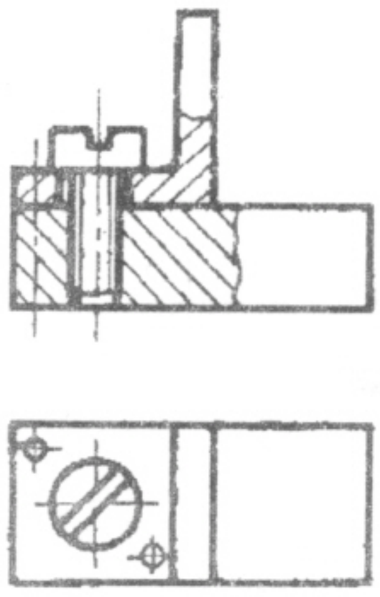


a) csapvégen **b) vállas csavar**

1.13. ábra **Közvetlen csavarkötés**

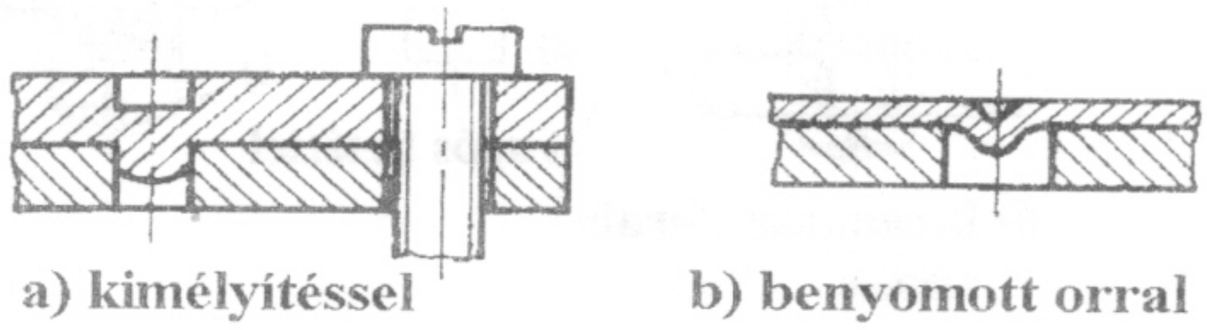
1. Csavarkötések helyzetbiztosítása

Az egymással összecsavarozott darabok helyzetbiztosítása akkor szükséges, ha pl. ismételt leszerelések után is minden különösebb nehézség nélkül újra a megfelelő helyzetbe kell őket állítani. Ezt, a reprodukálhatóság megkívánt pontosságától függően illesztőszeggel, vagy különleges kialakítású illesztőfelülettel érhetjük el. Egyedi gyártásban a helyzetet általában két illesztőszeggel biztosítjuk (*1.14.* ábra).



1.14. ábra **Helyzetbiztosítás szeggel**

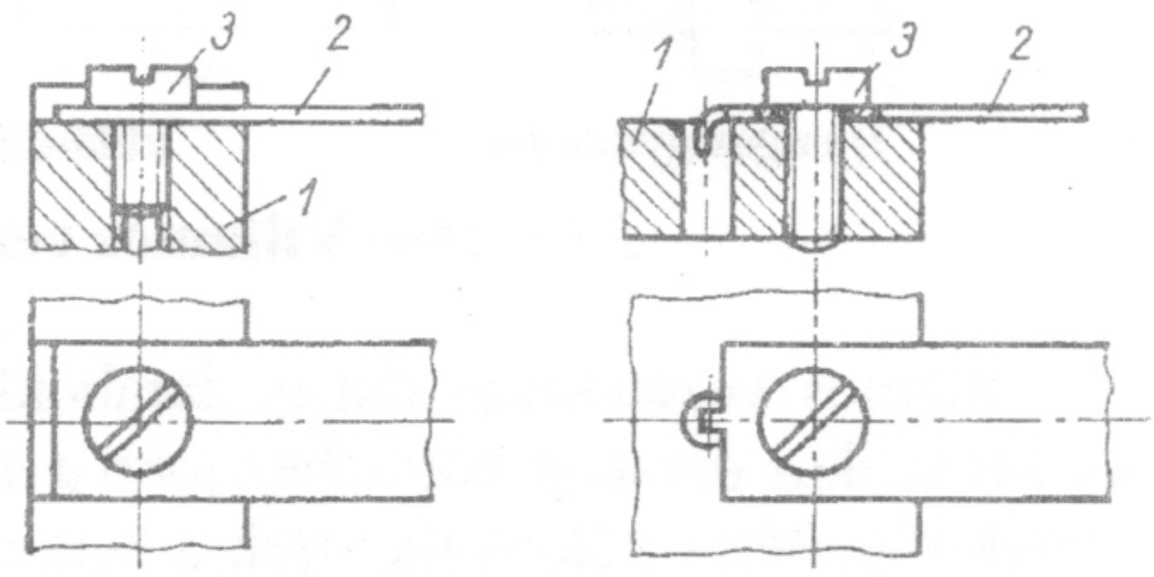
Tömeggyártással *sajtolt alkatrészeknél* a helyzetbiztosítás már a sajtolásnál kialakítható. A síkfelület bemélyítése, pl. az óraiparban a lemezen elhelyezett pofa helyzetét biztosítja (*1.15.a* ábra). Vékony lemezekhez és kisebb helyzetpontosságra elegendő a *1.15.b)* ábra szerinti benyomott orr is.



a) kimélyítéssel **b) benyomott orral**

1.15. ábra **Helyzetbiztosítás sajtolt daraboknál**

A helyzetbiztosításokkal leggyakrabban rögzítőcsavarok takaríthatók meg egyfuratos rögzítéssel. Ekkor a kötést támadó erőt egyetlen csavar veszi fel, az elfordulás még meglevő szabadsági fokát alakkal-záró biztosítás küszöböli ki. Az *a)* ábrán az egyik alkatrészben horony van, amelyik a másik darabot elfordulás ellen biztosítja. A *b)* ábrán a felcsavarozott darab hajlított lapkája a másik alkatrész furatába nyúlik.



a) horonyba helyezéssel **b) behajlított lapkával**

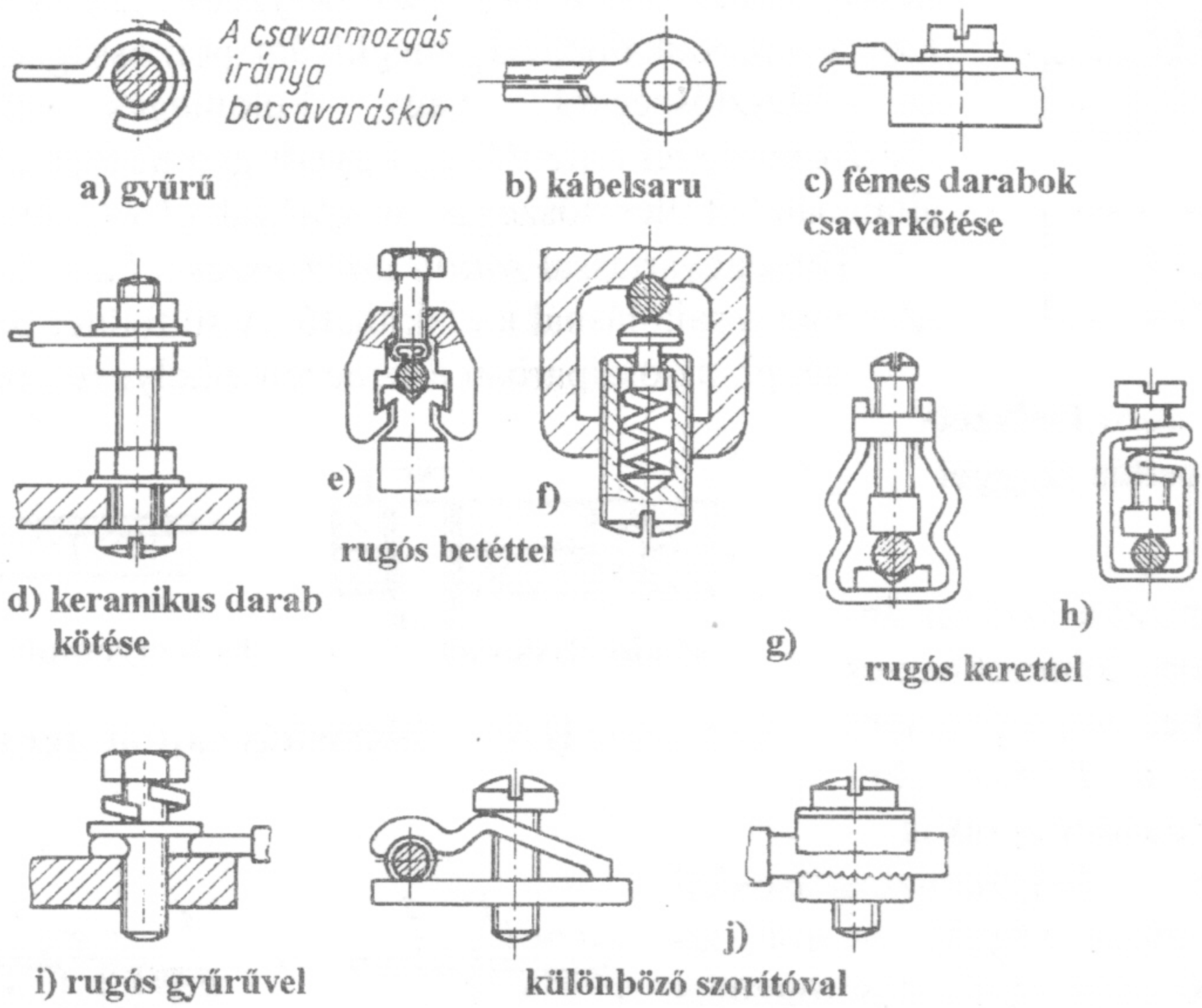
1,2 - összekötendő darabok
3 - csavar

1.16. ábra **Csavarozott darabok helyzetbiztosítása**

2. Villamos vezetők csavarkötései

Villamos vezetőket elágazó dobozok, kapcsolók, motorok stb. kapcsoló elemeihez leginkább csavarokkal kötünk (*1.17.*ábra). Vékonyabb huzalok vagy sodrott huzalok végét elegendő a csavarral kapcsolódó gyűrűként meghajlítani. A sodratok végét megfelelően

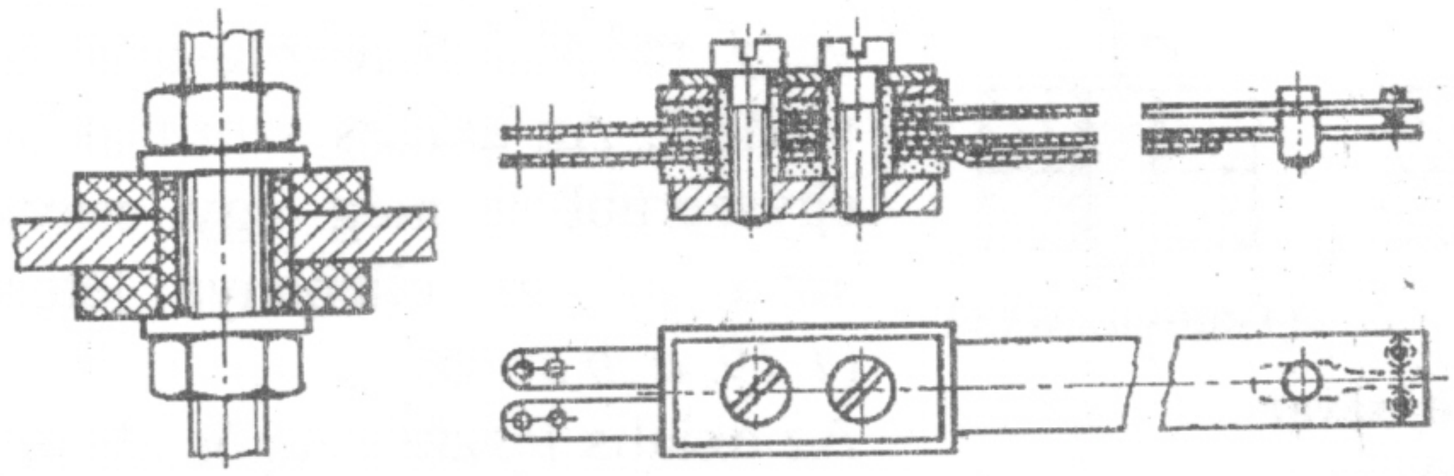
ónozni kell. A hajlított gyűrűt úgy kell felhelyezni, hogy a csavarozáskor jelentkező súrlódóerő a gyűrűt kifelé ne hajlíthassa (*a* ábra). Vastagabb huzalokat és sodratokat kábelsaruval látunk el (*b* ábra).



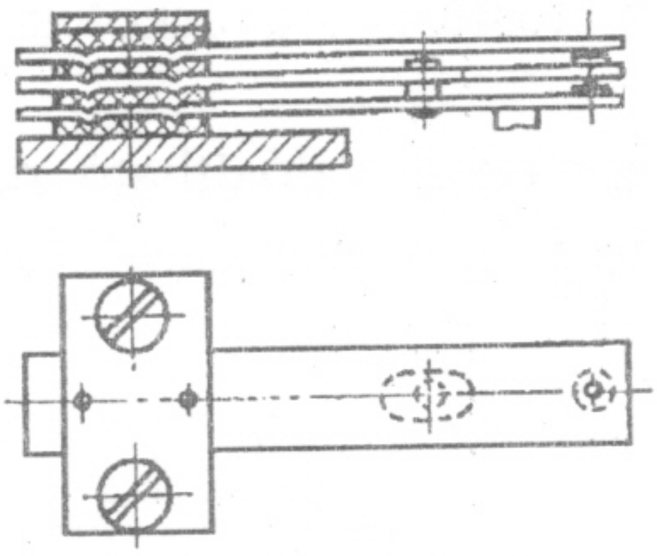
1.17. ábra **Villamos vezető csavarkötései**

Villamos vezetékeket fémes darabokkal összeköthetünk a *c)* ábra szerint, míg keramikus darabok kötéséhez jobb a *d)* ábrán látható megoldás. Utóbbinál a vezeték rögzítését különválasztjuk a keramikus darabban történő rögzítéstől. Ez azért szükséges, mert a keramikus anyagon a csavarkötés könnyen lazul. Lágy fémek (pl. alumínium, horgany stb.) terhelés alatt folynak, vagyis lassan utánengednek. Az ilyen anyagból készített vezetékek csavarkötésénél ezt figyelembe kell venni, és gondoskodni kell arról, hogy a rögzítés a lassan deformálódó anyaghoz igazodjék. Ezért ilyenkor a rugós kialakítás a legjobb. Az *e)*-től *i)*-ig ábrákon ilyen kötések láthatók. Különféle szorítókkal is igen jó és szilárd csavarkötés készíthető (*j* ábra).

Az anyag kiválasztásában arra is gondolni kell, hogy különböző fémek érintkezésekor helyi elemképződés léphet fel, ami az érintkezési hely jelentős korrózióját okozza.



a) átvezetett csap b) érintkező alkatrészek szigetelőcsővel



c) érintkező alkatrészek szigetelőcső nélkül

1.18. ábra **Szigetelt csavarkötések**

Ha az érintkező alkatrészek csavarozásához nem-szigetelt csavarokat használunk, fennáll az a veszély, hogy az egyes alkatrészek a csavaron keresztül rövidre zárást adnak.

E veszély elkerülésére két lehetőséget mutatunk be a *1.18. ábrán.*

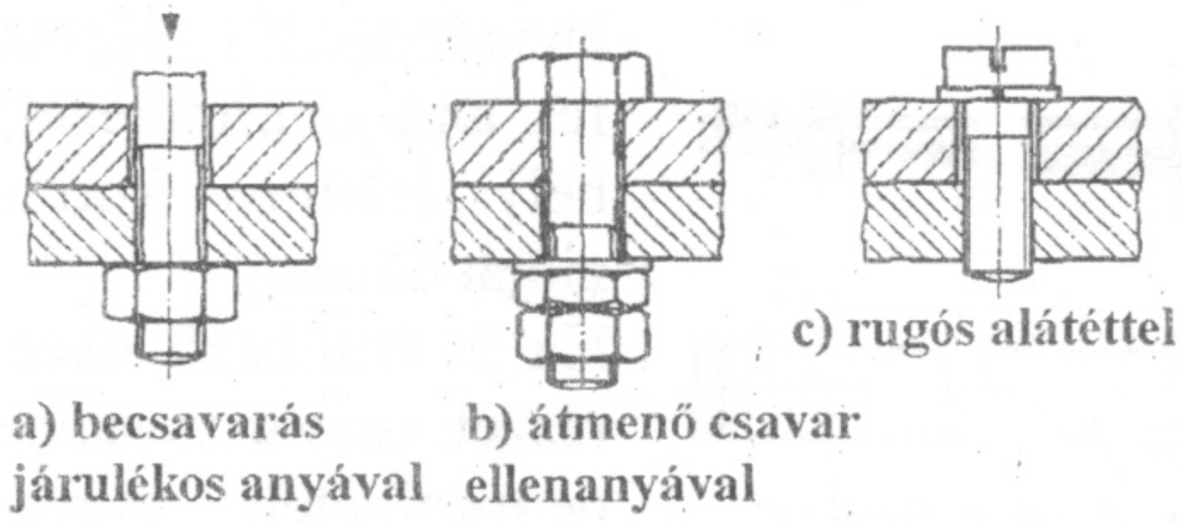
A csavart villamosan szigetelve vezetjük át az alkatrészeken. Erre a célra kartonpapírból vagy fröccsöntött műanyagból olyan hosszú csövet használunk, hogy a csavar az alkatrészekkel sehol se érintkezhessék (*a* és *b* ábra).

A másik lehetőség, hogy helyzetbiztosító elemként nem csavart használunk, hanem alkatrészeken ki-vágásokat készítünk, amelyek csavarozáskor benyomódnak a szigetelő közbetétekbe. A csavart a szigetelő betéteken vezetjük át, és az érintkező alkatrészek mellett helyezkednek el (*c* ábra).

3. Csavarkötések biztosítása kilazulás, előre nem látott oldás és kiesés ellen

A csavarkötések erővel-záró kötések. A kötésre ható erők jellegétől és nagyságától függ, hogy a kötés szándéktalanul meglazulhat-e. Főleg váltakozó igénybevételektől, így periodikus ütközésektől és rázkódásoktól következhet be, hogy az erővel-záró kötés fokozatosan megszűnik. Kisebb igénybevételek esetén az erővel-zárást a menet megfelelő kialakításával növelhetjük, pl. finommenettel (kisebb menetemelkedéssel), esetleg szűk menettűréseket adunk. Ezek az intézkedések azonban viszonylag költségesek, ezért előtérbe kerül a biztosítás külön alkatrészekkel. Ezek a járulékos biztonsági intézkedések erővel-záró, alakkal-záró vagy anyaggal-záró jellegűek lehetnek.

a.) Biztosítás lazulás ellen járulékos erővel-zárással



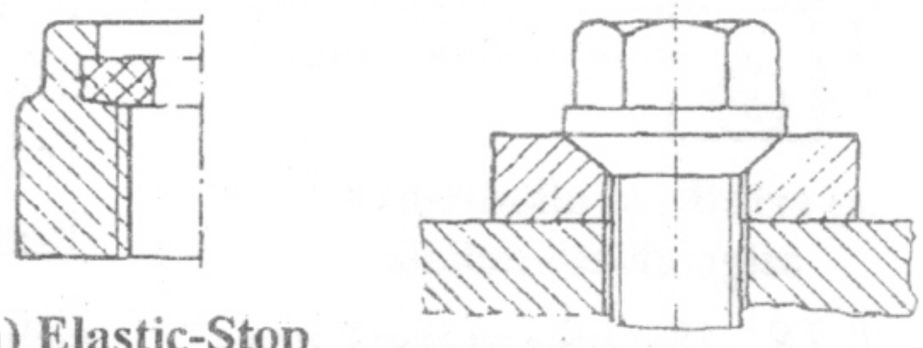
1.19 ábra **Erővel-záró biztosítások**

Az erővel-zárás a kötés axiális vagy radiális befeszítésével növelhető. Az axiális szorítást legegyszerűbben még egy csavaranya, az ún. ellenanya létesíti (*1.19. a ,b ábra*).

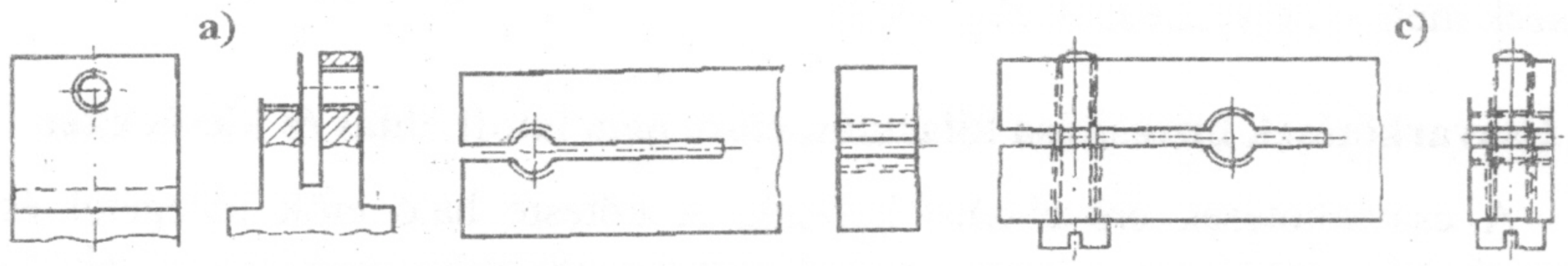
Az axiális feszítés rugós alátéttel is elérhető. A *c)* ábrán rugós gyűrűvel biztosított csavarkötés látható.

Az erővel-záró biztosítás másik módja különleges anyákkal valósítható meg, mint *a 1.20. a* ábrán bemutatott Elastic-Stop-anya, vagy a kúpos zárófelületű anya (*b* ábra). Ezen kívül többféle speciális csavaranya is van.

Az axiális vagy radiális feszítés gyakran az összekötendő alkatrészek sajátos kialakításával is elérhető. Így pl. a menet tengelyére merőleges hasíték axiális feszítést (*1.19. a, ábra*), a menet tengelyével párhuzamos hasíték radiális feszítést ad (*b* ábra). Különleges esetben a feszítést még egy csavarral is növelhetjük (*c* ábra).



1.20. ábra **Önzáró anyák**

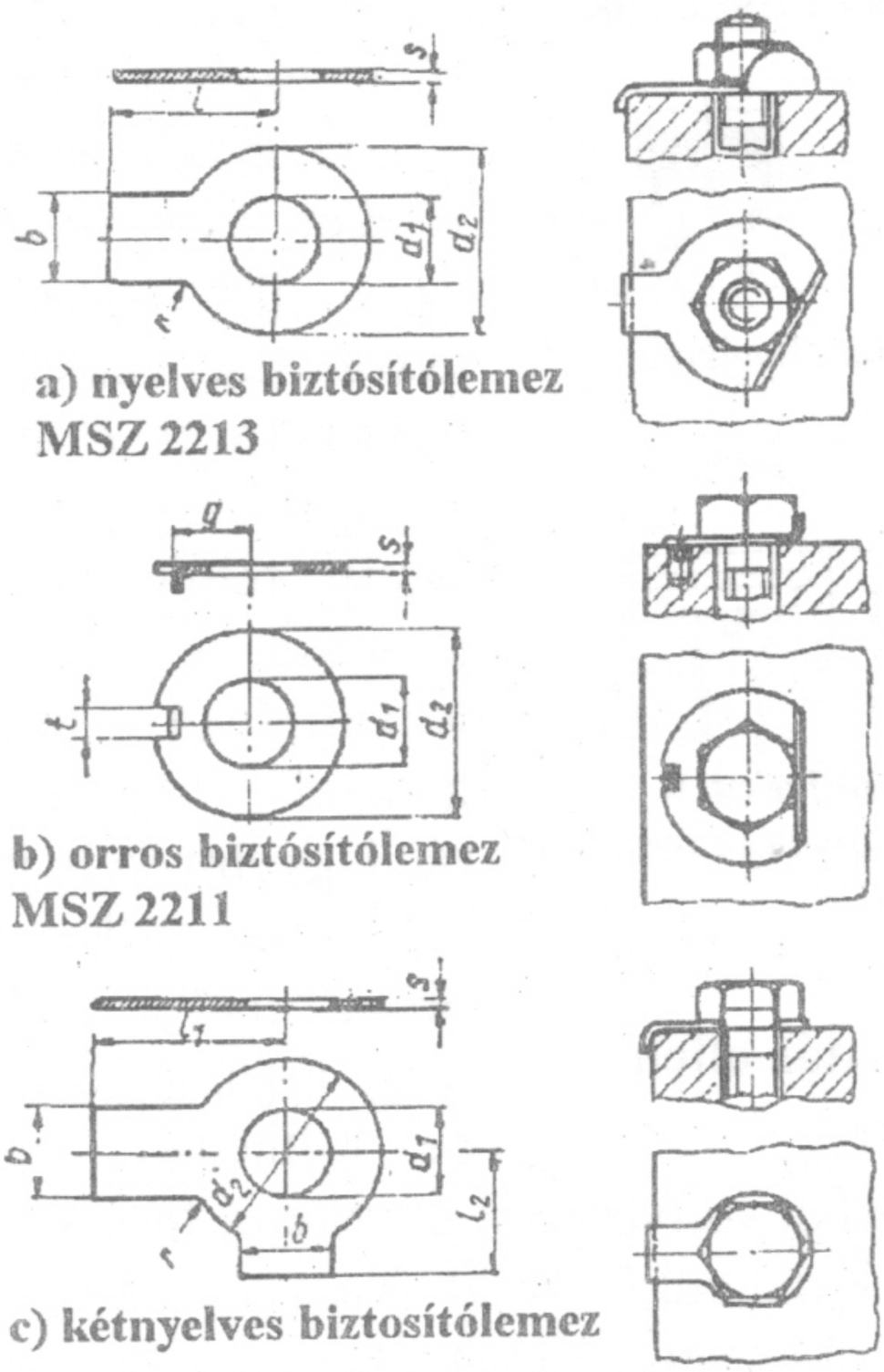


1.21. ábra **Csavarkötések rugózó biztosításai**

b.) Biztosítás lazulás ellen alakkal-zárással

A biztosítás gyakran lemezekkel, alátéttárcsákkal megvalósítható. Ha a csavarok valamely alkatrész közelében vannak, nyelves (*1.22. a* ábra) vagy kétnyelves (*c* ábra) biztosítólemez használható.

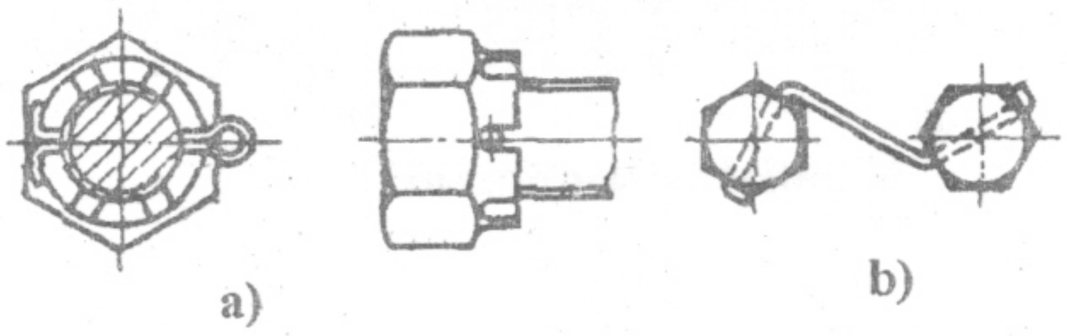
Utóbbi esetben a nyelveket a csavar becsavarozása után az alkatrészre, ill. csavarfejre hajlítjuk. Hasonló feladata van az orros biztosítólemeznek, melyet főként az alkatrész élétől kissé távolabb fekvő csavarhoz használunk. Oldás után ezek a biztosítások csak ritkán használhatók fel újból.



1.22 ábra **Biztosító alátétek és alkalmazása**

Alakkal-záró biztosításként használhatók a koronás anyák (MSZ 2253), vagy a csavarmenet tengelyvonalára merőlegesen átfúrt anyákat sasszegek (MSZ 2224) vagy szeggel biztosítunk.

Ha két csavart helyezünk el ugyan-



1.23. ábra **Biztosítás sasszeggel vagy huzallal**

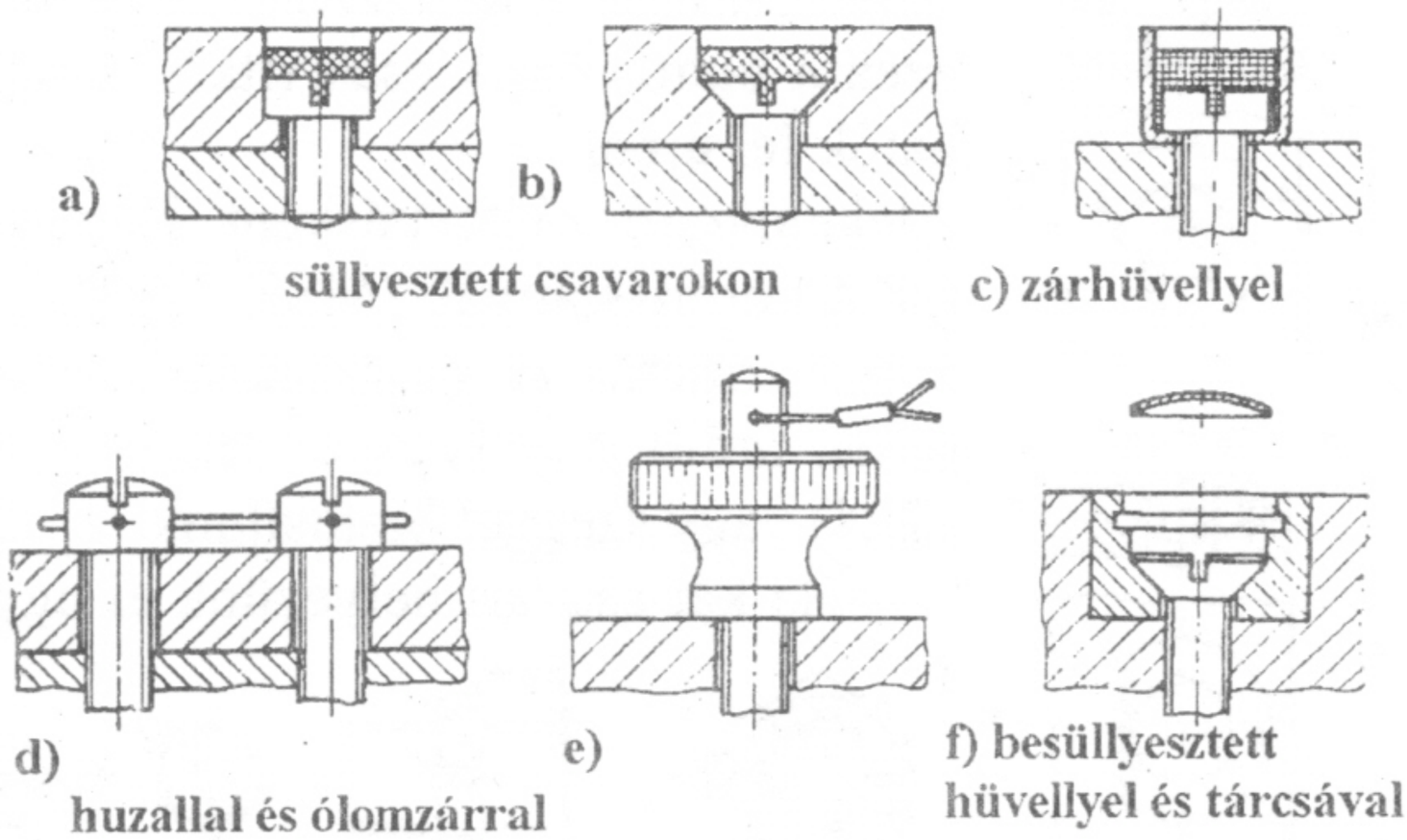
azon alkatrészben, az elfordulás elleni biztosításként mindkét fejen (azonos átmérővel készített furaton) huzalt vezethetünk át (*b* ábra).

Csavarkötés biztosítható az anyából vagy az alkatrészből kinyúló csapvég vésővel vagy pontozóval végzett deformációjával is. Ennek előfeltétele csupán, hogy a csavarvég ne nyúljon nagyon ki az anyából.

c. Biztosítás illetéktelen oldás ellen

E biztosítás célja, hogy megakadályozzuk, ill. megnehezítsük bonyolultabb műszerek illetéktelen kinyitását, továbbá, hogy az ilyen nyitás megtörténtéről tudomást szerezzünk. A biztosítás olyan szilárd legyen, hogy rázkódások vagy hasonló igénybevételek következtében magától ne oldódjon ki a kötés, oldásakor viszont feltétlenül tönkremenjen.

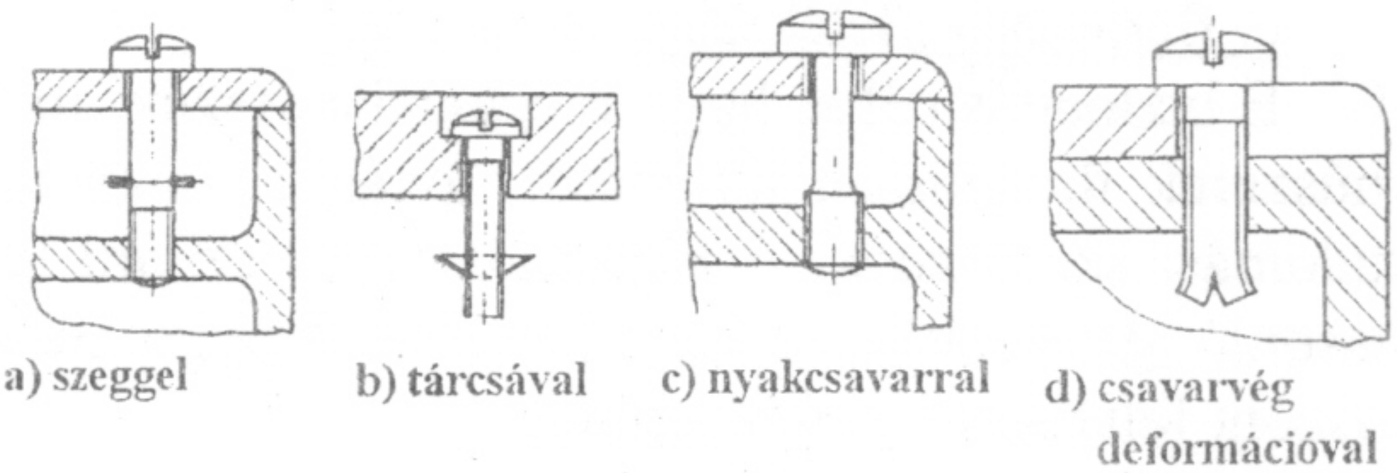
Ezen kívül valamilyen nehezen utánozható ismertetőjel legyen rajta. Az ilyen biztosításokat ólomzáraknak (plombáknak) nevezzük (*1.24. ábra*). Legegyszerűbb esetben a biztosításra kerülő csavarfejeket besüllyesztjük és a süllyesztést vizzel vagy lakkal kiöntjük (*a* és *b* ábra). A képlékeny biztosító anyag felületébe benyomjuk az áru védjegyét, vagy lehúzó matricát ragasztunk rá. Ügyelni kell arra, hogy a süllyesztés olyan mély legyen, hogy a zár teljesen ki ne tölthesse, s így akaratlanul meg ne sérülhessen. Ha nem lehet süllyesztést készíteni, fent nyitott hüvelyt helyezünk a fej alá, és ezt töltjük ki lakkal (*c* ábra). Ha a csavarfej elég nagy ahhoz, hogy keresztirányban átfúrjuk, a furaton huzalt vagy zsinórt húzunk át, melynek két végét köti össze ólom- vagy alumíniumzár, amelybe egyidejűleg a védjegyet is benyomjuk (*d* ábra). Kiálló csavarvégeket is hasonlóan biztosíthatunk (*e* ábra). Újabban a cégjelzéssel ellátott kis lemeztárcsák befeszítését is használják stabilan, süllyesztve elhelyezett záró hüvelybe (*f* ábra).



1.24 ábra **Biztosítás illetéktelen nyitás ellen**

d. Biztosítás kiesés ellen

Gyakran oldandó csavarkötéseket, pl. burkolatfedeleket elveszítés ellen kell biztosítani. Ilyenkor minden esetben alakkal-zárást készítünk. A csavar oldás után is az egyik összekötendő alkatrésszel kapcsolatban marad. Műszerház stb. fedelek biztosítására néhány konstrukciót a *1.25.* ábra mutat.

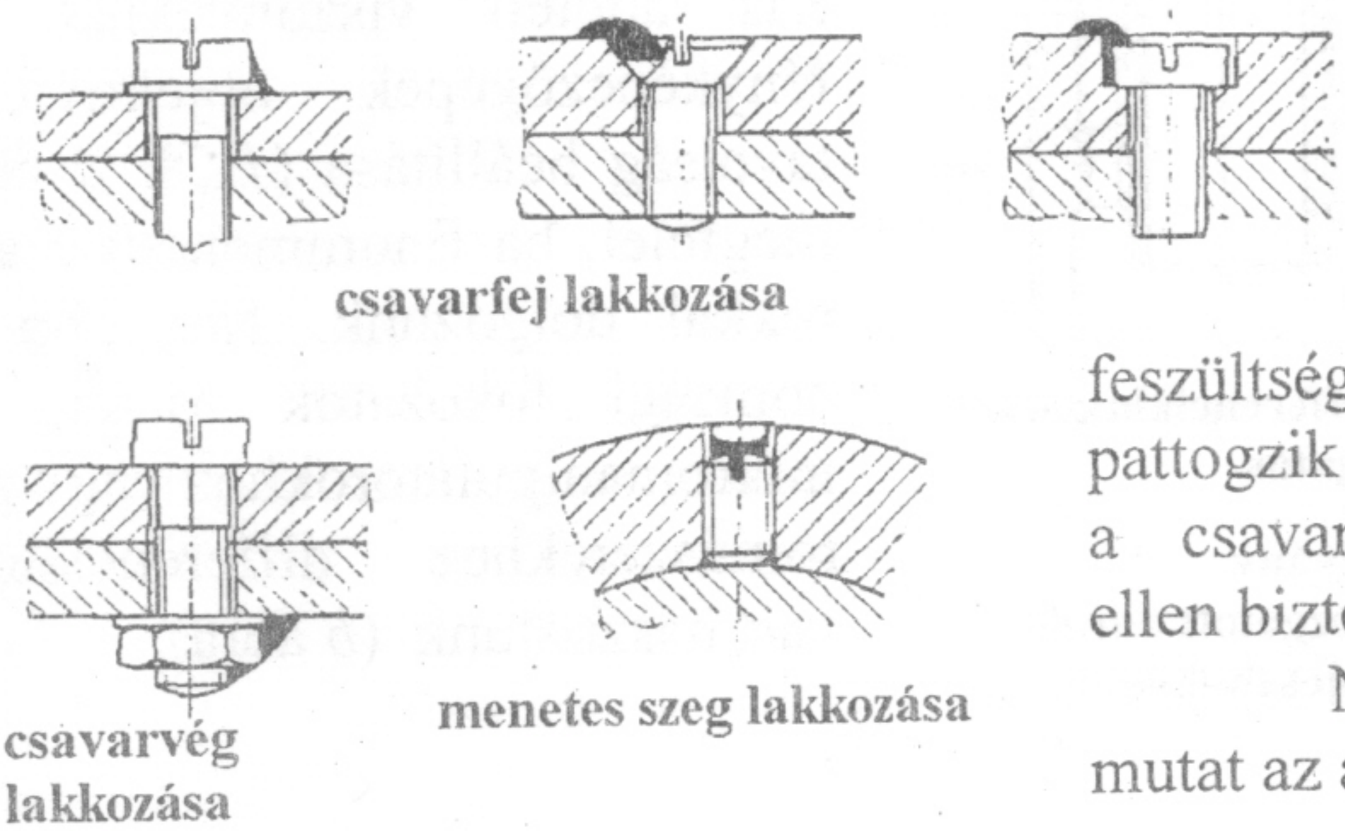


1.25 ábra **Fedélcsavarok elveszítés elleni biztosítása**

e). Biztosítás lazulás ellen anyaggal-zárással

Csavarkötések anyaggal-záró biztosításához, különösen műszerek fedett, ill. belső helyein, gyorsan száradó és száraz állapotban szívós lakkot használunk, amelyik a saját belső feszültségének hatására nem pattogzik le. Ily módon M5 méretig a csavarkötések váratlan lazulás ellen biztosíthatók.

Néhány alkalmazási példát mutat az alábbi *1.26.* ábra.

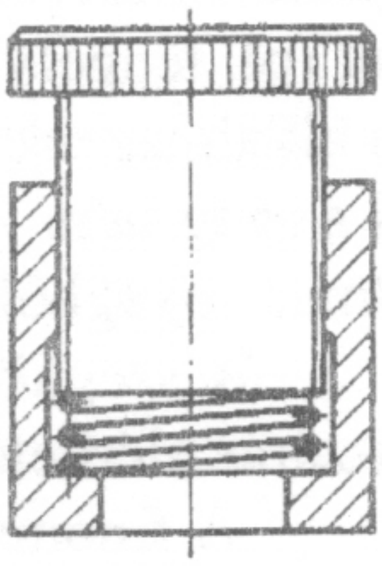


1.26. ábra **Anyaggal-záró biztosítás**

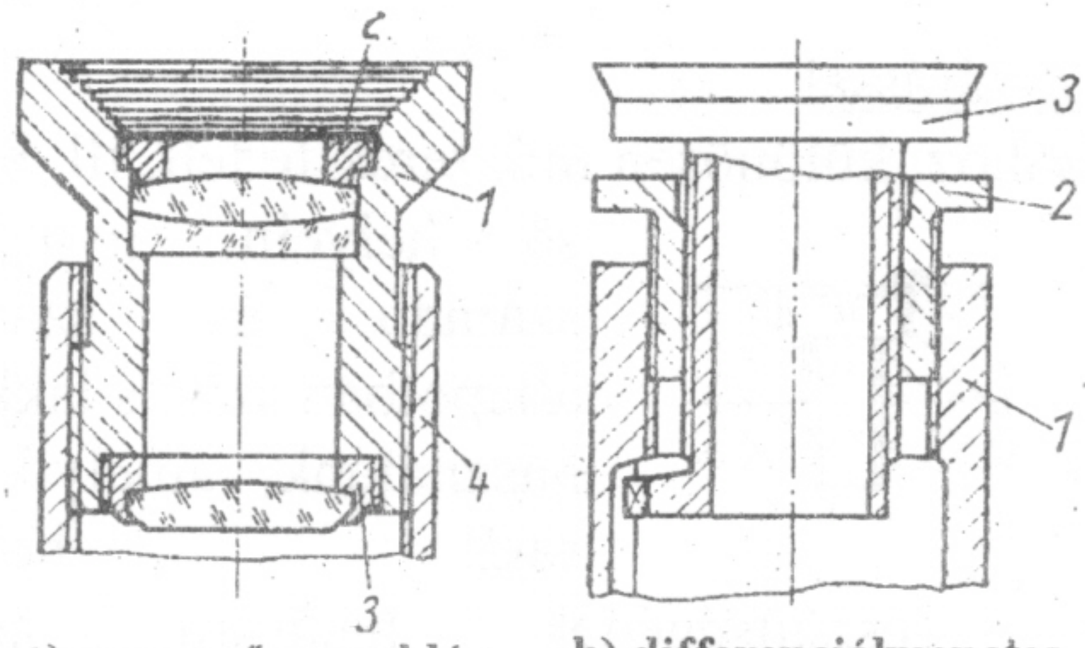
1.1.7. Mozgató csavarok

Rögzítésen kívül a csavarokat alkatrészek mozgatására (hajtására) is használjuk. Ehhez a forgómozgást alakítjuk át hosszirányúvá, vagy a hosszirányú mozgást forgómozgássá. A menetek felületei a gyakori mozgás következtében erősebben kopnak, ezért az anyát és a csavart jó csúszási tulajdonságú anyagokból kell készíteni, és megfelelően kenni.

A felhasználási területtől függően a csavar az anyában szerelhető nagy játékkal vagy kis játékkal. A kis játék elsősorban mérőműszerekben kívánatos. Mivel az anyamenet nem fekszik fel mindenütt a csavarmeneten, a teherbíróképesség csökken, és a kopás növekszik. Egyik lehetőség a játék kiküszöbölésére, ha gondoskodunk arról, hogy mindig azonos felületek feküdjenek fel egymáson. Ezt rugóval biztosítjuk *(1.27. ábra)*.



1.27 ábra



a) egyszerű megoldás

1- objektív-hüvely
2- csavargyűrű
3- lencsefoglalat
4- állvány

b) differenciálmenetes mozgatás

1- állvány
2- mozgatott darab
3- objektív-hüvely

1.28 ábra **Finom beállítómű**

Finombeállítást végző mechanizmusokban ugyancsak gyakran alkalmaznak mozgatócsavarokat. Kis áttételi viszonyoknál, pl. fényképezőgépek objektívjének távolság beállítása (*1.26. a* ábra) megfelel, ha finommenetű csavarokkal dolgozunk. Nagyobb finomsági fokozatok esetén, pl. mikromanipulátorokhoz vagy mérőműszerekhez differenciálcsavart használunk (*b* ábra).

1.2. Szegkötések

A szegeket *helyzetbiztosító elemként*,(*1.35. ábra*), különböző mechanizmusokban *szerkezeti elemként* (pl. tengelyként, *1.36. ábra*), vagy *rögzítő elemként* (pl. tengely és fogaskerék közti erőátviteli kapcsolat létesítésére, (*1.34. ábra*) alkalmazzák. A kötés könnyen szétszedhető és összerakható. A szétszerelésnél a szeg nem megy tönkre, mert a furatból forgácsolás nélkül kiemelhető. Rugalmas anyagból készül és edzéssel nagy keménységűre alakítják ki.

A szegkötések részben oldható, alakkal- és erővel-záró kötések. Az erővel-zárás elérhető besajtolással ill. a szeg kúposságával.

A finommechanikában használatos szegek lehetnek:

- rögzítő szegek, -kötő szegek,- menesztő szegek, -tartó szegek, -illesztő szegek, -csukló szegek, -biztosító szegek,- ütköző szegek vagy -szegecs szegek.

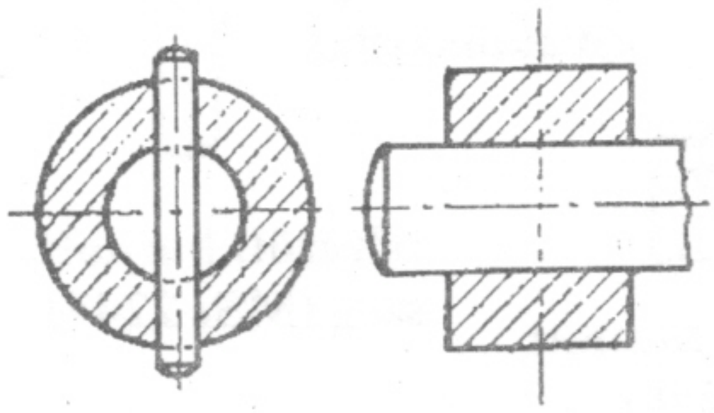
A rögzítő szegeket az alkatrészek kötéséhez meghatározott erővel össze kell nyomni, míg *a kötő szegek* csak a darabok alakkal-záró kötését biztosítják. A *menesztő szegek* biztosítják a szerkezet egyik elemének mozgását egy másik elem útján, a *tartó szegek* egy alkatrész tartására szolgálnak (pl. befüggesztett rugónak). Az *illesztő szegek* két alkatrész helyzetét biztosítják. A *csukló szegek* tárcsák, görgők, emelők és hasonlók csuklós kötését vagy elhelyezését teszik lehetővé. A szeg minden esetben, az egyik alkatrészben szilárdan helyezkedik el, a másikban elcsúszhat. A *biztosító szegeket* csavarok, anyák és csapok kilazulása

ellen használják; az *ütköző szegek* pedig egy szerkezeti alkatrész elmozdulását határolják a másikkal szemben.

1.2.1. Szegalakok

A szegek lehetnek hengeresek és kúposak, s mindkettő lehet sima köszörült felületű és hasított kivitelű.

Hengeres szegek



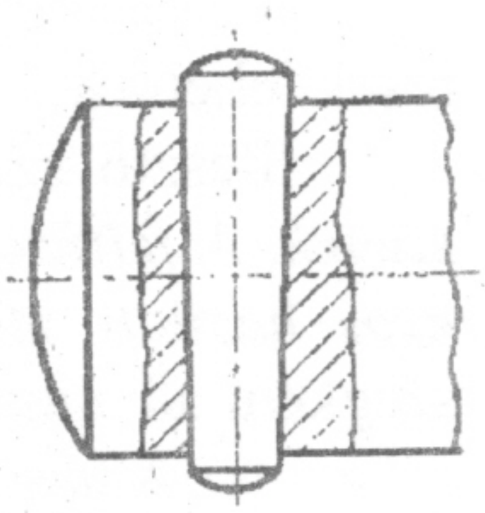
1.29. ábra

Ezek a legegyszerűbb szegek (MSZ 2218). Gömbvégződéssel, kezdőkúppal vagy sima véggel készülnek, illesztésüktől és felületi minőségüktől függően, mint *illesztő*, *kötő* vagy *rögzítő* szegként használják.

Hengeres szegekhez általában A50 és A38 acélt, rezet, alumíniumot stb. használnak. A szűk furattűrések betartása miatt a hengeres szegek alkalmazása drága és gazdaságtalan.

Kúpos szegek

A kúpos szegeket az alkatrészek pontos helyzetbiztosításához használjuk Jól ülő, de könnyen oldható kötéseket adnak. Hátrányuk, hogy rázkódásra nem biztonságosak, és lökésszerű terhelésekre vagy rázkódásokra a szegkötés kilazulhat. Ezen kívül alkalmazásuk költséges, mivel a kúpos szegek pontos illesztése csak a furat kúpos dörzsárral történő megmunkálása után érhető el. A kúpszegekhez A50 acélt, sárgarezet, rezet, stb. használnak.

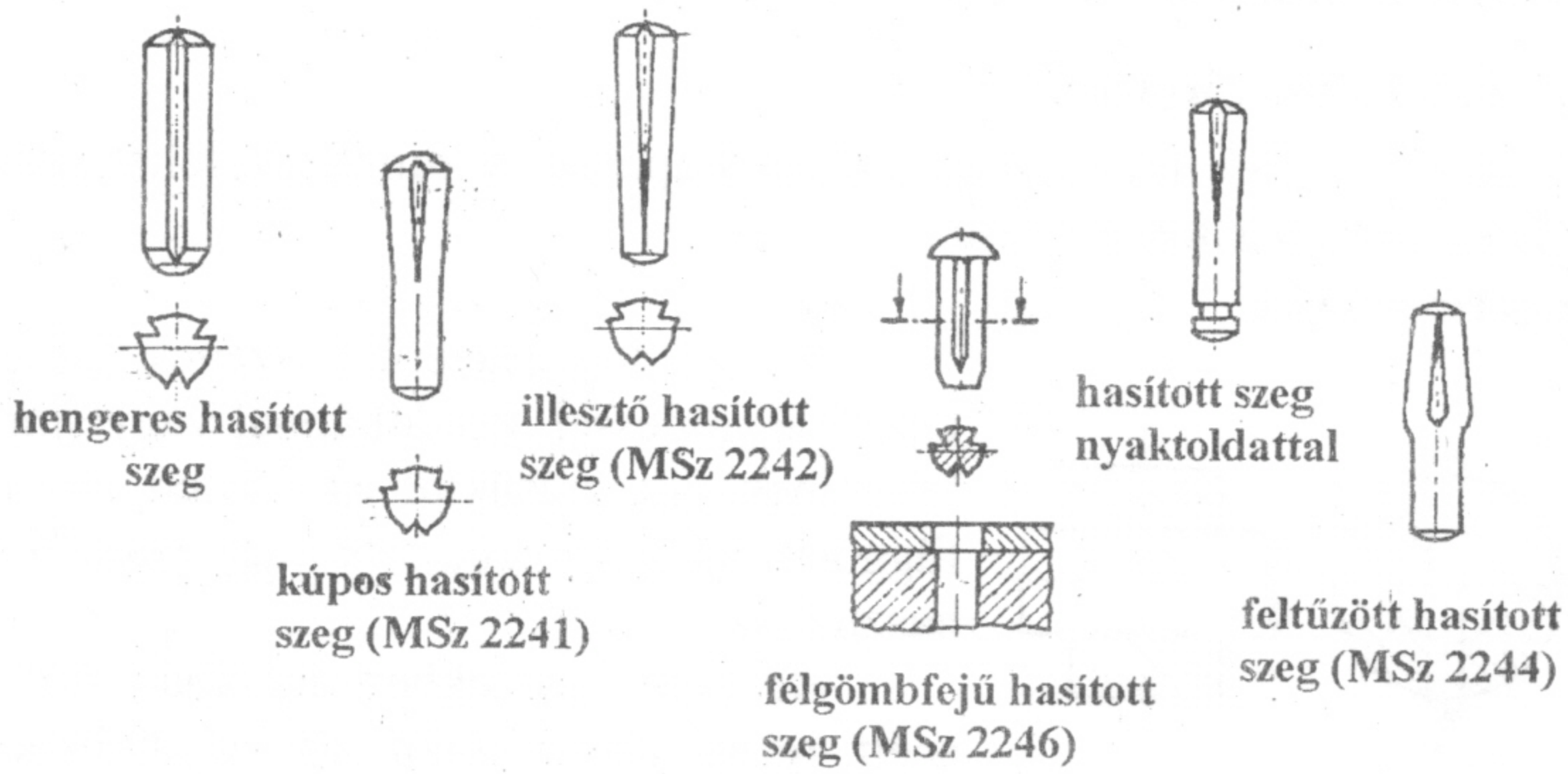


1.30. ábra

Hasított szegek

Ezek a szegek kör keresztmetszetűek, a kerületen három tengelyirányú hasíték, amelyet behengerlik a teljes hossz mentén vagy csak annak egy részén. Mivel a hasítékok mindkét oldalán ékszerű kiemelkedés képződik, amelyek a szegek hengeres furatokban történő besajtolásakor rugalmasan deformálódnak, ékkötés keletkezik. A hasított szegek a kerületükön egyenletesen elosztott három hasíték segítségével önmagukat központosítják. A kötésrázkódással szemben biztos.

A *hengeres* hasított szegeknek különböző kiviteli alakjai használatosak,



1.31. ábra **Hasított szeg típusok**

mint kötő, rögzítő és biztosító szegek, főleg váltakozó igénybevételekhez és öntött alkatrészek peremfurataihoz, pl. perselyek rögzítésére.

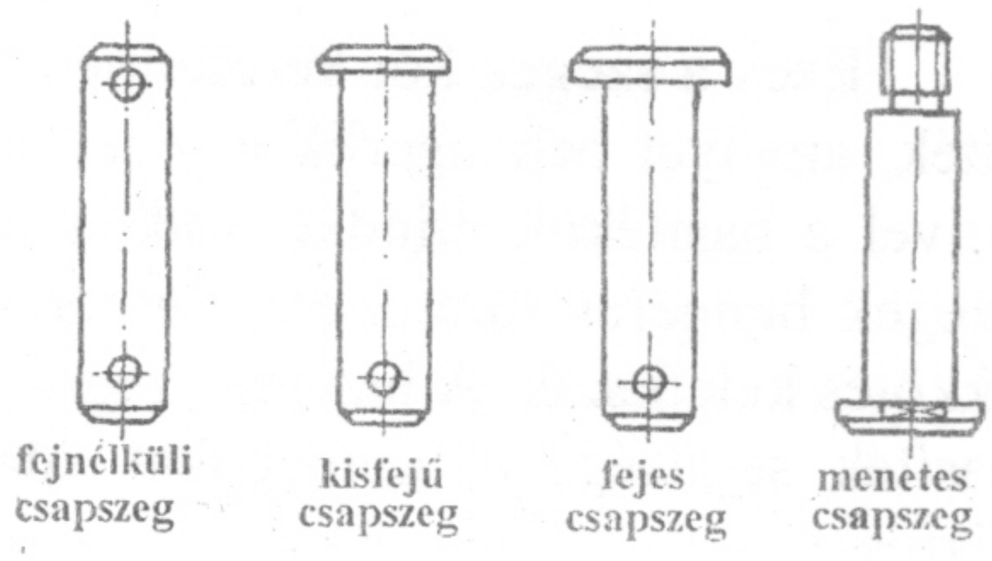
A *kúpos* hasított szegek kötő és rögzítő szegek, melyek furatai csak hengeresek lehetnek.

Illesztő szegként, csukló szegként stb. használatosak *az illesztő hasított szegek*. A *feltűzött hasított szeg* ütköző és illesztő szegként használható. A *hornyos hasított szegek* tartószegként, pl. húzórugók felfüggesztésére és illesztő szegként alkalmazhatók.

A hasított szegek anyaga legtöbbször 6S minőségű acél.

Csapszegek

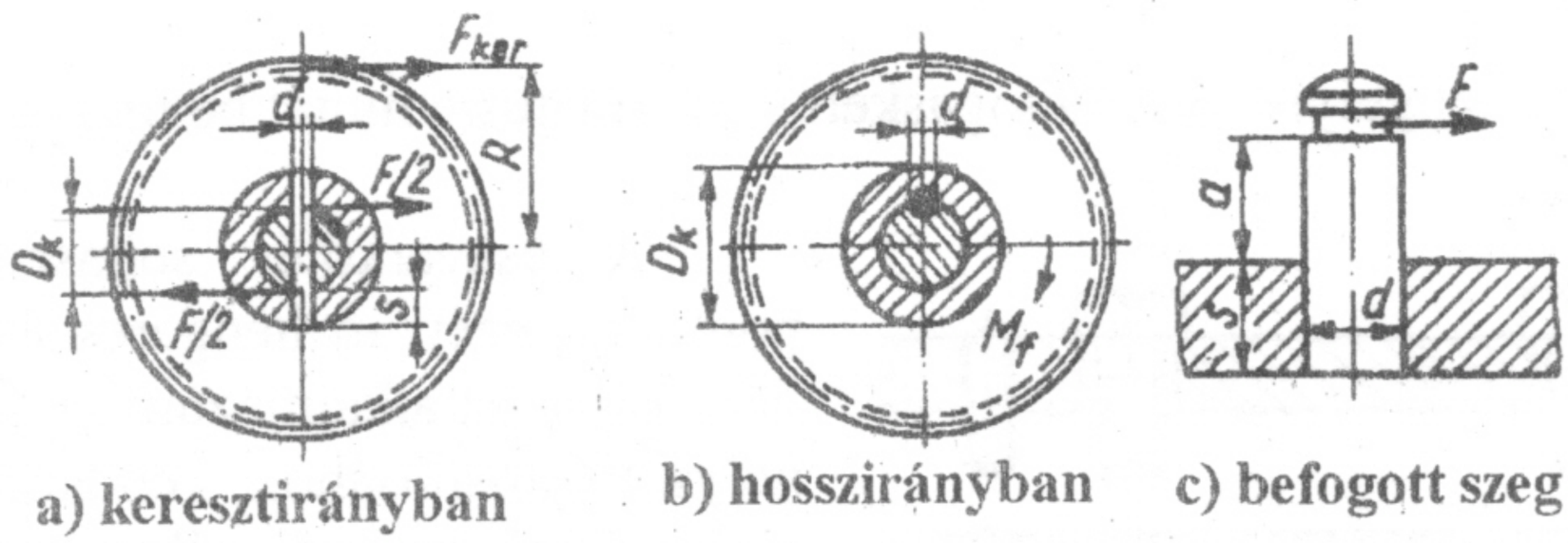
A szegek különleges változata a csapszegek. A *1.32.* ábra csapszeg típusokat mutat be. Edzett kivitelben készülnek. A csapszegeket rendszerint csuklós kötések létrehozására alkalmazzák. Tűrésük h11, és a hozzá tartozó furat lazán illeszkedő (H8, H11). A csapszegek igénybevétele főleg hajlítás és felületi terhelés.



1.32. ábra **Csapszegek**

1.2.2. Szegkötések méretezése

A szegkötéseket csak az üzem közben fellépő „F" erőhatásra tudjuk méretezni. Az üzemi erőhatáson kívül a furatban fellépő sajtolóillesztés járulékos igénybevételt is okoz. Ez az igénybevétel a szegfajtáktól függően nagy lehet. Kúposszegeknél a beverési erőtől is függ a járulékos erő. A szegeknek az alkatrészek helyzetbiztosítása mellett erőátviteli szerepük is lehet. P1. tengelyre erősített fogaskerék rögzítése (*1.33. a* ábra)



a) keresztirányban b) hosszirányban c) befogott szeg

1.33. ábra

1.33. a) ábra szerint az F erő hatására ébredő nyíró-igénybevétel:

$$\tau = \frac{F}{A_ö} \leq \tau_{meg} \quad (1.13)$$

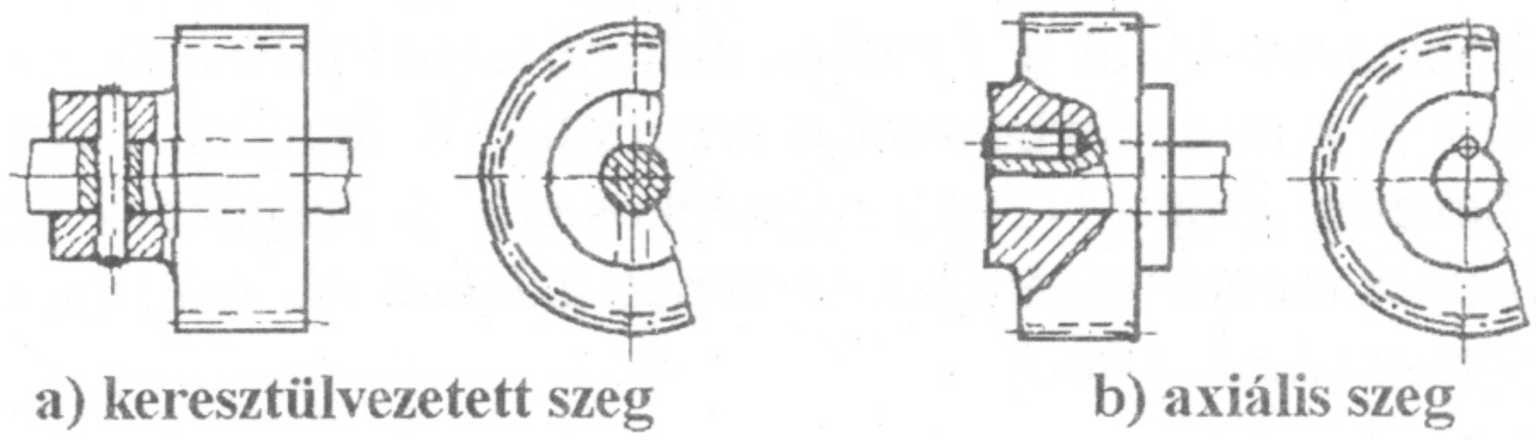
Az átviendő forgató nyomaték $M_f = F_{ker} \cdot R = \frac{F}{2} D_K$ (1.14)

Mivel a keresztmetszetek D_K távolságban nyírásra vannak igénybevéve, az F nyíróerőre írható: $F = \frac{2M_f}{D_k}$ (1.15)

A „d" szegátmérőt két terhelt keresztmetszetre az alábbi képlet segítségével írhatjuk fel.

$$A_ö = 2A \qquad A = \frac{d^2 \Pi}{4} \qquad d = \sqrt{\frac{4F}{2 \cdot \Pi \tau_{meg}}} = \sqrt{\frac{8M_f}{2 \cdot \Pi D_k \tau_{meg}}} \qquad (1.16)$$

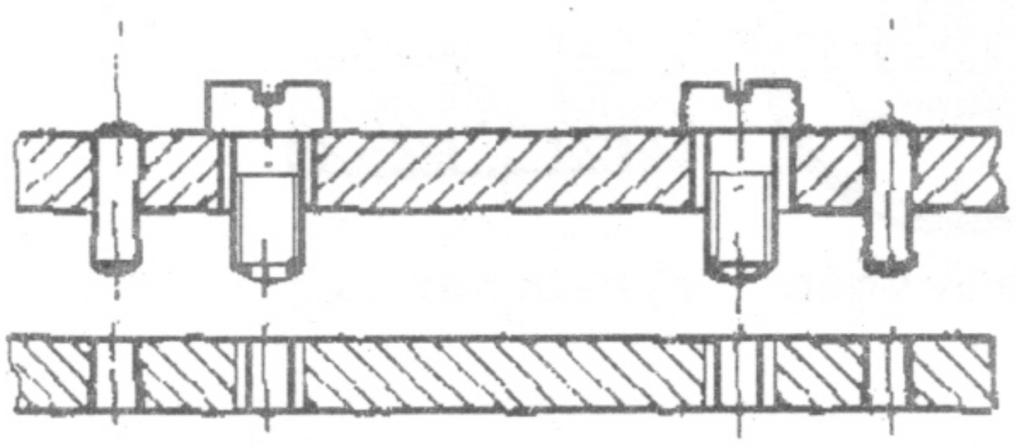
1.2.3. Szegkötések kialakítása



a) keresztülvezetett szeg **b) axiális szeg**

1.34. ábra **Szeg, mint rögzítő elem**

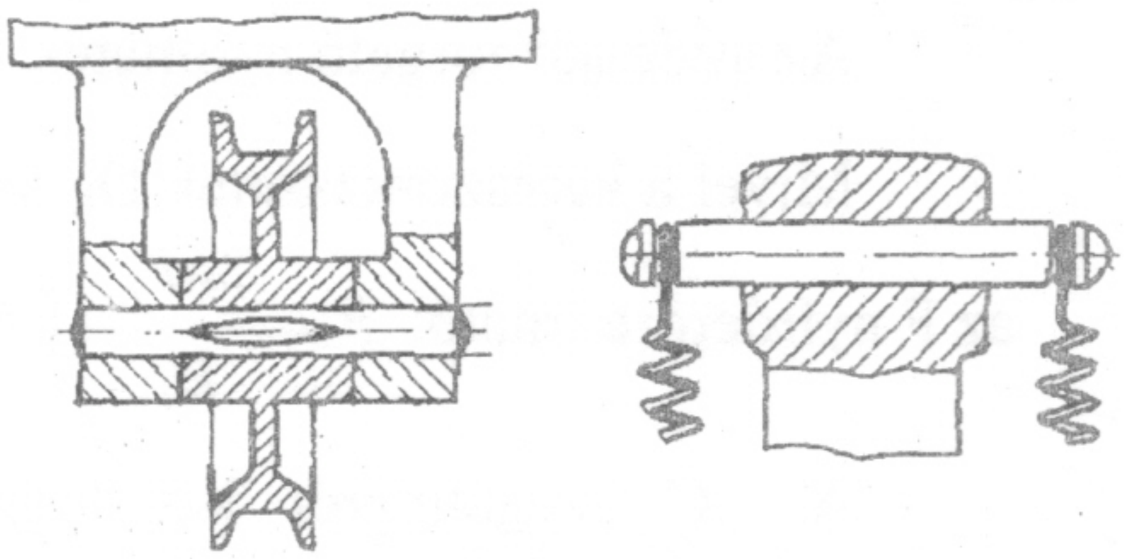
A *1.34. ábra* tengelyre történő fogaskerék felerősítésre mutat be megoldásokat.



1.35. ábra **Szeg, mint helyzetbiztosító elem**

A csavarkötés sohasem helyez pontosan, ezért itt hengeres vagy kúpos illesztőszeget alkalmazunk. Forgástestek helyzetbiztosításához rendszerint egy, síklapokkal határolt alkatrészek esetében két illesztőszeget kell alkalmazni. A két szeget egymástól lehetőleg minél távolabb helyezzük el, mert ezzel az illesztés pontossága tovább növelhető. Ha szimmetrikus alkatrészeket illesztünk egymáshoz, akkor a tükörkép felcserélhetőség megszüntetése miatt a két illesztőszeg átmérőjét különbözőre választjuk.

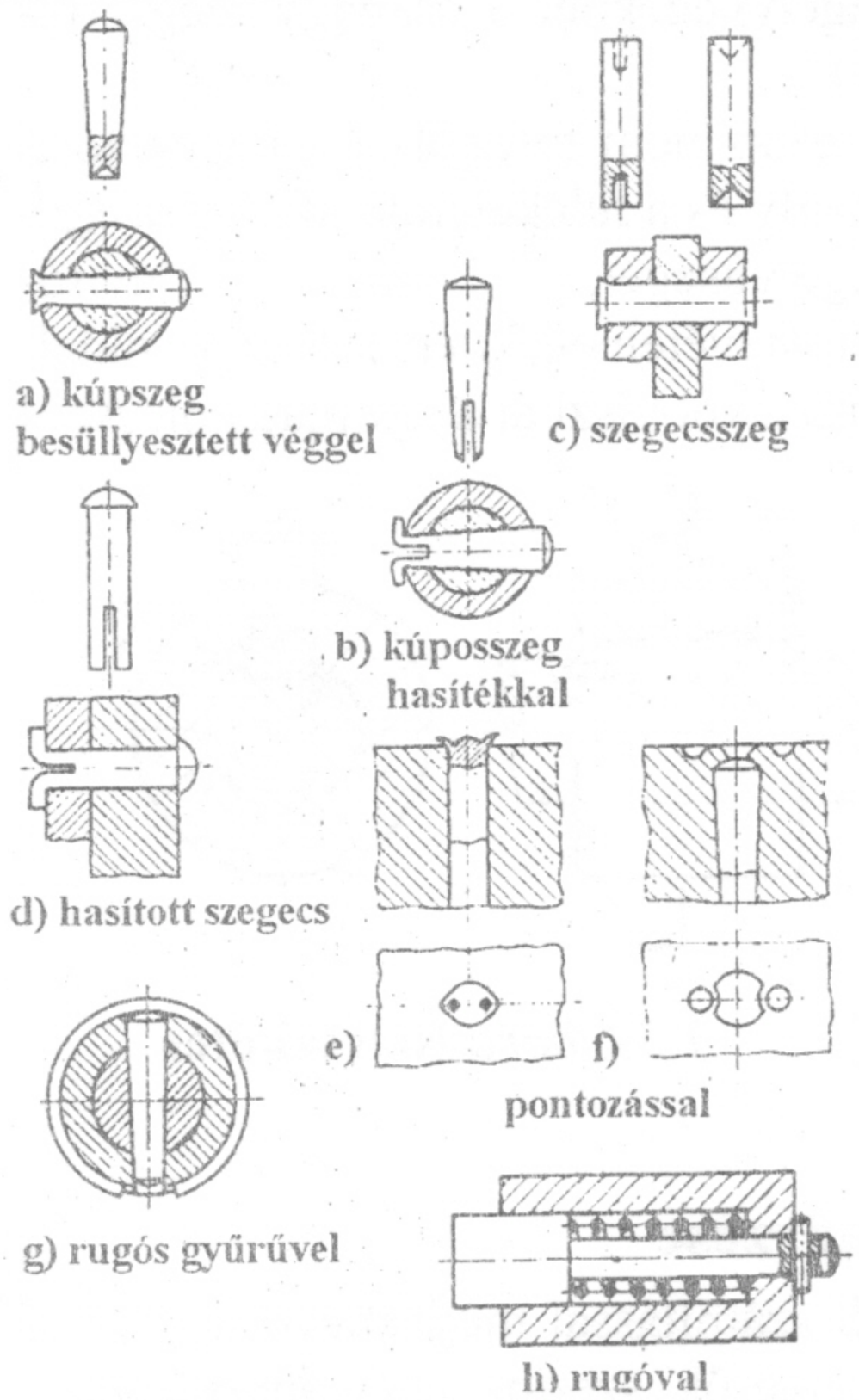
A *1.36.* ábra szerkezeti elemként való felhasználásra mutat példát. A bal oldali ábrán hengeres csapszeget látunk, a jobb oldali ábra rugó felfüggesztését mutatja.



1.36. ábra **Szeg, mint szerkezeti elem**

1.2.4. Szegkötések biztosítása

Ha a szegkötések nagy, lökésszerű igénybevételeknek vagy lengéseknek vannak kitéve, legtöbbször kioldódás ellen biztosítani kell őket. Általában alakkal-záró biztosításokat használunk, melyek közül néhányat a *3.37.* ábra mutat.



1.37. ábra **Szegkötések biztosítása**

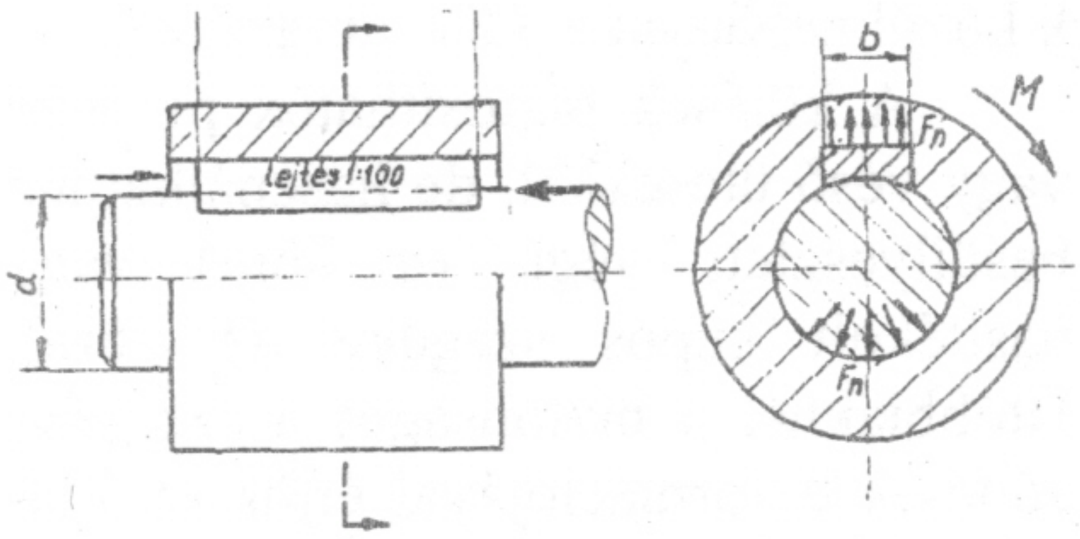
A kötések biztosíthatók pontozó vagy véső ütésekkel, de használhatunk besüllyesztett végű (*a* ábra) vagy hasítékolt kúpos szegeket (*b* ábra). Utóbbiaknál a biztonságot a szegvégződések deformációjával érjük el. Felhasználhatók besüllyesztett végű szegecs szegek (*c* ábra), valamint szegecs alakú hasítékos szegek (*d* ábra) is. Ha a szegek az összekötött darabokból kissé kinyúlnak, a biztosítást a szegfej pontozásával (*e* ábra), ha a szeg a darabban mélyebben ül, a fej közelében a darab pontozásával (*f* ábra) oldjuk meg.

Különleges biztosítási módszert használnak kúpos szeges kötéseknél, járulékos rugós gyűrűvel (*g* ábra), a feszítő gyűrű a kúpszeg oldását és kiesését is megakadályozza. A *h)* ábrán a szegkötés erővel-záró rugós biztosítását látjuk, hengeres darabban.

1.2.5. Ék- és reteszkötések

Az ékeket rendszerint nyomaték átvitelére alkalmazott elemek összekötésére használják. Az ék működése az ékfelület kismérvű lejtésén alapul. Az ék feszítésre használt felületei 1 %-os lejtéssel készülnek (*1.38.* ábra). A forgatónyomatékból keletkező kerületi erő az ékhorony kapcsolódó felületére ható feszítés segítségével tart egyensúlyt a tengely felületén lévő súrlódóerővel. Az ékkötés előnye, hogy egyszerűen bontható.

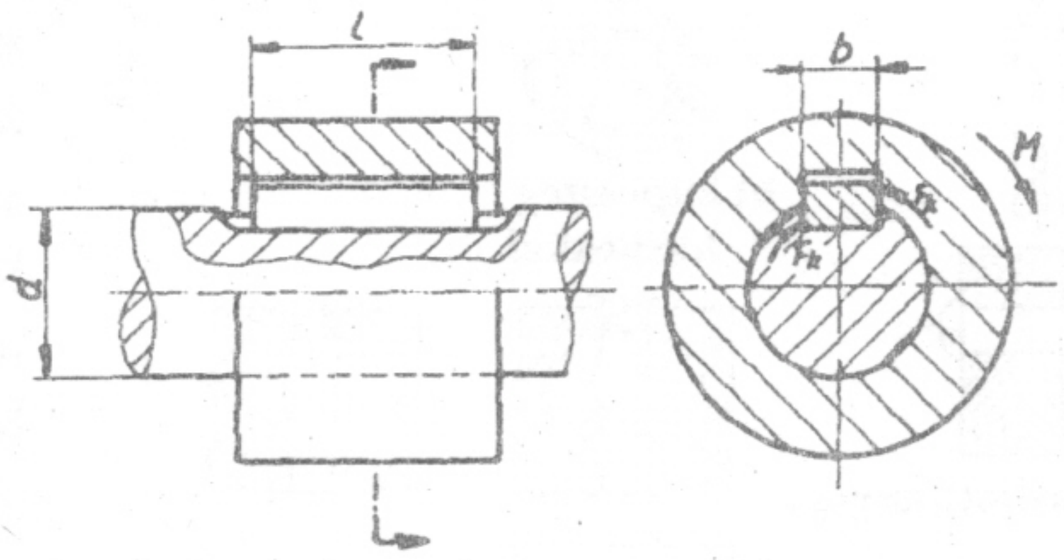
Az ék feszítőereje nemcsak az elfordulás ellen biztosít, hanem az agy tengelyirányú elmozdulását is megakadályozza. Hátránya, hogy nem biztosítja a tengely és a felerősítendő alkatrész egytengelyűségét. Az ék beütése sok szerkezetben kárt okozhat (pl. golyós csapágyas tengelyvégeknél a csapágy megsérülhet).



1.38. ábra **Ékkötés**

A retesz nem torzítja el a kapcsolódó tengely és a felékelendő alkatrész egytengelyűségét, mert nyíróigénybevételnek kitett retesz az oldalfelületével viszi át a nyomatékot. Ahol az egytengelyűség fontos, ott csak retesz használható (*1.39.* ábra)

A reteszkötés hátránya az, hogy a tengelyirányú elmozdulást nem akadályozza meg, ezért az oldalirányú rögzítésről is gondoskodni kell.



1.39. ábra **Reteszkötés**

1.2.6. Ék- és reteszkötések ellenőrzése

Az ékek és reteszek méreteit nem kell számítással meghatározni, mert a gyakorlatban kialakult méreteket a tengelyátmérők szerint szabványosították. Úgyszintén szabványosak a tengelyben és a felerősítendő alkatrészekben lévő hornyok méretei is.

Nagy igénybevételű ékkötéseket célszerű szabványos ék alkalmazása esetén is felületi nyomásra ellenőrizni.

A felületi nyomás megengedhető értéke: $$p_{meg} = \frac{F_h}{b \cdot l} = \frac{M}{\mu \cdot d \cdot b \cdot l} \quad (1.17)$$

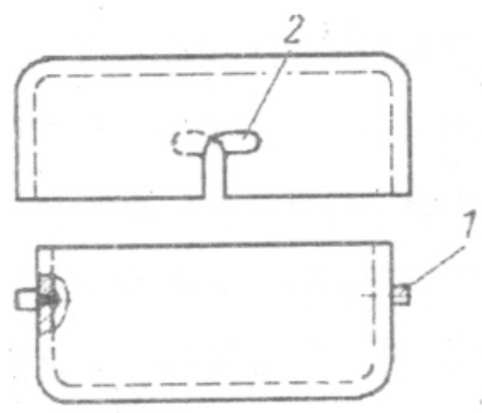
Reteszkötésnél, amely nyíróigénybevételnek van kitéve, nagy terhelésnél a reteszben ébredő megengedhető τ feszültséget kell ellenőrizni a tengely kerületén ébredő F_k erő alapján:

$$\tau_{meg} \geq \frac{F_h}{b \cdot l \cdot i} = \frac{2 \cdot M}{b \cdot l \cdot i \cdot d} \quad (1.18)$$

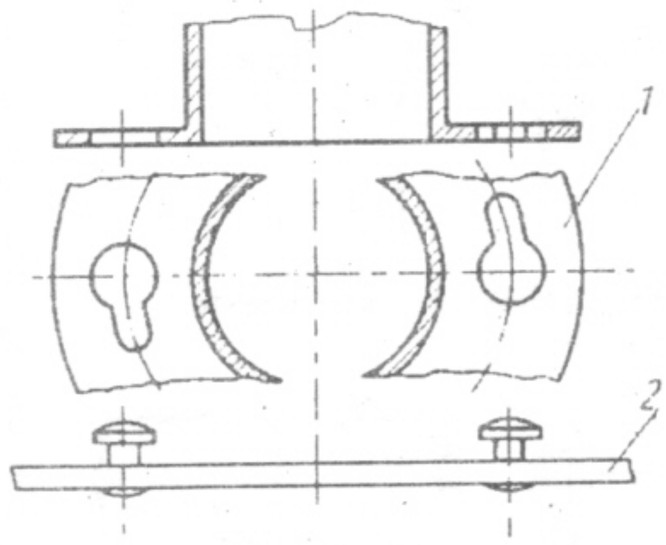
i - a reteszek száma.

1.3. Bajonettkötések

A pillanat- vagy bajonettkötések könnyen szerelhetők és könnyen oldható kapcsolatok, amelyeket cső, doboz vagy peremes dobozok kötéséhez használunk. Az alkatrészeket tengelyirányban egymásba helyezzük, majd a tengelyre merőleges irányban elfordítjuk a kötés létrehozásához. A bajonettzár, ill. kötés alapelve a *1.40. ábrán* látható. Az alsó darabon rögzített szeg a felső darab hasítékába nyúlik és az alkatrészek elforgatásával jön létre a kötés.



a) cső és doboz alakú darabokhoz
1 - szeg
2 - hasíték



b) kariás darabokhoz
1 - karima
2 - alsó darab

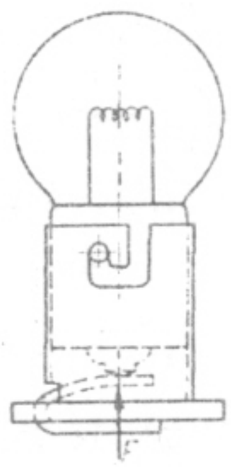
1.40. ábra **Bajonettzáras kötések alapelve**

Azért, hogy üzem közben a kötés magától ne nyithasson, célszerű még alakkal vagy erővelzárással is biztosítani. A gyakorlatban használatos bajonettzárak kialakítása igen különböző lehet. Az *a)* ábra cső alakú darabok, a *b)* ábra pedig karimás alkatrészek kötését mutatja.

1.3.1. Bajonettkötések alakkal-záró biztosítással

Az alakkal-záró biztosítás a hasíték különleges kialakításával érhető el. A szeg a hasítékba illesztése (*1.40. ábra*) után a kötés reteszelődik. Külön rugóval a biztonság még növelhető, főként érdemes erre a megoldásra gondolni, ha a kötés üzem közben erős rázkódásoknak van kitéve.

A *1.41. ábra* mutatja a törpeizzók közismert bajonett kötését a lámpafoglalatban (ún. Swan-foglalat). Az érintkezéshez szükséges rugó egyúttal a kötés nagyobb biztonságára is szolgál.



1.41. ábra

1.3.2. Bajonettzáras kötések erővel-záró biztosítása

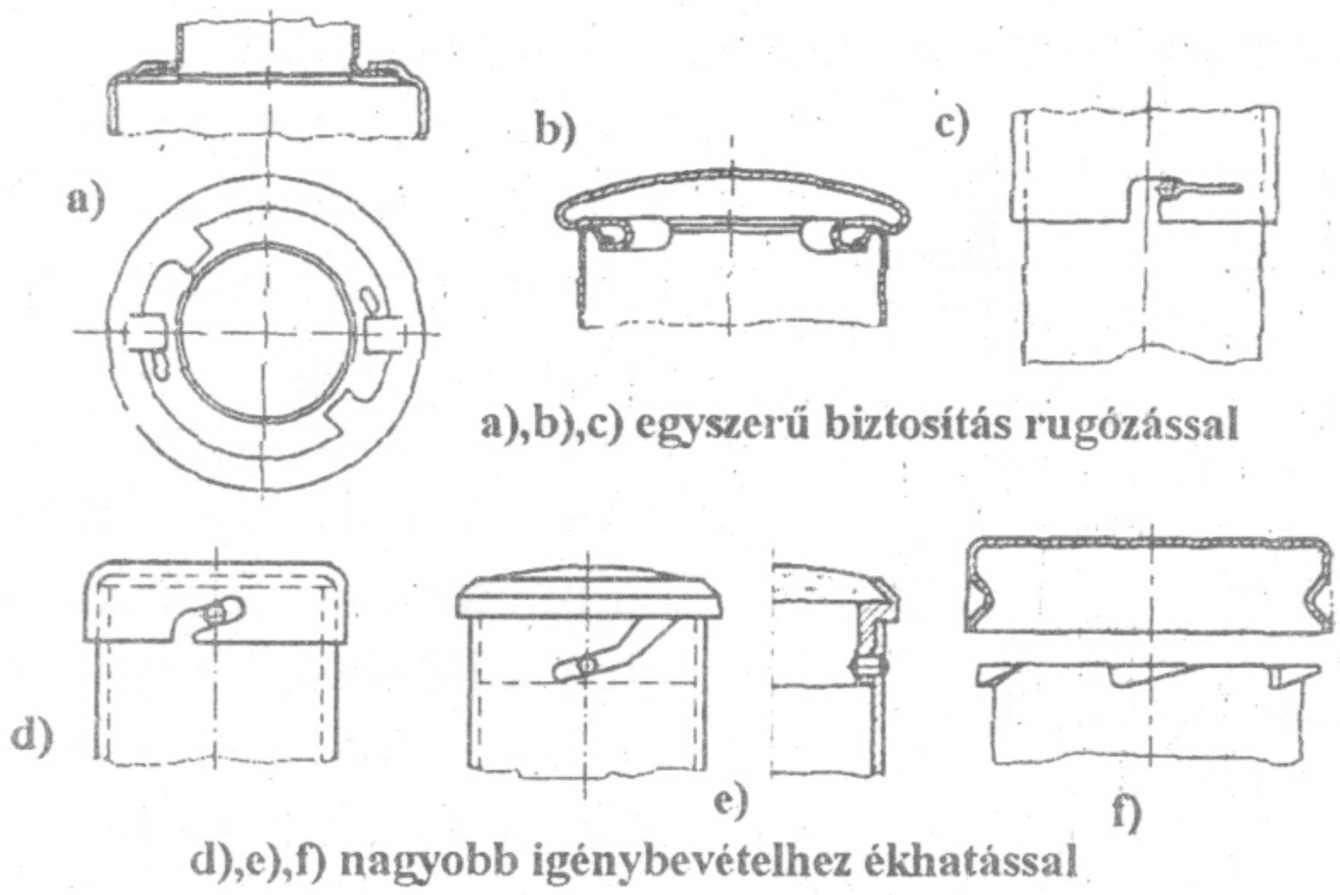
Az erővel-záró biztosításhoz szükséges súrlódóerőket karimás alkatrészek kötésénél rugalmas nyúlványokkal lehet elérni (*1.42. a és b ábra*). Ha a kötés erősebb rázkódásnak nincsen kitéve, elegendő az *a)* ábra szerinti járulé-

kos biztosítás, a cső alakú darabok gyakori, nem szabályos kerek volta vagy az egyik darab rugózó kialakítása (*c* ábra).

Nagyobb igénybevételekhez a hasítékot úgy képezik ki, hogy az alkatrészek összekapcsolására ékhatás is fellépjen, s így a bajonettzár csavar kötéshez fog hasonlítani (*d* és *f* ábra). A csavarkötéshez hasonlóan a lapos menetemelkedési szög (*d* ábra) a lazulás ellen jobban biztosít, a darabok összeillesztéséhez azonban nagyobb szögelfordulást igényel.

A leggyakoribb kiviteleknél vagy a fedélben van a hasíték (*d* ábra), vagy a szeg, ill. a nyúlvány (*e* ábra) és az alkatrészek egymáshoz viszonyított elforgatására keletkezik a befeszülés.

A bajonettzáras darabokhoz szükséges ékfelületek és szegek - a technológiától függően - kiemelkedések, orrok, dudorok stb. is lehetnek (*f* ábra).



1.42. ábra **Bajonettzár erővel-záró biztosítással**

1.4. Befeszített kötések

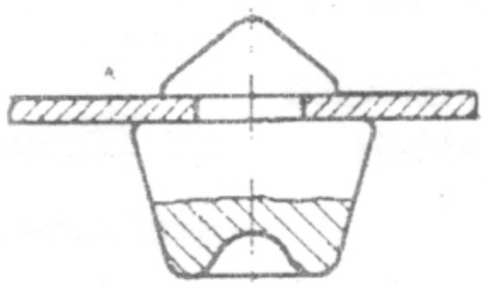
A befeszített kötés két alkatrész alakkal- vagy erővel-záró kötése, amelyben az egyik alkatrészt vagy rugalmas, vagy képlékeny alakváltozással kapcsoljuk a másikba, ill. a másikra. A rugalmasan befeszített kötések ismételten oldhatók, a képlékeny befeszített kapcsolatok általában nem oldhatók.

Attól függően, hogy az alakításra kerülő alkatrész egyúttal az egyik összekötendő darab, vagy csupán kötőelem, megkülönböztetünk közvetlen és közvetett befeszített kötéseket.

1.4.1. Közvetlen befeszített kötések

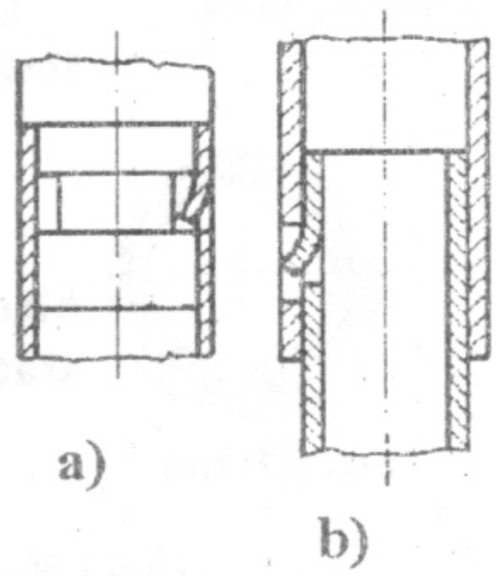
Az egyik összekötésre kerülő darab teljesen vagy részben, vagy rugalmasan vagy, képlékenyen alakítható. A közvetlen befeszített kötések alakja, az alkalmazástól függően rendkívül eltérő és közülük is csak keveset szabványosítottak.

A *1.43.* ábrán az egyik szabványos szerkezeti elem látható: a villamos műszer gumi lába.



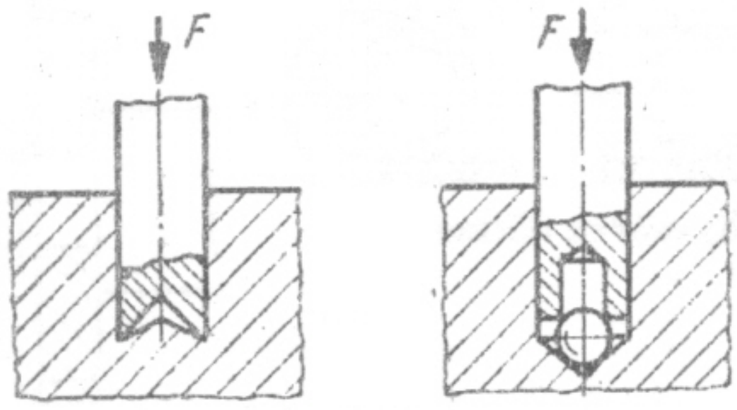
1.43. ábra

Csöveket egymással, vagy egyéb kör keresztmetszetű alkatrésszel úgy kötünk össze (*1.44.* ábra), hogy az egyik darabon egy vagy több fülecskét kissé kihajlítunk, s ezek a megfelelő nyílásba vagy körbefutó vájatba beugranak. A befelé hajló rugós füles kötések (*a* ábra) nem oldhatók, míg a *b)* ábra szerinti kötésnél a fül kifelé hajlított és hozzáférhető, ennél fogva ez a kötés ismételten vagy feltételesen oldható.



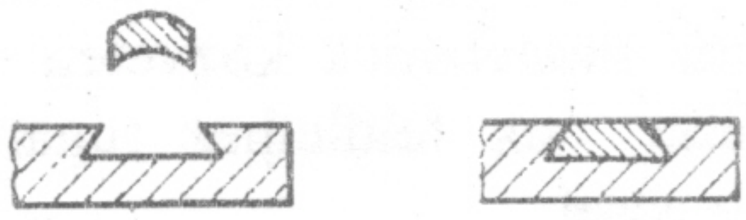
1.44. ábra

Csapok befeszítésére látunk néhány példát a *1.45. ábrán.* A csap végén kiképzett kúp alakú süllyesztésbe az alaplyuk alján kiképzett kúp benyomódik és a szétnyíló csapvég a lyuk falához szorul, ha a csapot beütjük. Ugyanez a hatás érhető el a furatban elhelyezett golyóval is.



1.45. ábra

Lemezekben érintkezők vagy skálák behelyezéséhez szintén a befeszítést használjuk. A *1.46. ábra* szerint a befeszítendő alkatrészt meggörbítve helyezzük a horonyba, ahol képlékeny alakítással alakkal-záróan jön létre a kötés.



1.46. ábra

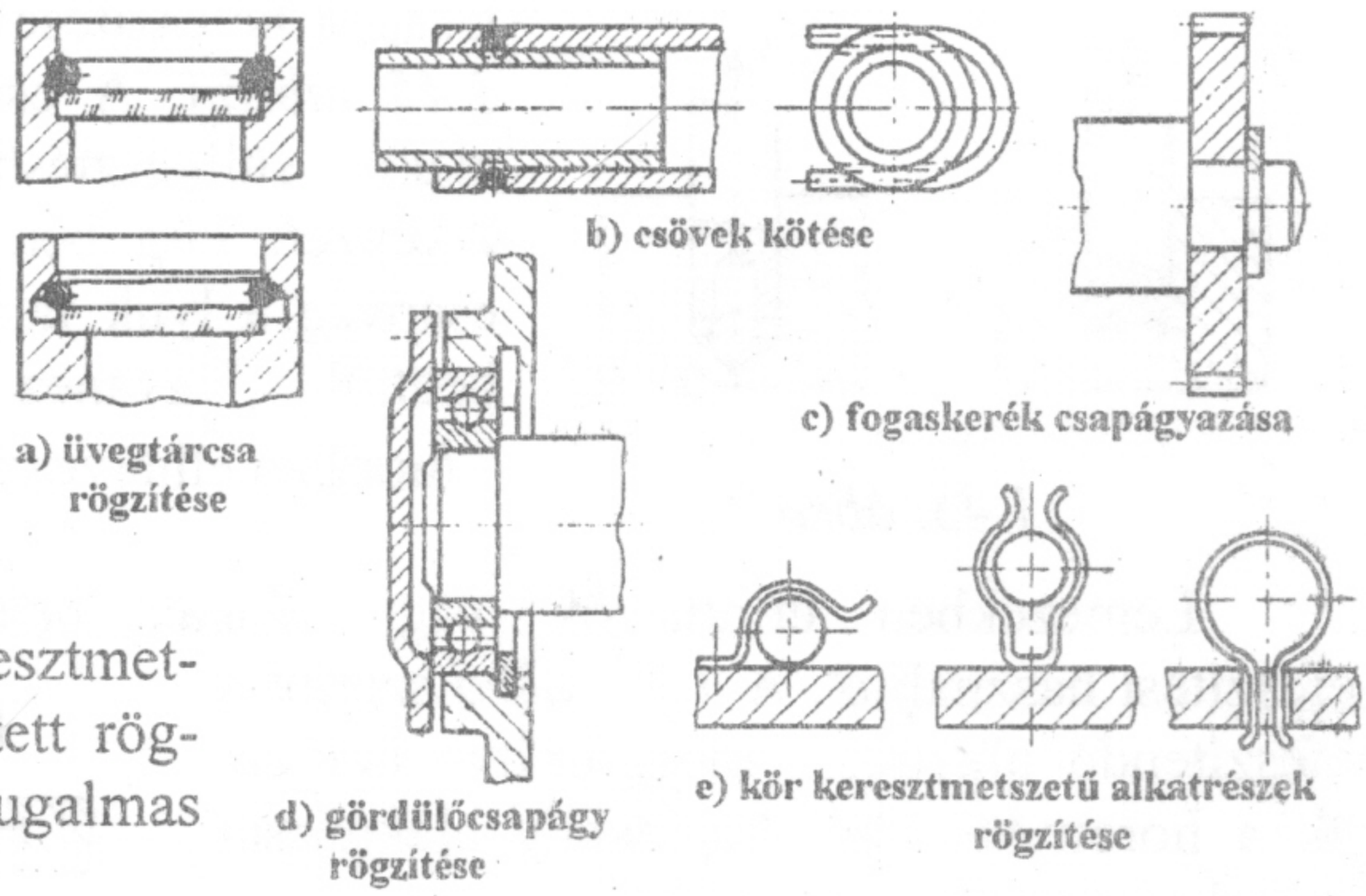
1.4.2. Közvetett befeszített kötések

A közvetett befeszített kötést a finommechanikában igen sokféleképpen alkalmazzuk. Számos szerkezeti elem áll rendelkezésre. A *1.47.* ábrán néhányat a kereskedelemben kapható feszítőelemekből mutatunk be .

A feszítőgyűrűk csak aránylag csekély terhelésre alkalmasak. Jobban terhelhetők a biztosító alátétek. Az *1.48.* ábrán ilyen szerkezeti elemek alkalmazási lehetőségeit látjuk.

1.47. ábra **Feszítőelemek**

Az *1.48.a)* ábra mutatja hüvelyben vagy házfalban üvegtárcsa rögzítését. Feszítőgyűrűkkel egymásba helyezett csövek is biztosíthatók tengely irányú elmozdulás ellen (*b* ábra). A *c)* ábrán szerkezeti elemek rögzí-tése tengelyen, ill. tengelyek vagy csapok helyzetének biztosítása biztosító alátéttel látható. Állványok furatában, ill. a tengelyen gördülőcsapágyakat tengelyirányú elmozdulás ellen rögzíthetünk biztosító gyűrűvel (*d* ábra). Az *e)* ábra mutatja kör keresztmetszetű alkatelemek közvetett rögzítését sík felülethez rugalmas bilinccsel.



1.48. ábra **Feszítőelemek alkalmazása**

1.5. Szorítókötések

A szorítókötések olyan súrlódással záró kötések, amelyek rendszerint oldhatók, de szerkezeti elemek oldhatatlan kötései is lehetnek.

A szorítókötésekhez szükséges tapadóerőt kötőelemmel, pl. csavarral vagy ékkel, a súrlódóerőt pedig az alkatrészek közvetlen egymásra-nyomásával vagy ékhatásával biztosítjuk. A kötéseknél arra kell törekedni, hogy a kifejtett erők és az általuk keletkezett súrlódóerők között lehetőleg nagy legyen az

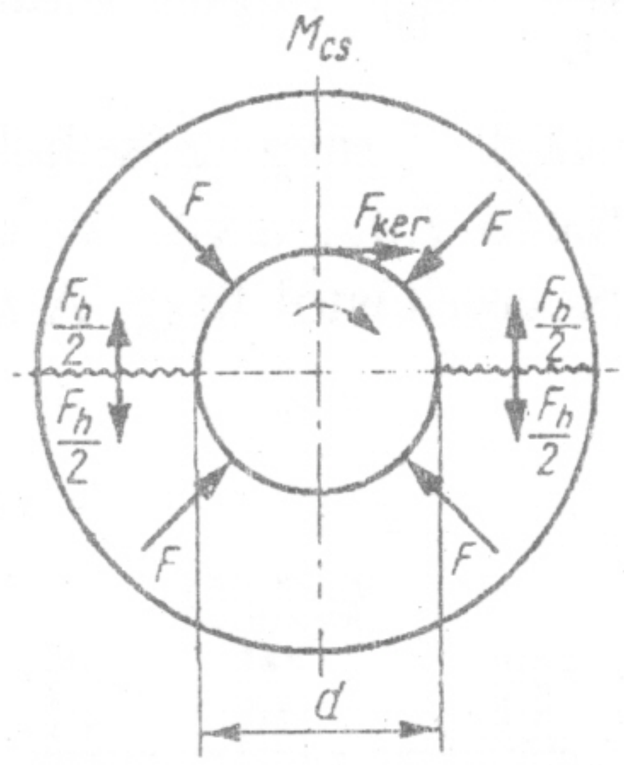
áttétel. A szorítókötés jellemzője a kapcsoló darab által elért erővel-zárás és a súrlódóerő, amely a két összekötésre kerülő darab között lép fel.

A szorítókötéseket elsősorban két, egymáshoz képest mozgó alkatrész gyorsan oldható reteszelésére használjuk. Rendszerint egy tengely körül - esetleg csupán egyetlen pont körül pl. gömbcsukló - fordulnak el az elemek, vagy tengelyirányban eltolhatók.

Sok közvetett szorítókötés előnye, hogy az összekötésre kerülő alkatrészek egymáshoz viszonyítva végtelen sok helyzetet foglalhatnak el.

1.5.1. Szorítókötések méretezése

A *1.49.* ábrán bemutatott szorítókötésnél az F_h tapadóerő nagyobb legyen, mint az átviendő F_{ker} kerületi erő. A tapadóerő akadályozza meg az alkatrészek egymáshoz viszonyított elmozdulását és egyenlő a μF súrlódó erők összegével.



1. 49. ábra

$$F_h = \sum \mu F \geq F_{\ker} = \frac{2M_{cs}}{d} \quad (1.19)$$

A teljes kerületen egyenletes „p" felületi nyomást feltételezve, a tapadóerő:

$$F_h = \Pi \cdot d \cdot L \cdot p \cdot \mu \quad (1.20)$$

Ebből a két képletből számítható a kötés teherviselő ill. a hosszúság és a tengelyátmérő hányadosa.

Mivel $M_{cs} = \tau_{cs} K_{cs}$ és $K_{cs} = \frac{\Pi d^3}{16}$ (1.21)

a hosszúság és a tengelyátmérő viszonya:

$$\frac{L}{d} \geq \frac{\tau_{cs}}{8 \cdot \mu \cdot p} \quad (1.22)$$

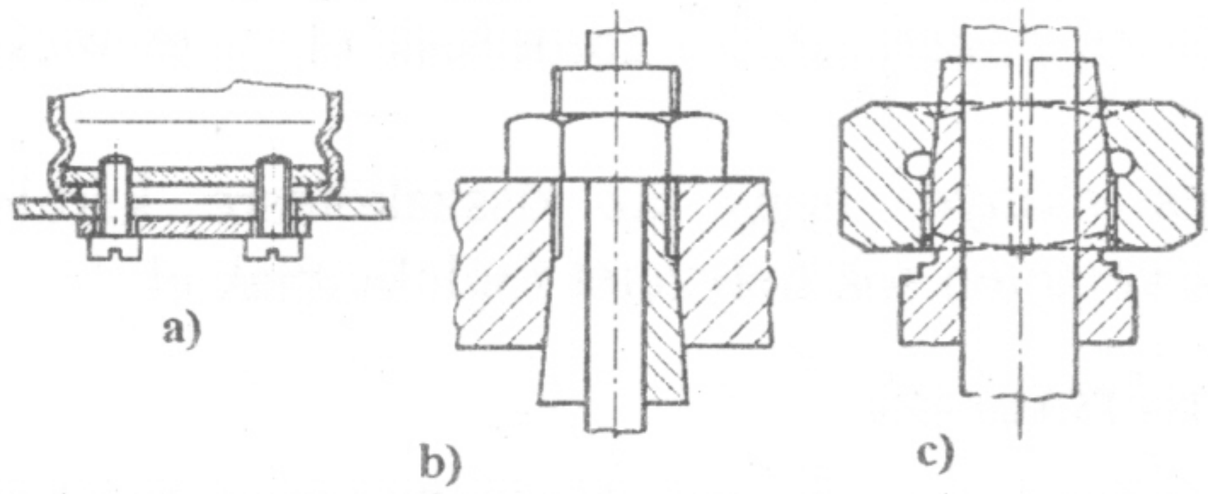
A szükséges húzóerőt pedig az alábbi képletből számíthatjuk:

$$F_h = dLp \geq \frac{F_{\ker}}{\mu \Pi} = \frac{2M_{cs}}{\mu \Pi d} \quad (1.23)$$

A tapadó súrlódási tényező a kenéstól függően μ_s= 0,15...0,3 (olajozott, ill. száraz). A csúszósúrlódási tényező $\mu_{cs} \approx 0.5\mu_s$. A "$p_{meg}$" értéke anyagtáblázatból határozható meg. Biztonsági okokból célszerű a csúszó surlódási tényezővel számolni.

1.5.2. Szorítókötések kialakításai

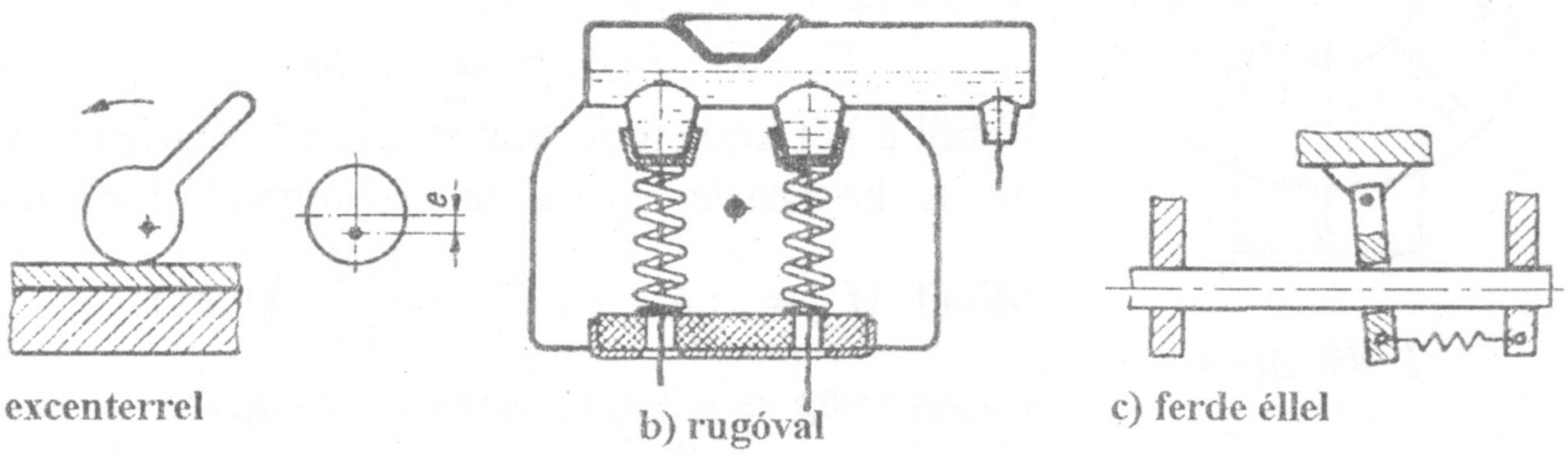
Szorítókötéseknél ügyelni kell az érintkező felületek helyes meghatározására, mert a túlzottan nagy felületi nyomás deformációt okozhat.



1.50. ábra **Szorítókötések csavarkötésekkel**

Szorítóelemként leggyakrabban csavarokat használunk ékekkel vagy kúpokkal. A *1.50.a* ábra lemezek és egyes alkatrészek csavarokkal történő szorítókötését mutatja be. A *b)* és *c)* ábrán rúd és cső alakú alkatrészek kötése látható hornyos, kúpos hüvellyel, vagy kúpos furatú hollandi anyával.

Másféle szorítóelemekkel megvalósítható kötéseket mutat a következő *1.51.* ábra. Az *a)* ábra egy excenteres szorítás, ahol a szorítóhatás a 'e' excentritástól függ. A *b)* ábrán egy higanyos szelep rugós rögzítése látható, a c) rajzon egyes részek ferdére állításával ékhatást hoznak létre a szorítóhatáshoz.



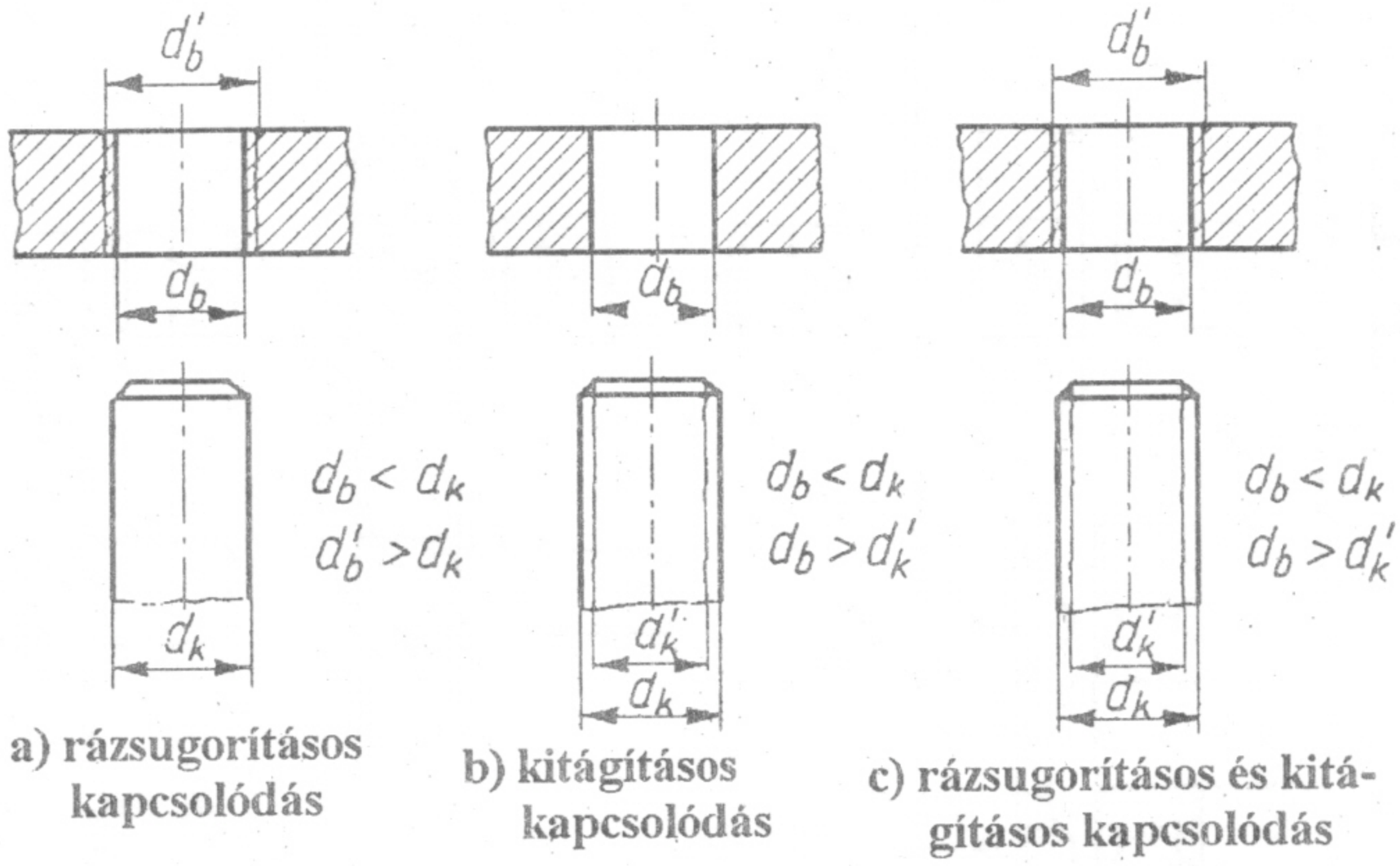
1.51. ábra **Szorítókötések**

1.6. Besajtolásos kötések

A besajtolásos kötések súrlódó kötések. Az egymással kapcsolódó darabok, túlfedéses illesztéssel készülnek és a két elem egymásba sajtolásával biztosítjuk azt a deformációt, amely az erővel-záró, merev kötés rugalmas alakváltozásához szükséges feszültség létrejöttéhez kell (sajtoló illesztés). A névleges d_k átmérőjű belső rész (tengely) a névleges d_b átmérőjű külső darabbal (aggyal) $\Delta = d_k - d_b$ átfedéssel kapcsolódik.

1.6.1. Keresztirányú sajtolás

Keresztirányú sajtolóillesztés egyik módja a *rázsugorításos* kapcsolódás (*1.52. a ábra*). A külső darabot annyira kell felmelegíteni, hogy a kitágulás



1.52. ábra **Keresztirányú sajtoló kapcsolódások**

következtében a belső darabra tolható legyen. A későbbi lehűléskor jelentkező zsugorodás biztosítja a kapcsolatot.

A felmelegítés hőmérséklete:

meleg lemezen	100 ° C-ig
olajfürdőben	365 ° C-ig
gáz, villamos fűtésű kemencében	700 ° C-ig

A belső alkatrész olyan mértékben is lehűthető, hogy összehúzódása következtében könnyen elhelyezhető a külső darabban és a későbbi felmelegedéskor a belső alkatrész kitágul, így ugyancsak szoros kapcsolat jön létre. Ez a kitágulásos kapcsolódás (*1.50.b* ábra).

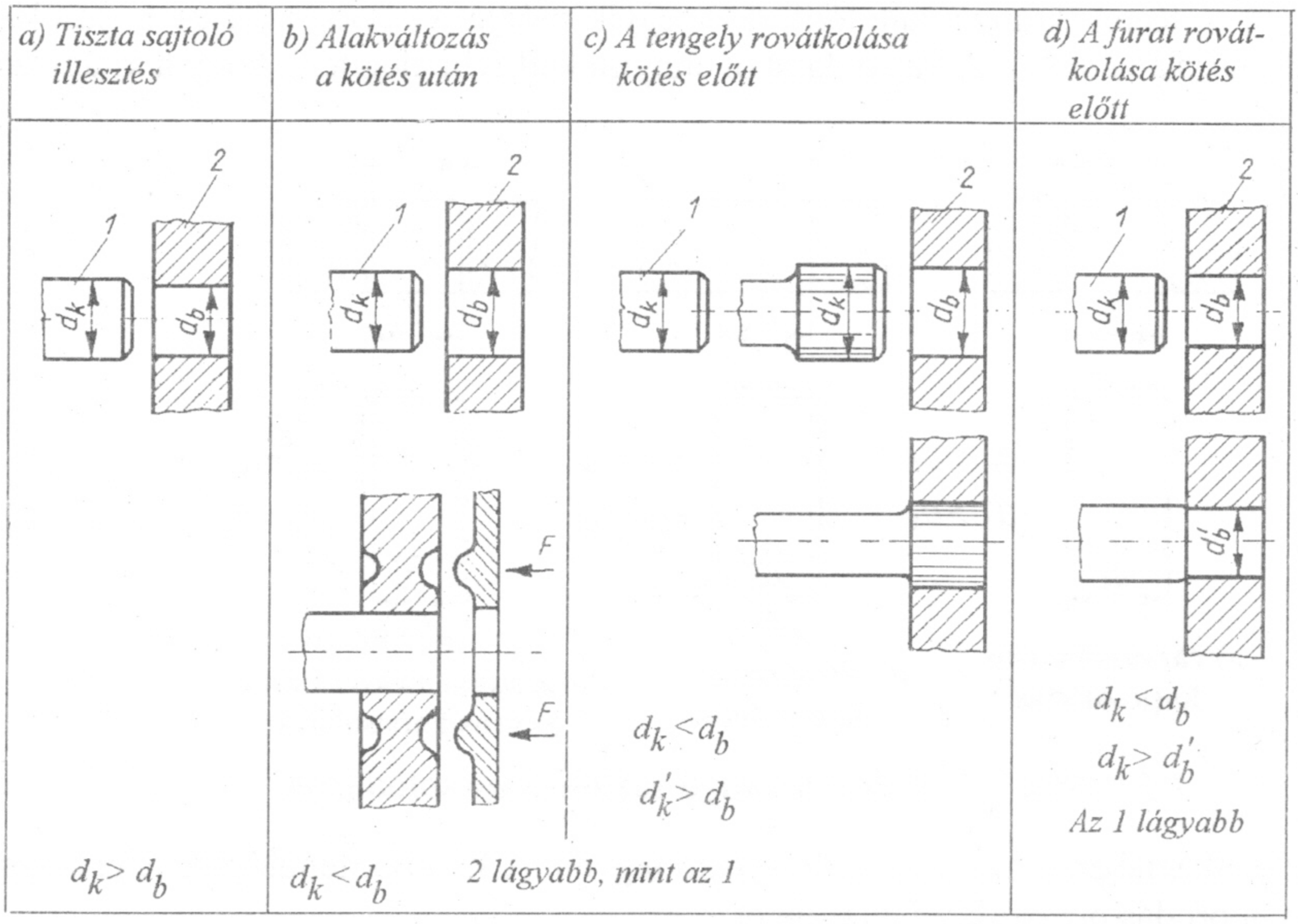
A hűtés hőmérsékletei:

száraz jéggel	- 72° C-ig
cseppfolyós levegővel	-190° C-ig

Mindig a kisebbik alkatrészt vetjük hőkezelés alá.

A vegyes zsugorodó-táguló kapcsolódásban (*1.50.c* ábra) a felmelegített külső darabot a lehűtött belső darabbal csatlakoztatjuk.

1.6.2. Hosszirányú sajtolás



1.53. ábra **Hosszirányú besajtolásos kötések**

Hosszirányú sajtolóillesztéses (*1.53.* ábra) kötéseknél a külső és belső darabot mechanikusan, tengelyirányú erővel sajtoljuk össze. Mivel itt a felületek összecsiszolódnak az alkatrészek túlmérete annál nagyobb legyen, minél durvábbak a felületek. A besajtolást csak minimális csatlakoztatási sebességgel (0,2 cm/s) végezzük, mert ellenkező esetben a kötőerők csökkennek. A belső alkatrész végét 10 –15 ^{o} szögben kúposra készítjük, hogy a lyuk belső felületének hántolását megakadályozzuk.

Acél anyagok sajtolását kenőanyaggal végezzük, mert ellenkező esetben az összekapcsolódó felületek lemaródhatnak. Különböző minőségű és keménységű darabok esetleg kenés nélkül is sajtolhatók.

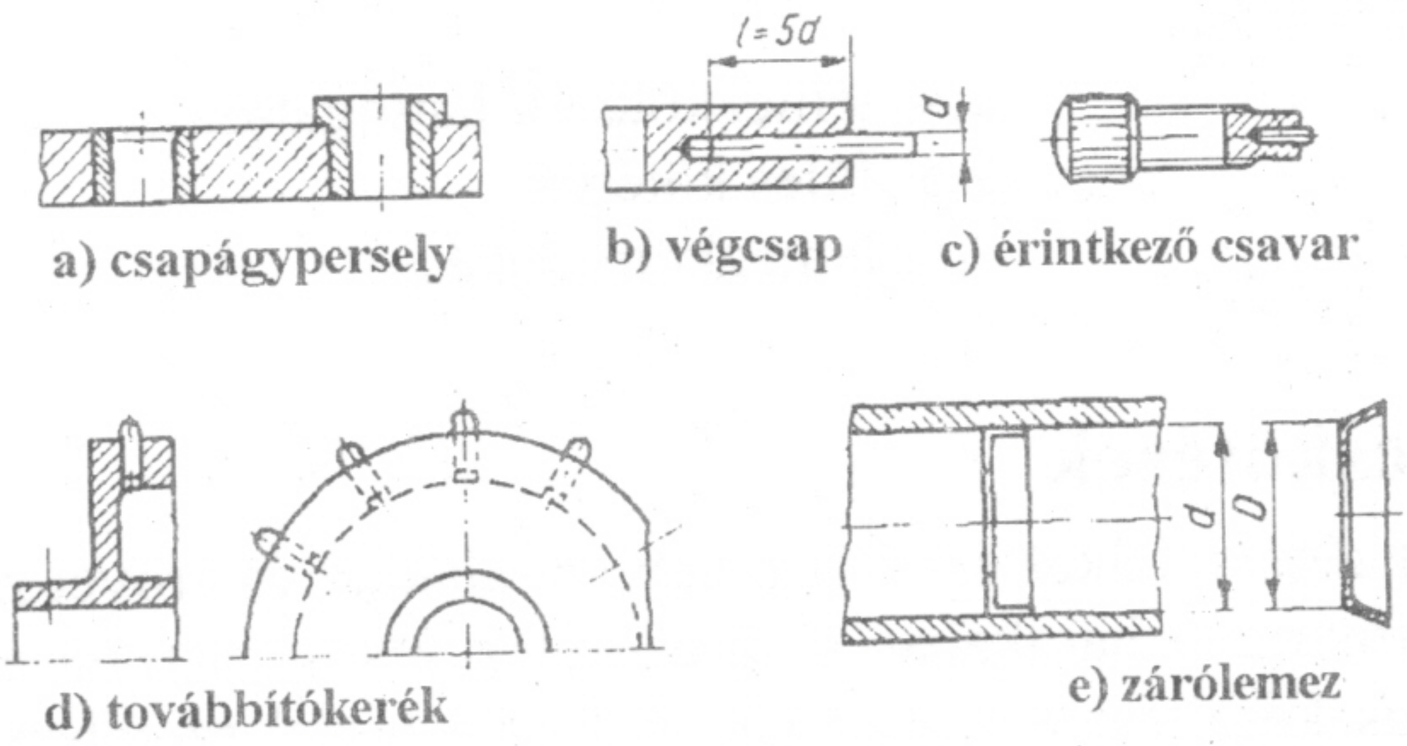
A finommechanikában főként a hosszirányú besajtolásos kötést alkalmazzák. A kötésfajtának hátránya, hogy szűk tűréseket kell használni. Ezért olyan eljárásokat dolgoztak ki, amelyekkel kisebb munkaigénnyel, pl. az összekötés előtt a tengelyt vagy a furatot rovátkolva (*c, d* ábra) nagyobb tűréssel készíthetjük el a kötés méreteit. Ügyelni kell arra, hogy a keményebb alkatrészt

rovátkoljuk, mert ez sajtoláskor a lágyabb anyagba hatol és így alakkal-záró kötést is biztosít. A sajtolásos kötés különleges szerszámokat igényel.

1.6.3. Besajtolásos kötések kialakítása

Hengeres alkatrészek átfedéssel készült közvetlen kötésének feltétele, hogy a felfekvő felületek gondosan és szűk tűréssel készüljenek. Tiszta sajtolóillesztést akkor alkalmaznak, ha az alkatrészek működése megköveteli pl. a tökéletesen központos helyzetet és csapok, tárcsák, fogaskerekek vagy hasonlók lehetőleg ütésmentes futását (*1.54* .ábra).

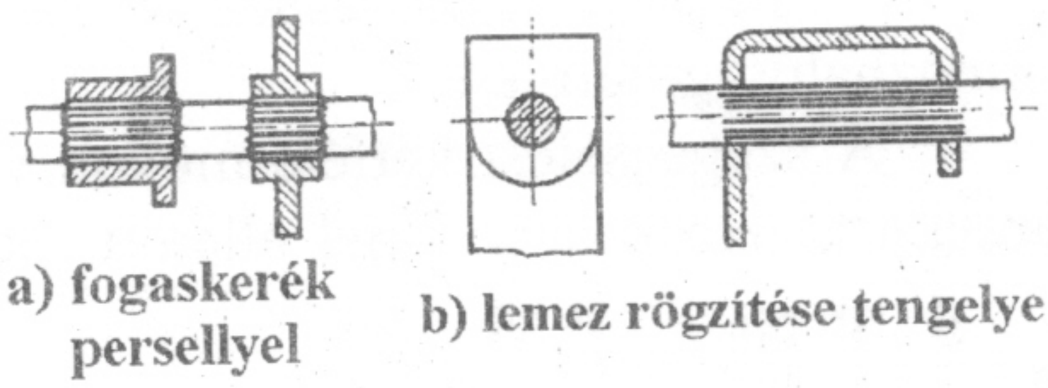
A kötés jósága az összekapcsolt alkatrészek anyagától, az illesztés tűrésétől és a kapcsolódó felületek '*l*' hosszától függ.



1.54. ábra **Besajtolás tiszta sajtolóillesztéssel**

Az „*a*" ábrán csapágypersely besajtolása látható. Alkatrészbe helyezett csap hosszméretére irányértékként l = 5·d választandó (*b, c, d* ábra). Húzott lemezek, pl. fényrekeszek, lemezgyűrűk stb. is besajtolhatók (*e* ábra), a darabok széleit azonban célszerű kissé kúposra készíteni.

Ha az összekötés előtt vagy után a darabokat valamilyen formában deformáljuk, gazdaságosabban gyártható besajtolásos kötéseket kapunk, mivel durvább tűrésekkel lehet dolgozni. Legismertebb előzetes "deformálási" eljárás, ha a keményebb alkatrészt rovátkoljuk vagy felületét érdesítjük. A kisebb átmérőjű alkatrészeket, amelyek már nem rovátkolhatók, érdesítjük. Legtöbbször a csapokat alakítjuk ily módon, mert a szokásos szerszámokkal megmunkálhatók. Nagyobb furatokhoz rovátkoló görgőket használunk.



1.55. ábra **Rovátkolt elemek besajtolása**

Előzetesen rovátkolt alkatrészek besajtolásos kötésének (*1.55.* ábra) előnye a sima, hengeres csapokkal bíró darabokhoz képest, hogy elfordulás el-

len jobban biztosít, és hosszú tengely tetszőleges helyén a rovátkolással besajtolásos kötést létesíthetünk anélkül, hogy a tengelyen vállat képeznénk (*a* ábra). Ezen kívül egyszerű lemezdarabokat a tengelyen sajtolással rögzíthetünk. Vékony lemezt gyakran célszerű kétszeresen rögzíteni (*b* ábra).

2. Kötések képlékeny alakítással

Az összekötésre kerülő alkatrészeket képlékeny alakítással, vagy kötőelem segítségével kötjük egymáshoz. Ezek a kötések általában oldhatatlanok. A gyártás gazdaságossága szempontjából lehetőleg a közvetlen kötés alkalmazandó.

A szokásos kötési eljárások:

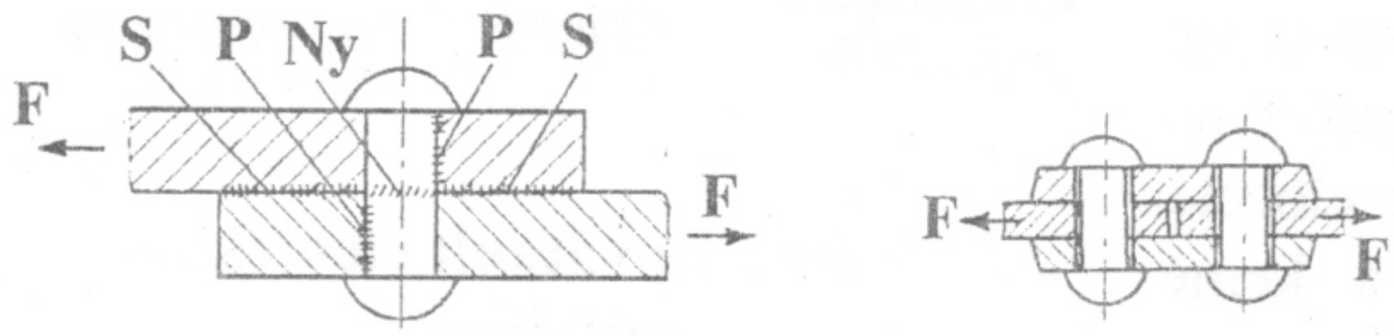
2.1. szegecskötések,
2.2. peremezett kötések,
2.3. redős kötések,
2.4. lemezkötések hajtogatással,
2.5. füles kötések
2.6. lemezkötés tűzéssel

2.1. Szegecskötések

A szegecselés segítségével alkatrészeket mereven, alakkal és erővel záróan köthetünk össze. A finommechanikában a szegecselést elsősorban házak, burkolatok, szerelvényfalak készítésére használják. A hegesztéssel szemben a szegecskötés előnye az egyszerűbb és olcsóbb technológia, a minőségük jobban ellenőrizhető (hangpróba), szükség esetén a szegecsfej eltávolításával oldható.

Hátránya a hegesztéshez képest a szerkezet nagyobb súlya és kisebb alkalmazhatósági területe.

A szegecselést kétféle módon végezhetjük el. Két vagy több alkatrész furatain keresztül egy fejjel ellátott szegecset fűzünk át (*2.1. ábra*) és a szegecsszárat az ellenkező oldalról elfejezzük. Ezt közvetett szegecselésnek nevezzük.



a) egynyírású kötés
S - surlódás
P - palástnyomás
Ny - nyírás

b) többnyírású kötés

2.1. ábra

A másik módszer, amikor az egyik alkatrész furatán a másik alkatrészen kialakított elszegecselhető csapot fűzzük át és ezt zömítjük el. Ez a közvetlen szegecselés.

Mindkét eljárás lényege az, hogy az alkatrészeket a súrlódás tartja össze, amelyet a szegecs összesajtoló ereje hoz létre. Csak ha

ezt a súrlódóerőt túllépjük, kap a szegecsszár nyíró igénybevételt, ill. a furat felületi nyomást. Ezért szegecselésnél az alkatrészek jó felfekvésére ügyelni kell.

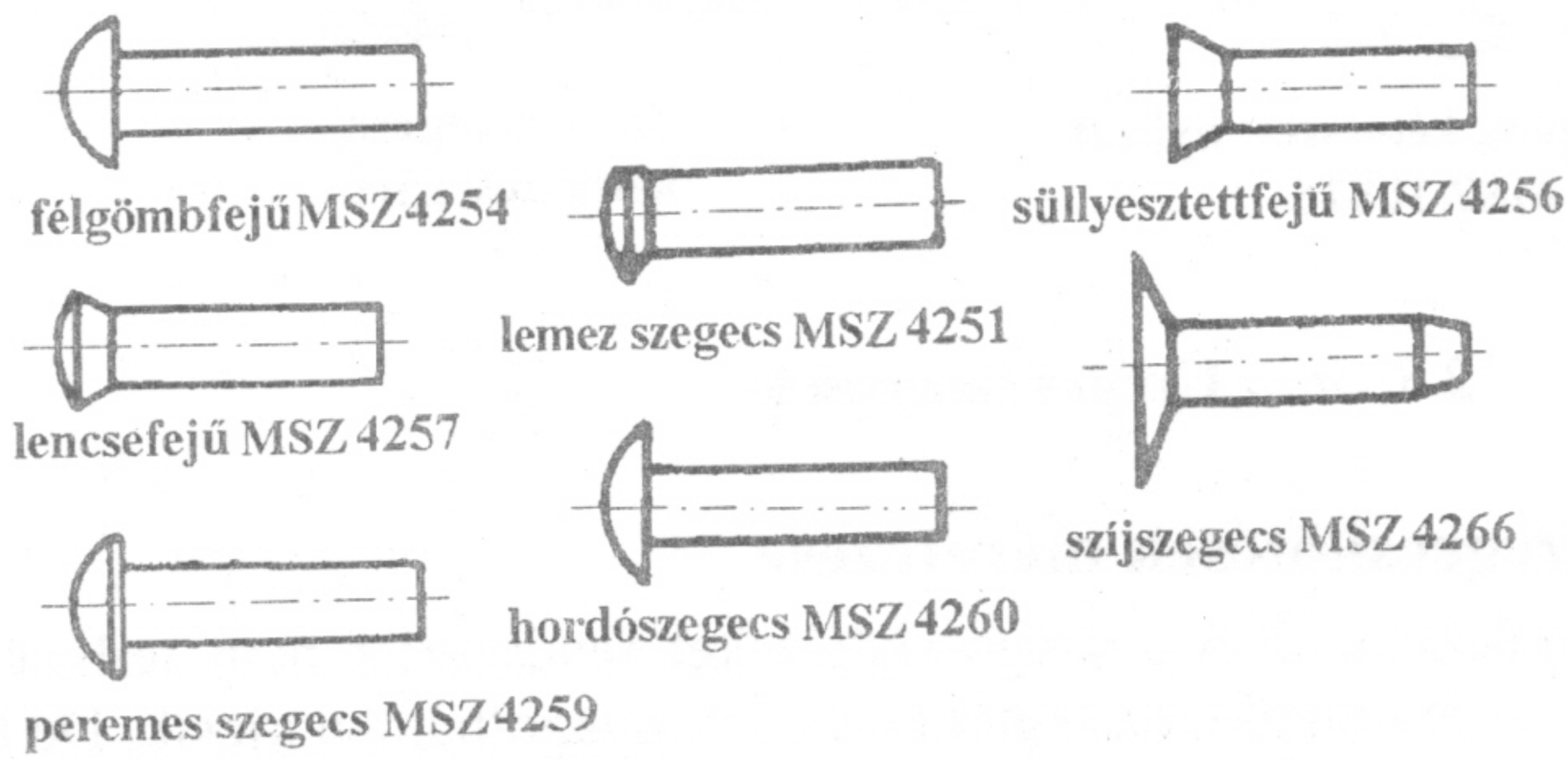
A finommechanikában rendszerint a kis méretek miatt hidegen szegecselünk. Azokat a kötéseket, amelyeket a gépiparban hosszú szegecssorral készítenek a finommechanikában inkább ponthegesztéssel helyettesítik.

2.1.1 Szegecsalakok

Az összekötésre kerülő anyagok szilárdságából és a kívánt külalaktól függően a következő szegecsek használatosak:

a) Tömör szegecsek

Az alkalmazásra kerülő szegecsalakokat a *2.2.* ábra mutatja be. Tömör



2.2. ábra **Tömör szegecsek**

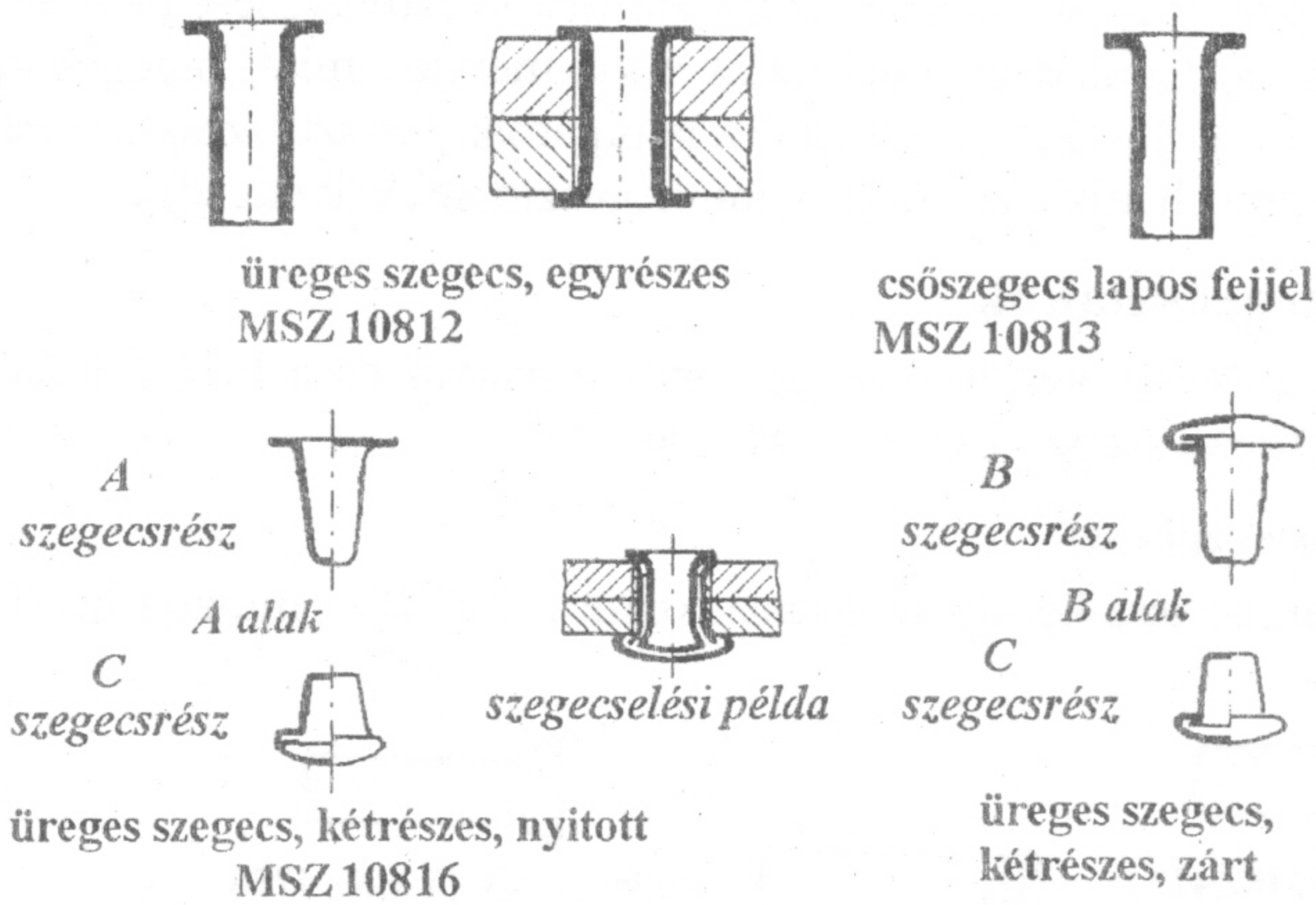
szegecsek gyártásához olyan anyagot kell választani, hogy a zárófej könnyen kialakítható legyen, Lágy acél, alumínium, alumínium ötvözetek /AlCuMg, AlMg 5/, sárgaréz és réz anyagok a leghasználatosabbak. A szegecsek szárát kissé kúposra készítik.

b) Üreges szegecsek

Üreges szegecs anyagok kiválasztásánál fő követelmény, hogy a zárófej kiképzéséhez elég lágy legyen. Ha szükséges, izzítási műveletet (lágyítás) is be kell iktatnunk. Sárgarézen és acélon kívül színalumíniumot is használunk. Ügyelni kell azonban arra, hogy az alumíniumon lévő oxidréteg villamos szigetelőnek tekinthető.

Nem lehet tehát alumíniumból olyan szegecseket alkalmaznunk, amelyek érintkező hüvelyek szerepét is betöltik, pl. rádiókészülékekben.

Üreges szegecseket mutat be a *2.3.* ábra.



2.3. ábra **Üreges szegecsek**

2.1.2. Szegecskötések méretezése

A finommechanikában a szegecskötéseket rendszerint nem terhelésre méretezik, mivel az átviendő erők legtöbbször elhanyagolhatóan kicsik. De különleges esetekben kell terhelésre ellenőrizni.

Egyirányú szegecskötések

Ha a szegecselt lemezeket (*2.1.*a. ábra) F húzóerő terheli, akkor ezt az erőt az F_S súrlódóerő viszi át egyik lemezről a másikra. Csak ennek az erőnek a túllépésére fekszik fel a szegecsfurat fala a szegecsszárra és kap a szegecskötés terhelést 'p' palástnyomásra és 'F_{ny}' nyírásra.

A szegecsenként átvihető erő: $F = F_S + F_{ny}$ (2.1)

Mivel az F_S súrlódóerő általában ismeretlen, egyszerűsítve nyírásra méretezünk:

$$F_ö = n \cdot F$$

A nyírófeszültség: $$\tau = \frac{F_Ö}{n \cdot A} \leq \tau_{meg} \qquad (2.2)$$

A - a szegecskeresztmetszet; n - a szegecsek száma

Szegecskeresztmetszet, tömör szegecsre: $A = \frac{d^2 \Pi}{4}$

Szegecskeresztmetszet, üreges szegecsre: $A = \frac{\Pi}{4}(d_k^2 - d_b^2)$

d_k: külső átmérő d_b: belső átmérő

A furat-palástnyomást (a szegecsszár és a furat fala között a felületi nyomást) szintén egyszerűsítve egyenletes igénybevételt feltételezve számítjuk. Ebben az esetben a palástnyomás

$$\sigma_p = \frac{F}{d \cdot s \cdot n} \leq \sigma_{pmeg} \quad (2.3)$$ s: lemezvastagság

A finommechanikában elegendő biztonságot kapunk, ha $\sigma_{pmeg} \approx 2\tau_{meg}$ értékkel számolunk.

Többnyírású szegecskötések

A *2.1.b.* ábrán bemutatott többnyírású szegecskötések megsokszorozzák a nyírt keresztmetszeteket és a szegecsenkénti súrlódóerőt. A lemezben a palástnyomás és a lemez keresztmetszete változatlan marad.

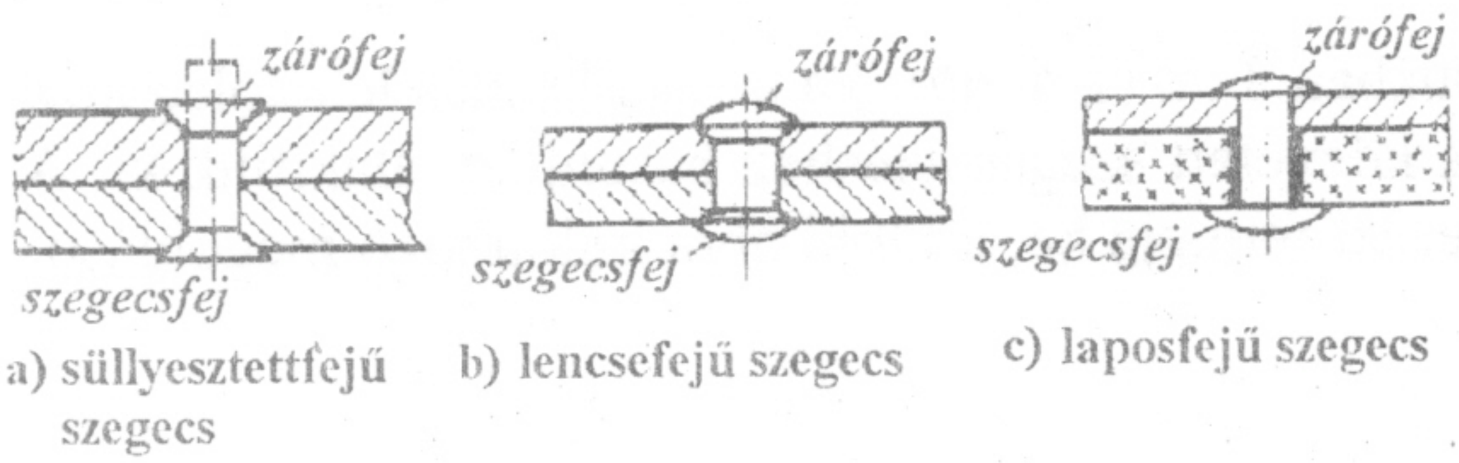
Mivel a szegecseket támadó, szegecsenkénti „F" erő „i" keresztmetszetre oszlik el, a nyírófeszültség:

$$\tau = \frac{F_ö}{n \cdot i \cdot A} \leq \tau_{meg} \quad (2.4)$$

2.1.3. Szegecskötések kialakítása

a) Közvetett szegecselés

Fémes alkatrészek összekötéséhez általában tömör szegecseket használunk. A zárófej alakja (*2.4. ábra*) a szilárdságtól, a külalaktól és a konstrukciós adottságoktól függ.

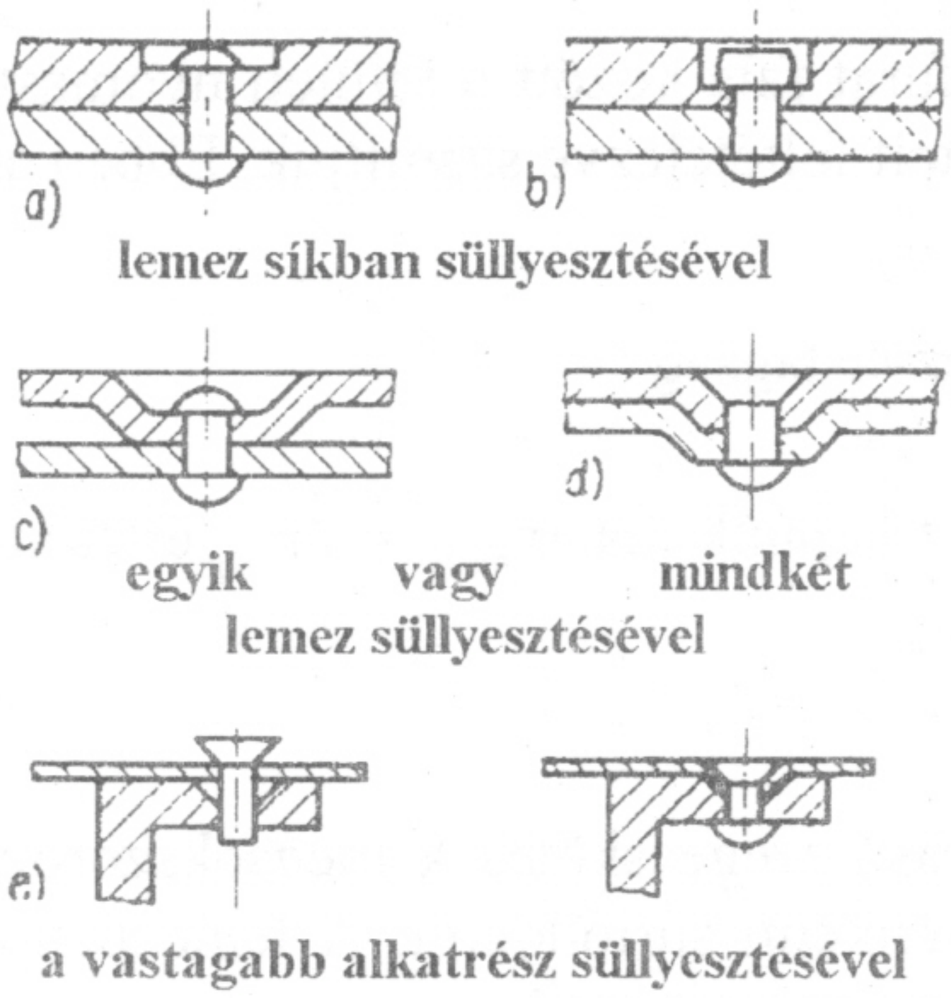


a) süllyesztettfejű szegecs b) lencsefejű szegecs c) laposfejű szegecs

2.4. ábra **Szegecskötés tömör szegecsekkel**

Süllyesztett fejű szegecselést, csak megfelelő vastag lemezek kötésére használunk. Ebben az esetben a szegecsfej a lemez szélétől $a \approx 0.3$ mm-re állhat ki (*2.4 a ábra*) Vékony, lágy le-

mezek esetén lencsefejű szegecseket alkalmazunk (*4.4 b ábra*). Szigetelő lemezek szegecseléséhez a terhelés jobb eloszlása végett mindkét fej alá alátéttárcsát is helyezünk, lágy és utánengedő anyagok, pl. bőr, textil szegecseléséhez célszerű a laposfejű szegecsek alkalmazása (*2.4. c ábra*).



2.5. ábra **Szegecselés süllyesztett szegecsfejjel**

Ha a helyi adottságok csak a kötés egyik oldalán teszik lehetővé a szegecsfejet (*2.5 ábra*) süllyesztett zárófejet készítünk, vagy a lapos felületű fejet süllyesztjük be (*a* és *b* ábra), esetleg a kötést a *c*) ábra szerint lemezsüllyesztéssel készítjük mindkét lemez deformációjával (*d* ábra), vagy a vastagabb lemezbe süllyesztéssel (*e* ábra).

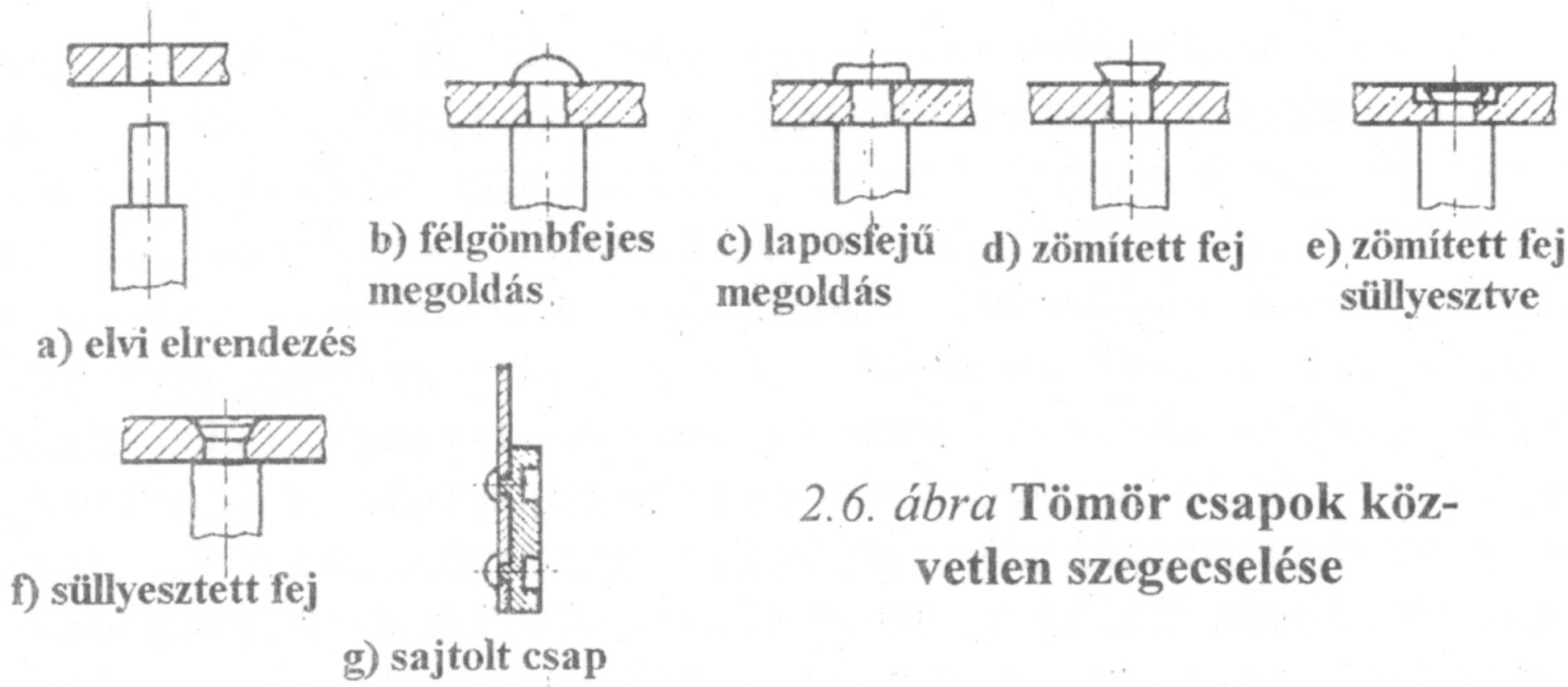
Üreges szegecsekkel (*2.3. ábra*) ugyanúgy készítünk kötést, mint tömör szegecsekkel. Mivel a kötés kis igénybevételt szenved, szinte bármely fémet vagy szigetelőanyagot ily módon össze lehet kötni. Ilyen szegecseléstől még az előkezelt, pl. lakkozott felületek sem sérülnek meg. Üreges szegecsek alkalmazása esetén a zárófej átmérője valamivel kisebb, mint a gyámfejé.

b.) Közvetlen szegecselés

A finommechanikában a közvetlen szegecskötést gyakrabban alkalmazzák, mint a közvetett szegecskötést.

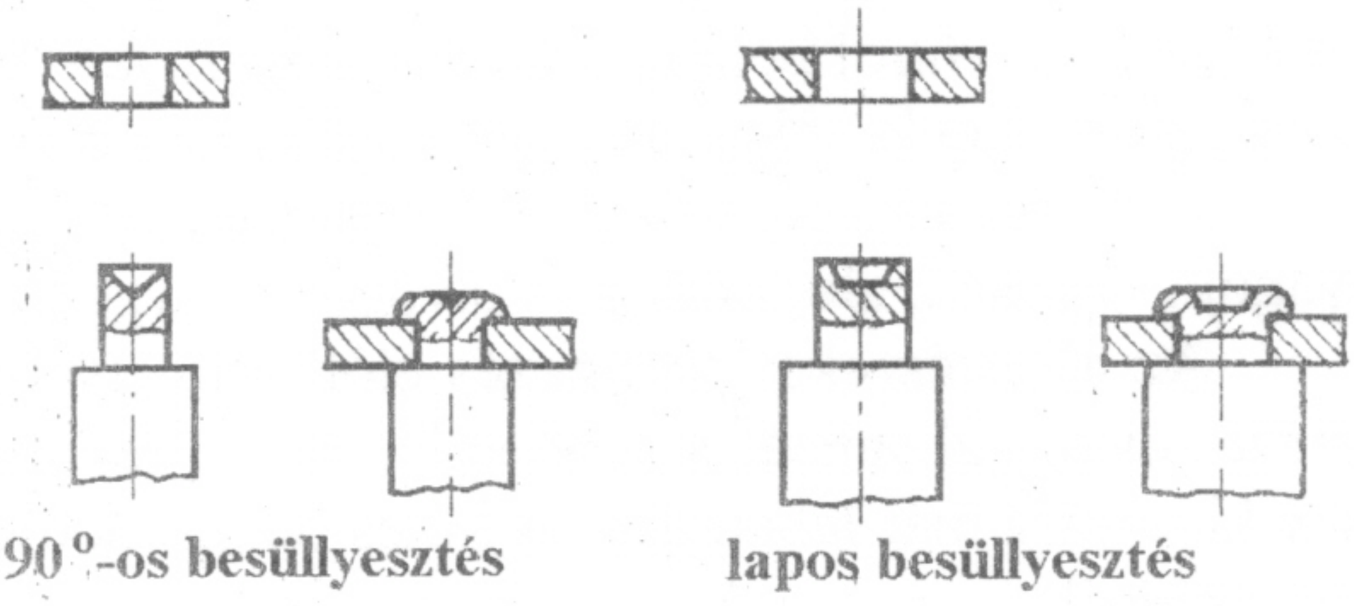
Az egyik összekötésre kerülő alkatrészt közvetlenül ellátjuk kör vagy négyszög keresztmetszetű csappal, amelyik tömör, süllyesztett vagy üreges alakú lehet.

A D : d viszony általában 3 : 2 (*2.6. ábra*) a d : d_l illesztés lehetőleg laza (pl. hll/D10). A zárófejet a közvetett szegecseléshez hasonlóan alakítjuk ki. A (*2.6.a ábra*) az elvi elrendezést mutatja be, a többi ábra különböző megoldásokat mutat.



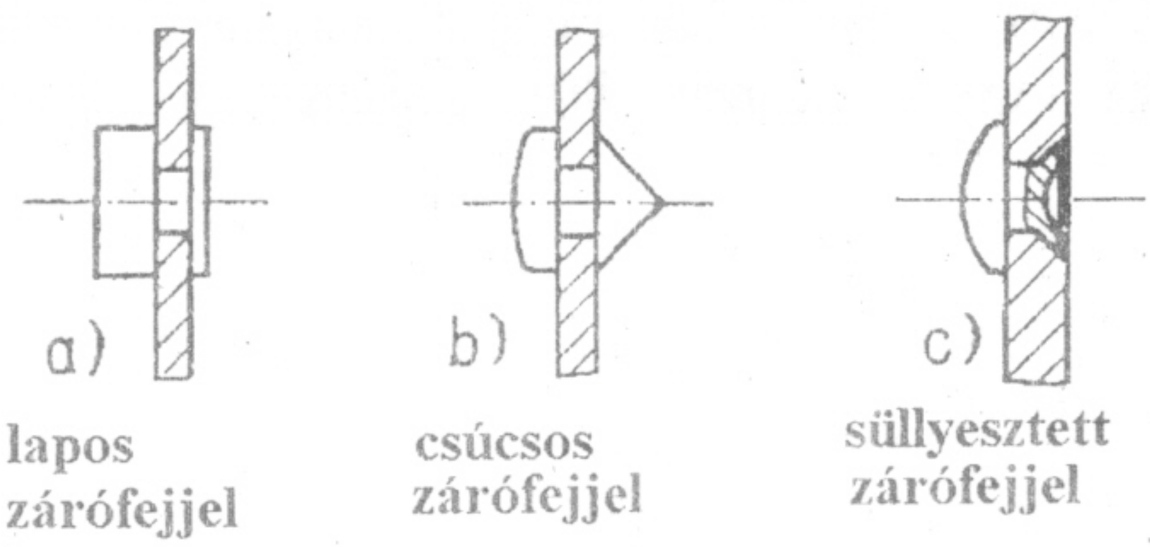
2.6. ábra **Tömör csapok közvetlen szegecselése**

A szegecselés megkönnyítése és az alkatrészek igénybevételének csökkentése végett – főleg nagy d átmérő esetén a szegecsszárba lyukakat vagy mélyedést süllyesztenek (*2.7.* ábra).



2.7. ábra **Szegecselés süllyesztett csapvégződéssel**

Az elektrotechnikában és főként az átvitel-technikában általánosan használatos rugós érintkezőket közvetlen szegecseléssel úgy készítjük, hogy az ezüstből, rézből ezüst-plattírozással, aranyból stb. álló érintkezőket a rugós elemekkel (bronz, sárgaréz, újezüst stb.) elemre szegecseljük (*2.8 ábra*). A zárófejeket feladatuktól függően laposra (*a* ábra) vagy hegyesre (*b* ábra) képezhetjük. Ha a zárófej oldalára működési szempontból nincsen szükség, a zórófejet anyagtakarékosságból besüllyeszthetjük (*c* ábra).



2.8. ábra **Érintkezők felszegecselése**

2.2. Peremezett kötések

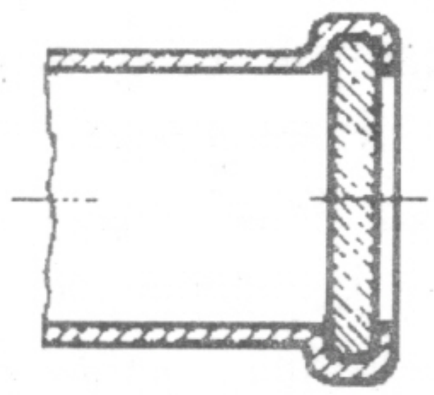
Peremezésen általában tetszőleges görbületű lemezszélek behajlítását értjük. Ezt az eljárást olyan alkatrészekre is használhatjuk, amelyek peremezendő széle lemezvékonyságú. A peremezés célja, hogy cső alakú, vagy az összekötés helyén csőszerűen kiképzett alkatrészeket (köpenyrészeket) tárcsa alakú, vagy hasonló záródarabokkal mereven és nem oldhatóan összekössünk. A peremezéskor az egyik alkatrészt úgy helyezzük a másikba, hogy nekitámaszkodjon a másik alkatrész valamelyik vállának, de annak az első alkatrészt körülvevő cső alakú széle (peremező széle) túlnyúljon rajta. A tulajdonképpeni összekötés (ráperemezés) abban áll, hogy a peremező szélt a másik alkatrész peremére ráhajlítjuk. Ezáltal az összekötésre kerülő két darab egymáshoz viszonyított helyzetét axiális és radiális irányban alakkal-záróan rögzítettük, egymással szembeni elcsavarodásukat az erővel-zárás akadályozza meg. Az alapvető különbség a szegecselési módhoz képest az, hogy a peremezéskor a perem szélét kívülről befelé, vagyis a *tengely felé* hajlítjuk be, míg a szegecseléskor éppen ellenkezőleg, a szegecs szélét belülről kifelé.

A finommechanikában a peremezéshez leginkább használatos nyersanyagok: lágyacél, alumínium és ötvözetei, sárgaréz, stb.

Az alkatrészeket peremezés előtt felületvédelemmel kell ellátni. A peremezés utáni galvanizálás kerülendő, mert a felületek közé a fürdő behatol, és a sav kimosása már lehetetlen. A kötés pedig több év múlva a sav maró hatása miatt szétesik.

2.2.1. Peremezett kötések kialakítása

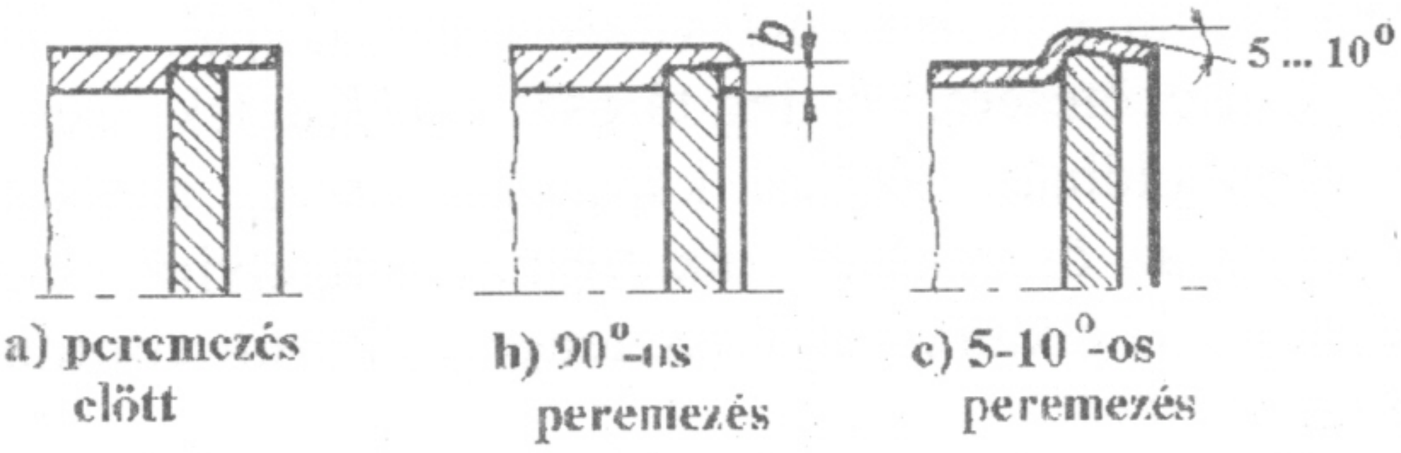
a.) Befelé hajlított peremező szél *(2.9. ábra)*



Ilyen peremezett kötésnél a köpeny a kapcsolódó darabot körülfogja. A peremező szél zömítésével befelé hajló alakot kapunk. A peremezés szöge függ az anyag alakítási érzékenységétől, lágy anyagnál 180^0, keményebb anyagnál 5^0.

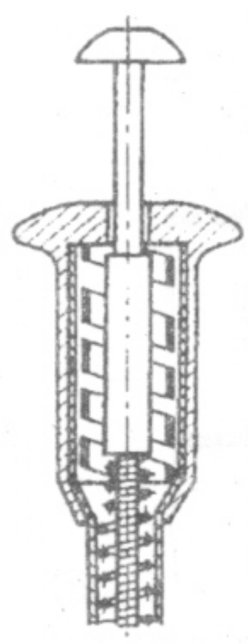
2.9. ábra **Köpeny befelé peremezve**

A kapcsolódó darab megtámasztását a vastag falú alkatrészeknél váll kiesztergálásával oldják meg (*2.10. a, b, c ábra*), vékonyfalúaknál süllyesztett redőt készítenek (*2.11.a ábra*), esetleg a köpenyt kitágítják (*2.11.b* ábra) . Gumi vagy más rugalmas anyag közbehelyezésével tömített kötés készíthető (*2.11. c ábra*).

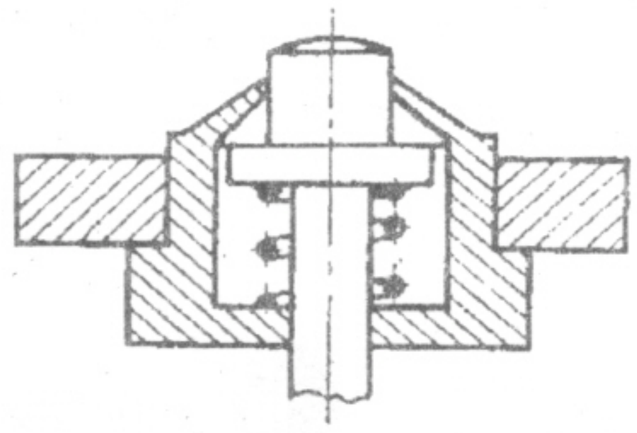


2.10 ábra **Peremezés kialakítása**

2.11. ábra **Köpeny peremezése**

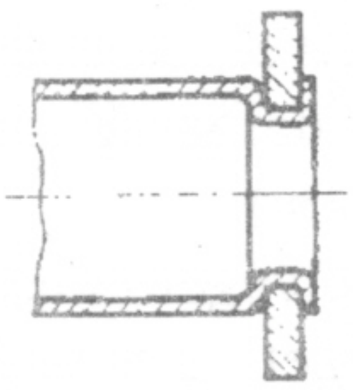


2.13. ábra **Peremezés fényképezőgép önkioldóján**



2.12. ábra **Peremezés nyomógombos kapcsolón**

b.) Kifelé hajlított peremezés



2.14. ábra

Ennél a megoldásnál a kapcsolódó darab a köpenyt körülveszi, s így a hengeres köpeny belülre kerül. (*2.14. ábra*).

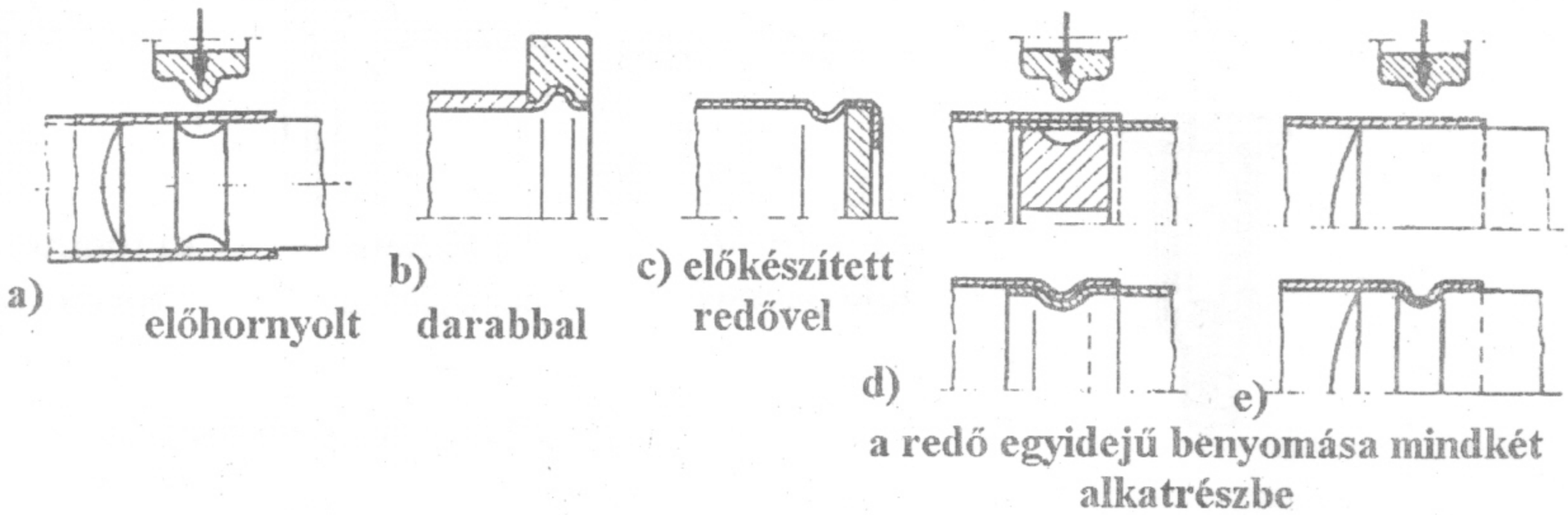
2.3. Redős kötés

Redőzésen vékony lemezből készített alkatrészek gyűrű alakú benyomását értjük. A redőzést rendszerint lemezek merevítésére használják, de alkalmas cső alakú alkatrészek összekötésére, esetleg tárcsás zárófedelek beerősítésére is. A redős kötés nem oldható, szilárd kapcsolat, amely alakkalzárással akadályozza meg, hogy az összekötött alkatrészek tengelyirányban egymáshoz képest elmozduljanak, az alkatrészek hossztengelye körüli elfordulását pedig erővel-zárás gátolja.

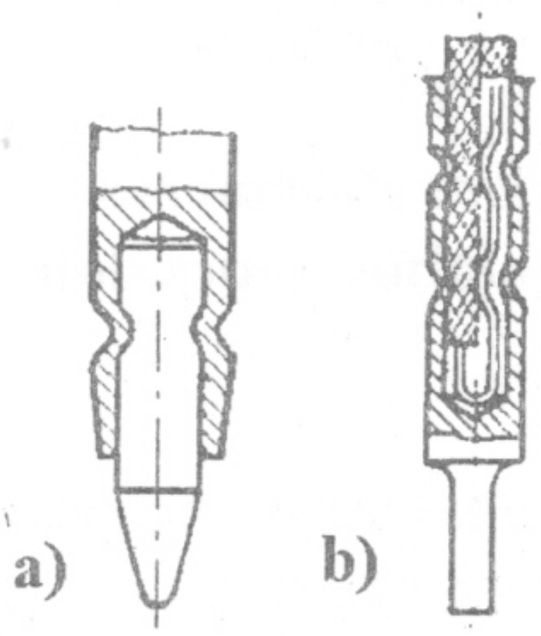
A redőzéshez bármely könnyen alakítható fém megfelel, mint pl. alumínium, réz, sárgaréz és mélyhúzható acél.

2.3.1. Redős kötések kialakítása

Redős kötéseket készíthetünk előzetesen elkészített redővel (*2.15. a és b ábra*), vagy melléredőzéssel (*2.15. c ábra*).



2.15. ábra **Redős kötés kialakítása**



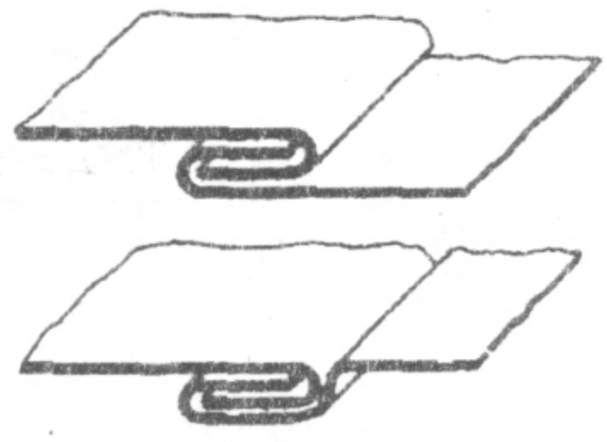
2.16. ábra

A redőzési módokat főként lemezek kötésére használjuk, de használható horonnyal ellátott alkatrészekhez is (*2.15. a és b ábra*), vagy olyanokhoz, amelyekbe a horony a redőzéssel egyidejűleg benyomható (egymásba redőzés) (*2.15. d és e ábra*). Ilyen egymásba-redőzést csak rugalmas vagy könnyen deformálható anyagokon készíthetünk (fa, keménygumi stb.).

A *2.16 a)* kábelsaruval ellátott kábelvéget mutat, *2.16. b)* ábrán pedig hornyos tengelyvéget láthatunk vezetőzsínor végződésen.

2.4. Lemezkötés hajtogatással

A hajtogatással kialakított (korcolással) lemezkötések merev, nem oldható kötések. Az alkatrészek egymással párhuzamos széleit először egymásba akaszthatóra hajtjuk, majd a korcolt alkatrészeket összenyomjuk és az egyik fél behajlítása biztosítja a kötés létrejöttét (*2.17.* ábra). Ha a korckötésnek különösen nagy erőket kell felvennie, többszörös korcolást készítünk. Ezzel az eljárással olyan anyagok köthetők össze, amelyek jól hajlíthatók. Adott lemezvastagsághoz a megengedett legkisebb hajlítási sugarat számításba kell venni. Jól korcolható a mélyhúzható acéllemez, rézlemez és ötvözetei, ólom, Cupal (rézzel plattírozott alumínium) és részben az alumínium, valamint ötvözetei. A korckötést általában géppel készítik a tömeggyártásban automatikus működésű gépeken.

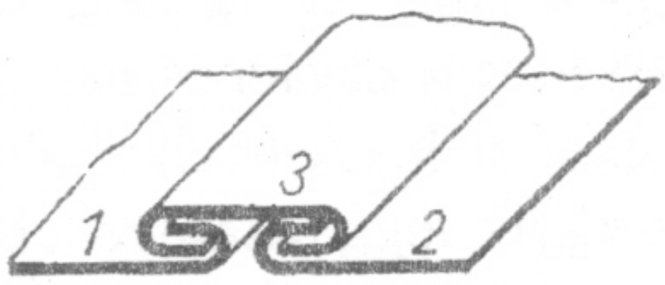


2.17. ábra

Közvetlen korckötés

2.4.1. A korckötések kialakítása

A korckötések lehetnek *közvetlen* és *közvetett* kötések. A közvetett korckötés külön korccsíkkal létesül (*2.18.* ábra). Ezen kívül megkülönböztetünk egyszerű (*2.17.* ábra) és többszörös korcolást, pl. a *2.19* .ábrán látható kettős korcot.



1, 2 összekötendő darabok; *3* korccsík

2.18. ábra **Közvetett korckötés**

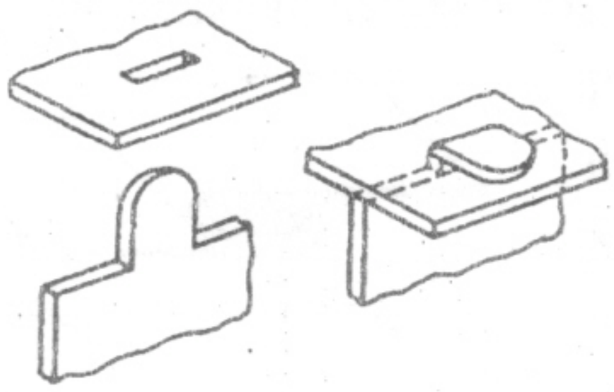
A korcolt kötéseket elsősorban lemeztartályok gyártásában használják, de csupán a tartályköpeny hosszanti varratát készítik ily módon. Tömített varratok is létesíthetők, ha a korcolás közé ragasztóanyagréteget vagy gumiszalagot helyeznek. Ha a tartályok nagyobb termikus terhelésnek vannak kitéve, a korcokat tömören forrasztani kell.

a) egymásbatolt korc **b) kettős álló korc**

2.19. ábra **Többszörös korcolások**

2.5. Füleskötések

A füleskötések oldható, merev és alakkal záró kapcsolatok, főként vékony lemezek egymáshoz kötésére, vagy lemezek és nemfémes anyagok összekapcsolására szolgálnak. Az egyik darabon előzetesen kialakított nyúlványok vannak, amelyek a másik alkatrészbe, vagy föléje nyúlva ráhajlíthatók (*2.20. ábra*). A lapra felfekvő fülrész a ráhajlítás után visszarugózik, mely csökkenti a kötés erősségét.



2.20. ábra

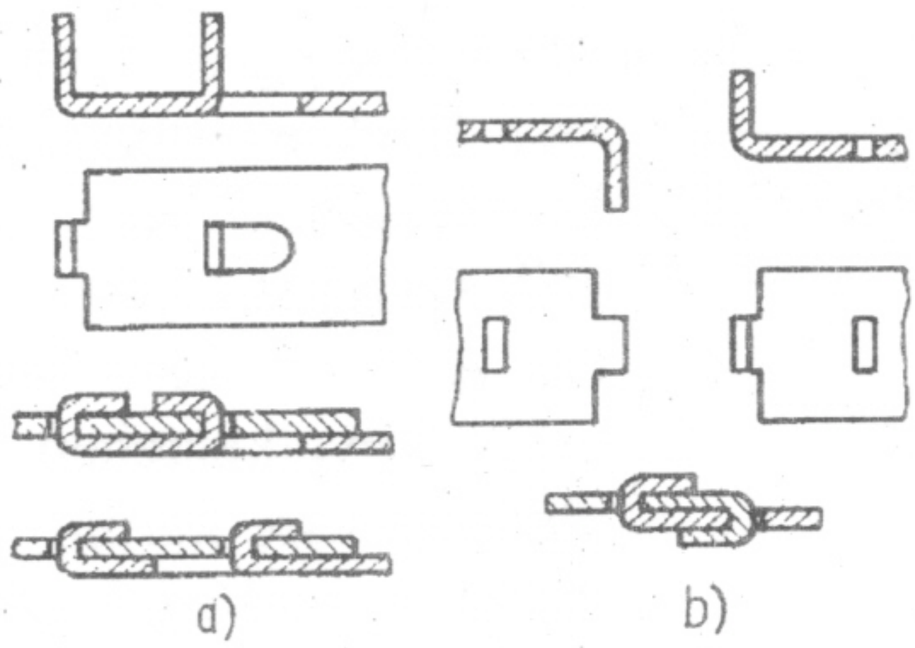
Az elcsavart füleskötés hasonló kialakítású, a nyúlványokat azonban nem hajtják le, hanem kissé elcsavarják. Ez a kötés merevebb a hajlított füleskötésnél, viszont szerkezeti magassága nagyobb. Mivel az elcsavart nyúlványokkal ellátott felületek külsőleg zavarólag hatnak, sőt ezek a kiálló részek sérülést is okozhatnak, az ilyen elcsavart füleskötést csak burkolt helyeken használjuk.

A füleket hordozó rész anyagaként csak a lágy fémek jönnek számításba, amelyek rugalmassága csekély, pl. lágyacél, réz, sárgaréz és alumínium. Csekély rugalmasságra azért van szükség, hogy a hajlított fül nem kívánatos visszarugózását csökkentsük. A másik darab viszont tetszőleges anyagból készülhet. Ezt a kötésmódot főleg a játékiparban és a távközléstechnikában használják, mert vékony, már felületkezelt lemezek egyik leggazdaságosabb kötésmódja, de használják még akkor is, ha más kötésmódok az alkatrészek külalakját rontanák. A füles kötési mód sokkal kisebb szerszám és készülékköltséget igényel, mint pl. a forrasztás vagy a hegesztés.

A hajlított füleskötéshez szükséges a nyílásokat valamivel nagyobb keresztmetszetűre készíteni, mint a rajtuk átbújtatott füleket. Szilárdsági szempontokból a lyukasztó tű keresztmetszetét túlzottan csökkenteni nem lehet, így nagyon vékony lemezeknél az átbújtatott füleknek nagy játékuk van a nyílásban. E játék következtében az összekötésre kerülő alkatrészek helyzete tág tűrésű. Ha konstrukciós szempontból kisebb tűrések szükségesek, akkor megfelelő alakú kivágásokkal lehet ezt a hibát elkerülni.

2.5.1. Közvetlen füleskötések

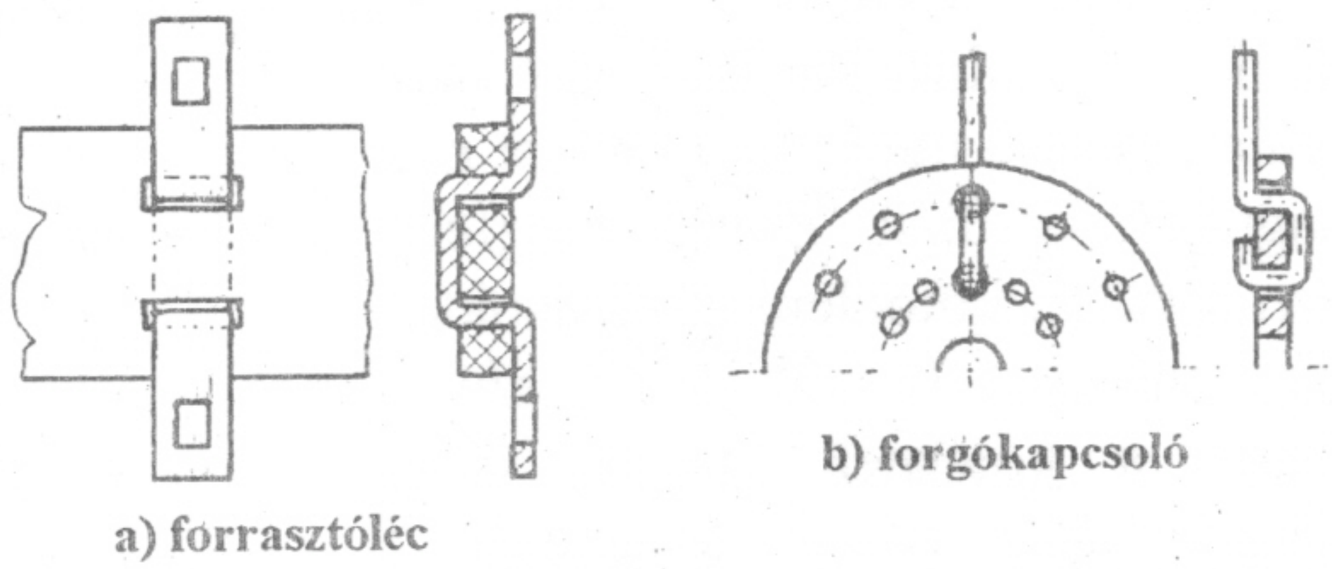
Ezeket a kötéseket az jellemzi, hogy az egyik alkatrészen képezik ki a fület, a másikon pedig a nyílást.



2.21. ábra

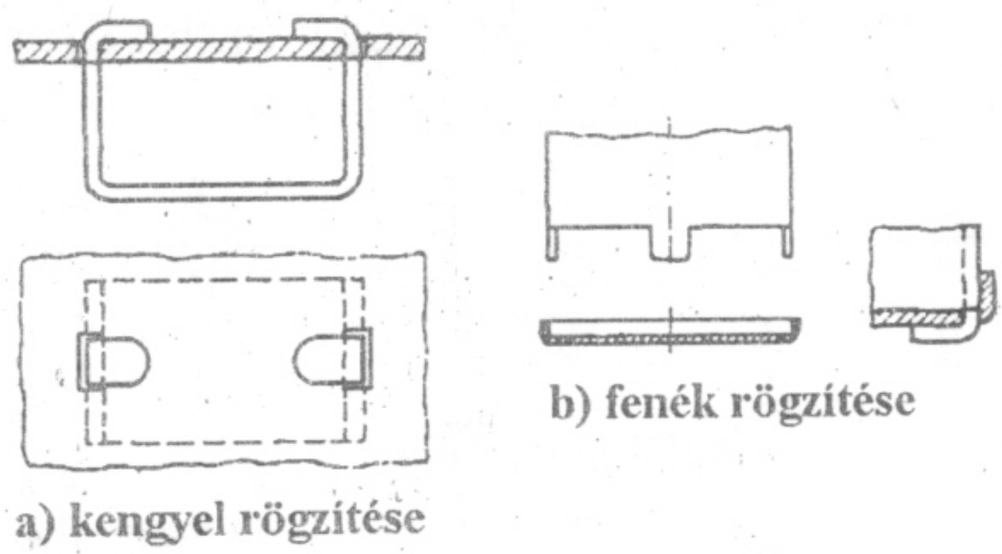
Előre meghajlított füllel kialakított kötést ábrázol a *2.21.* ábra. Ha nincs mód a füleket a lemezszéleken kialakítani, akkor kiképezhetők mint zárt felület kivágott darabjai (*2.21. a* ábra). A *2.21. a* ábrán felül látható esetben a kötés szilárdsági szempontból kedvezőbb, mint az alatta levő változatnál. Lemezeket a *2.21.b.* ábra szerint is összeköthetünk egymással, amikor a füleket ellentétesen hajlítjuk egymásra. A hajlított füleskötés jól használható érintkező rugók és forrasztott szemek rögzítésére is.

A *2.22. a* ábra forrasztott csatlakozó léc egy részletét mutatja. A forrasztott csatlakozás mindkét vége 90^0-ban előrehajlított, ezeket a szigetelőben készített nyílásokon keresztül dugják át, majd kifelé hajlítják. Hasonlóan köthetők a forgókapcsoló vastagabb huzalból készült érintkezői a tartólemezen (*2.22.b* ábra).



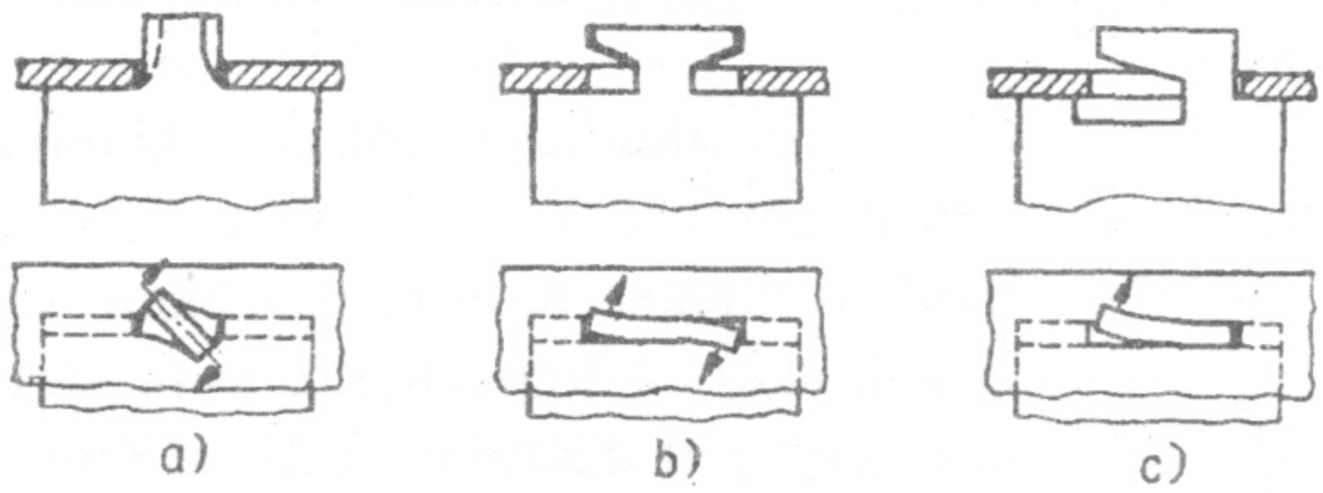
2.22. ábra **Forrasztott csatlakozók füles kötése**

A *2.23.* ábra "T" alakú, egymással tompán érintkező lemezek kötéséhez alkalmazható kötésformát mutat be. Ezt a módszert alkalmazzuk, pl. ha csövet vagy keretszerkezetet merőlegesen kapcsolnak lapos alkatrészhez, pl. fenékkel kötése (*b* ábra).



2.23. ábra

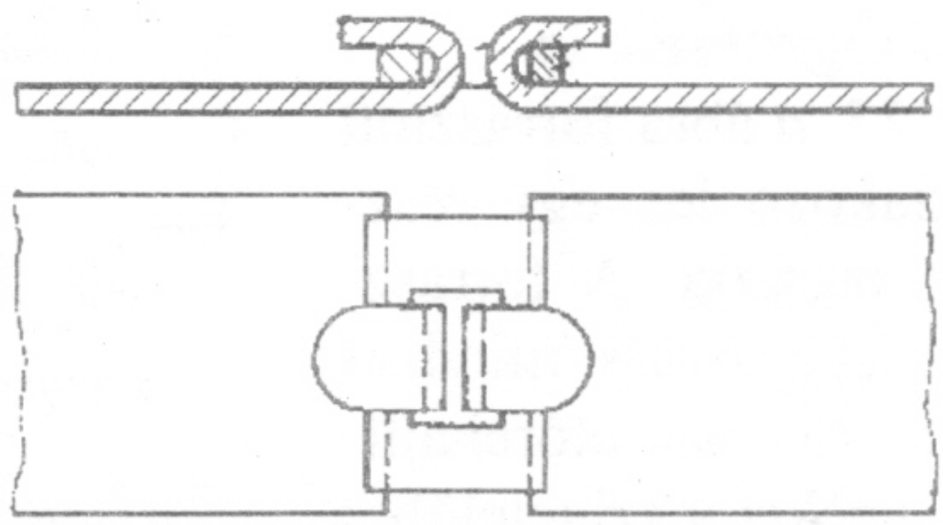
Vastagabb lemezek füleskötésére nem hajlított, hanem elcsavart fület használnak. Ilyen esetben az előre elkészített hézag ne legyen sokkal szélesebb a fülek vastagságánál *(2.24 a ábra)*. Szélesebb és különleges kialakítású fülek esetében ez a követelmény nem játszik szerepet (*b* és *c* ábra). A fül ékszerű bevágása következtében az összekötésre kerülő darabok erővel-záró kötése is biztosítható.



2.24. ábra **Elcsavart füles kötése**

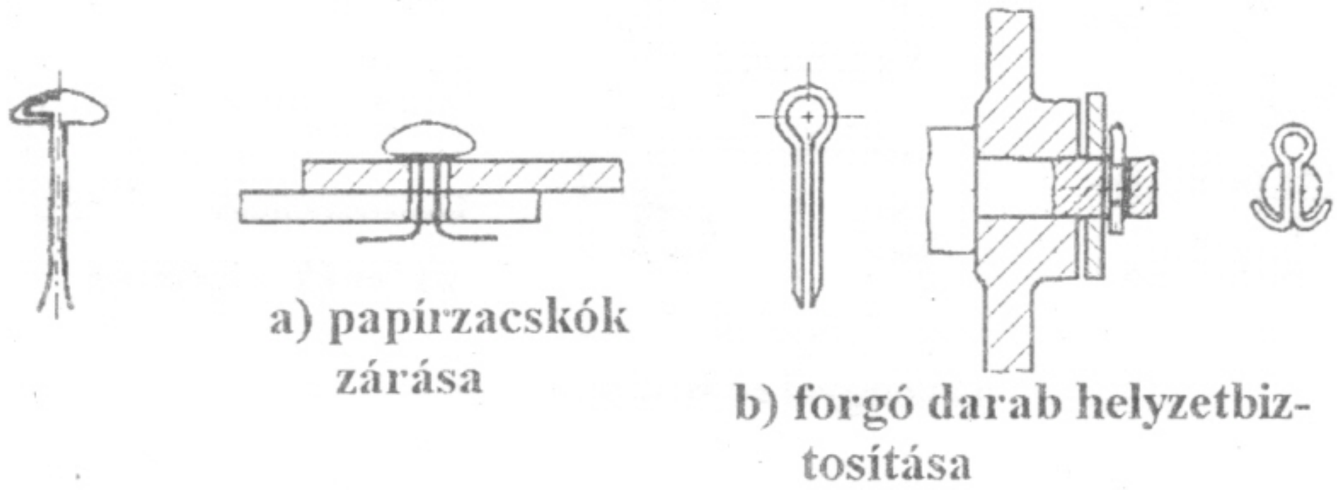
2.5.2. Közvetett füleskötések

A közvetett füleskötéseket az jellemzi, hogy az összekötésre kerülő darabokat úgy alakítják ki, hogy vagy a fület, vagy a megfelelő nyílást már magukon hordják. Ennek megfelelően a külön kötőelem kivágásokkal vagy fülekkel készül (*2.25. ábra*). Ennek a kötésnek előnye, hogy mindkét kapcsolódó alkatrészt a csatlakozási helyeken azonos szerszámmal lehet megmunkálni.



2.25. ábra
Közvetett füleskötés elve

A közvetett füleskötésekhez sorolhatók a sasszeges kötések is. Ezekkel csak kis igénybevételű alkatrészek köthetők össze. Sasszeggel biztosítjuk, pl. egymásba helyezett forgó alkatrészek axiális helyzetét (*2.26. b* ábra), vagy megfelelő kialakítás esetén (*2.26. a* ábra) papírzacskók stb. lezárására használjuk őket.



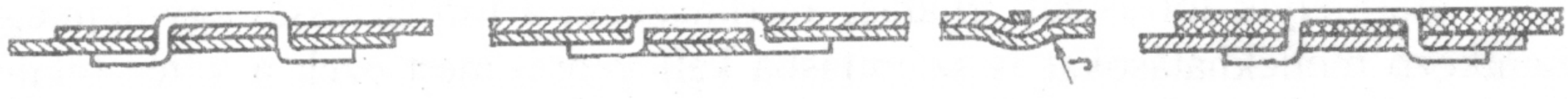
2.26. ábra **Sasszeges kötés**

2.6. Tűzött lemezkötések

A tűzött lemezkötések közvetett, oldható és nem oldható kivitelű rögzítési módok. Huzalból készített kapcsokkal finomlemezeket gépi úton mereven, alakkal-záróan lehet kapcsolni (2.27. ábra). Az ábra egyszerű lemeztűzést, behúzott tűzést és lágy anyagtűzést mutat be.

A lemeztűzéseket főleg a könnyűiparban, pl. lemezekből készített bútorok, szellőzőcsatornák kialakításánál a szegecskötések helyett használják, mert gazdaságosabb a szegecselésnél.

A tűzésnél használt kapcsok nagyszilárdságúak, a huzalok kör- vagy négyszög keresztmetszetűek /1 mm x 1, 2 mm-tól 1, 4 mm x 1, 7 mm/ legyenek. Az összetűzhető alkatrészek megengedett vastagsága a kapcsolt darabok anyagainak minőségétől (szilárdságától) függ. Színalumínium lemezek összvastagsága 6 mm is lehet. Keményebb anyagoknál, pl. AlCuMg-tól készített lemezzel 3 mm-es összvastagságig dolgozhatunk.



2.27. ábra **Tűzött lemezkötések kialakítása**

3. Anyaggal-záró kötések

Azokat a kötésfajtákat nevezzük így, amelyeknél az összeköttetésre kerülő alkatrészek kapcsolódó felületeire molekuláris erők (adhézió, kohézió) hatnak. Az anyaggal-záró kötési eljárások:

3.1. forrasztások
3.2. hegesztés
3.3. ragasztás
3.4. tapasztás
3.5. beolvasztás
3.6. beágyazás

3.1. Forrasztások

A forrasztások meghatározása: Olyan közvetett, anyaggal-záró kötések, amelyeket fémes vagy fémmel bevont nemfémes alkatrészek összekötéséhez alkalmaznak. A kötés fémes adalékanyag (forrasz) segítségével jön létre, felületi ötvöző, adhéziós és diffúziós folyamat következtében.

A forrasztott kötés készítése előtt az összekötendő alkatrészeken levő oxidréteget el kell távolítani. Ezután mechanikai vagy vegyi eljárással gondosan megtisztított, előkészített, kötési helyre juttatjuk a megfelelő forraszt. A forrasztási hőmérséklet a forrasz anyag olvadáspontja közelében, de jóval a forrasztandó anyag olvadáspontja alatt legyen. A megömlesztett forrasz az alapanyagot befedi, ezzel felületi ötvözetet alkot és kihűlés után szilárd, fémes kötés jön létre. Ebben a fejezetben csak az alkatrészek mechanikai kötését létrehozó forrasztási eljárásokat ismertetjük.

3.1.1. Forrasztási eljárások felosztása

A megfelelő forrasztási eljárás kiválasztását a készítendő forrasztott kötés funkciója határozza meg. Így pl. olyan elektrotechnikai kötésekhez, amelyek villamos ellenállása kicsi és ismételt felmelegítéssel oldhatónak kell lenniük, leginkább a lágyforrasztást használják. Egyedi gyártásban pákával történő forrasztás, tömeggyártásban a forrasztófürdős vagy meleggázos forrasztást alkalmazása gazdaságosabb.

Bármelyik forrasztási eljárást alkalmazzuk, a forrasztással egyidejűleg jelentkező mellékhatásokat is számításba kell venni, mert ezek a kötés tulajdonságait befolyásolhatják. Pl. a folyósító anyagok, vagy forraszanyagok kémiai hatása következtében az alapanyagok felülete megváltozhat, rideggé válhat. A folyósító anyagok elősegítik a felület korrózióját, gőze más szerkezeti anyagokat megtámadhat, valamint a forrasztás következtében fejlődő hő hatása, pl. hőérzékeny alkatrészekre és félvezetőkre jelentős szerepet játszik, amit megfelelő hővezetéssel, vagy árnyékolással részben ki lehet védeni.

3.1.1.a. Csoportosítás az olvadáspont ill. a forrasz szilárdsága alapján:

Lágyforrasztás

Munkahőmérséklete 450 °C alatt, általában 260...300 °C. Minden fémhez alkalmazhatjuk, de gyakran célszerű a fémek előzetes ónozása. Az elektrotechnikában szívesen használják villamos vezetők kötésére.

Előnye: (keményforrasztáshoz viszonyítva)

- forrasztás könnyen elvégezhető
- az alkatrészek nem húzódnak el
- az összekötésre kerülő alkatrészek keménysége nem csökken
- varratok tömörek lehetnek

Hátránya:

- csekély szilárdság

- beégető- és kemencelakkozáshoz nem használható, mert annak kb. 500°C a hőmérséklete.
- galvánbevonatokhoz különleges eljárás szükséges. A forrasztási hely legtöbbször szennyezett, ill. a korrózió veszély miatt a folyósító anyagmaradékot gondosan el kell távolítani.

Keményforrasztás

Munkahőmérséklete 450 °C felett van, általában 720 °C. Akkor használják, ha a kötés szilárdsága és üzemi hőmérséklete szempontjából nagyobbak a követelmények.

3.1.1.b. Csoportosítás a forrasztás alakja szerint:

- *Résforrasztás*, ha a forrasztott felületek közötti távolság egyenletes és 0.5 mm-nél kisebb.
- *Horonyforrasztás*, ha ez a távolság nagyobb, a forrasztás "x" vagy "v" alakú.

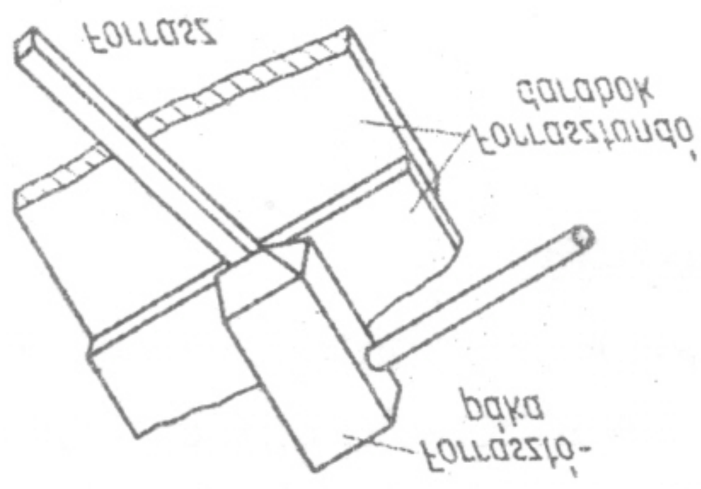
3.1.1.c. Csoportosítás a forrasztandó anyagok fajtája szerint:

fém- kerámia- üvegforrasztás

3.1.1.d. Csoportosítás a forrasz és a forrasztási hely felmelegítési módja alapján:

Itt csak a finommechanikában leggyakoribb eljárásokat ismertetjük. A III. sz. mellékletben található más eljárások és alkalmazási területeik összefoglalása.

1.) <u>Forrasztás pákával</u>

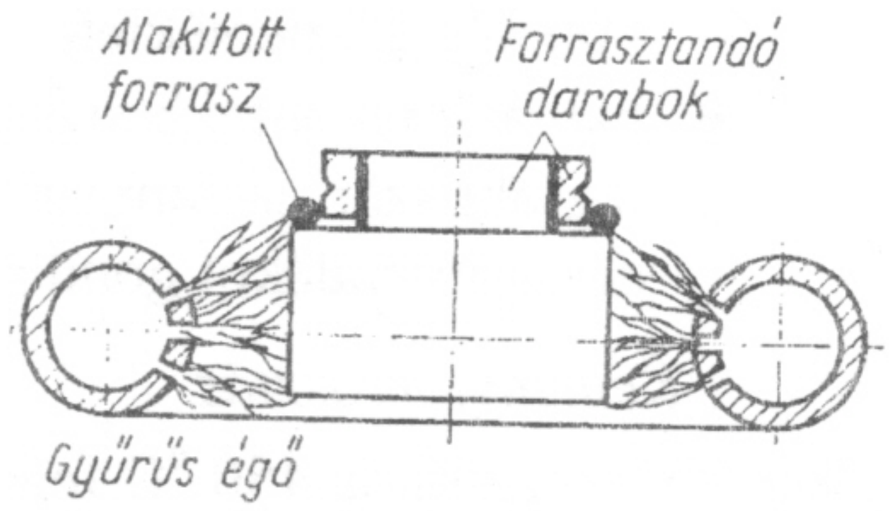


3.1. ábra

A forrasztási helyek felmelegítését és a forrasz megömlesztését villamos árammal vagy gázzal melegített, megfelel alakú és méretű rézélű vagy rézcsúcsú forrasztópákával végezzük (*3.1. ábra*). A forrasztáshoz szükséges folyósító anyagot előzetesen vagy egyidejűleg adagoljuk. Ez az eljárás kizárólag kisebb vagy közepes méretű, nem túl vastag falú és nem nagy felületű alkatrészek lágyforrasztására alkalmas.

2.) Lángforrasztás

A rendszerint előzetesen összekötött alkatrészeket lánggal közvetlenül hevítjük fel (*3.2. ábra*). A forraszt a forrasztás során helyezzük el vagy előzetesen betesszük a forrasztandó alkatrészek közé, de folyósító anyagra feltétlenül szükség van. A lángforrasztást főleg nagyobb felületek és vastagabb alkatrészek lágy- és keményforrasztásához alkalmazzák.



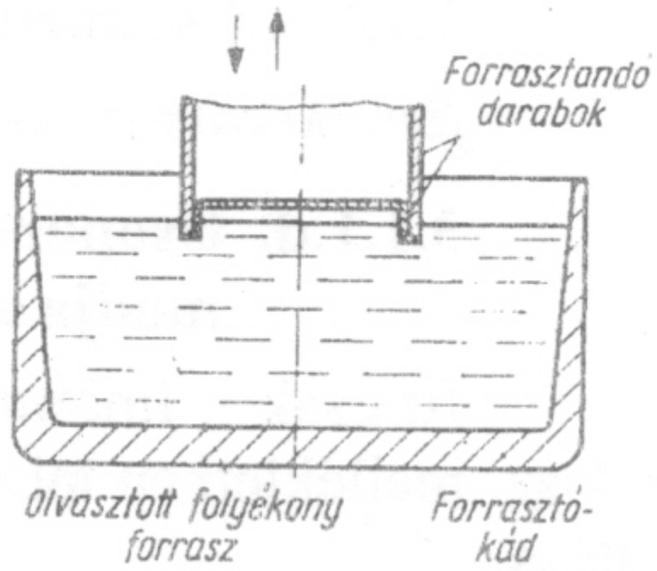
3.2. ábra

3.) Ultrahangos forrasztás

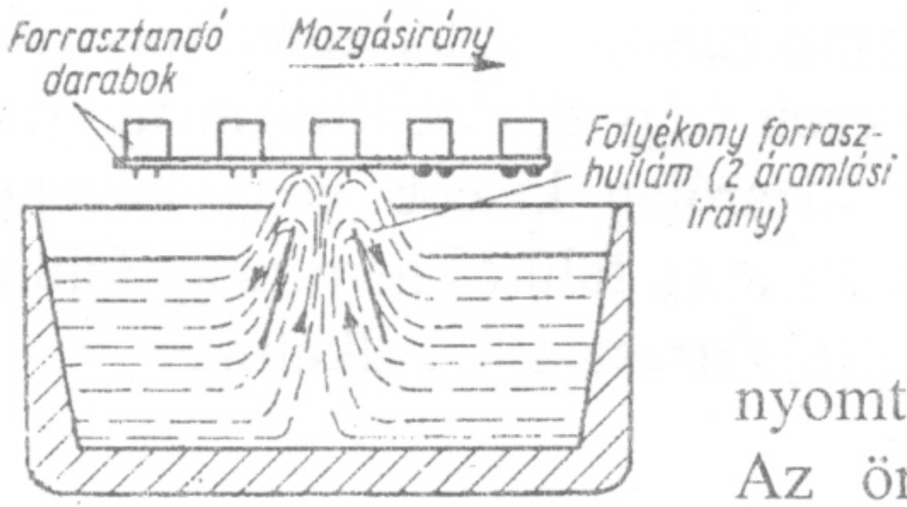
Fürdőben gerjesztett hanghullámokkal rombolják szét a képződött oxidréteget, ezzel az ötvözési folyamatot megkönnyítik és javítják a folyósítóanyag hatását. Az ultrahang pl. könnyűfémek forrasztására igen előnyösen használható.

4.) Merítéses forrasztás

Az előkészített forrasztandó alkatrészeket teljes egészében vagy csupán a forrasztás helyén megfelelő méretű kádban lévő folyékony forraszba mártjuk (*3.3. ábra*) és a forrasztás hőmérsékletére melegítjük. A folyósító anyaggal a bemerítés előtt vagy a bemerítés folyamán nedvesítjük be. Pl. nyomtatott áramköri lapokat áramköri elemekkel mechanikusan megszerelve egy szerszámba fogva és hőálló maszkkal a forrasztási helyeket levédve a forraszfürdőbe mártva végezzük el a kötéseket.



3.3. ábra



3.4. ábra

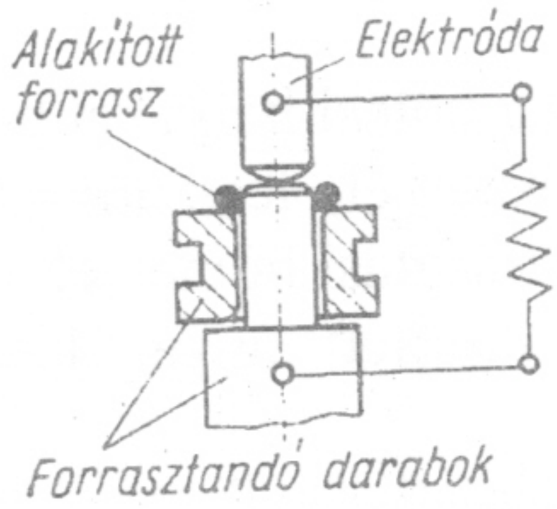
5.) Hullám forrasztás

A mártó forrasztás továbbfejlesztett változata, amikor a fürdőben örvénylést hozunk létre és az így mozgatott hullám fölött (*3.4. ábra)* automatikusan elvezetve a szerelt nyomtatott áramköröket végezzük el a forrasztást. Az örvénylő forrasz-anyagnak öntisztító hatása van, az oxidréteget állandóan feltöri.

6.) Indukciós forrasztás

Az előkészített alkatrészeket (tisztítva, forrasszal, folyósító anyaggal ellátva) nagyfrekvenciájú elektromágneses mezőbe helyezzük, amelyben rendkívül gyorsan felhevíthetők. Főként keményforrasztáshoz, nehezen hozzáférhető vagy hőérzékeny alkatrészek közelében alkalmazzák. A rövid forrasztás időtartam miatt az alkatrészek melegedése belülről történik, így a forrasztott felületeken oxidáció alig keletkezik.

7.) Villamos ellenállás-forrasztás

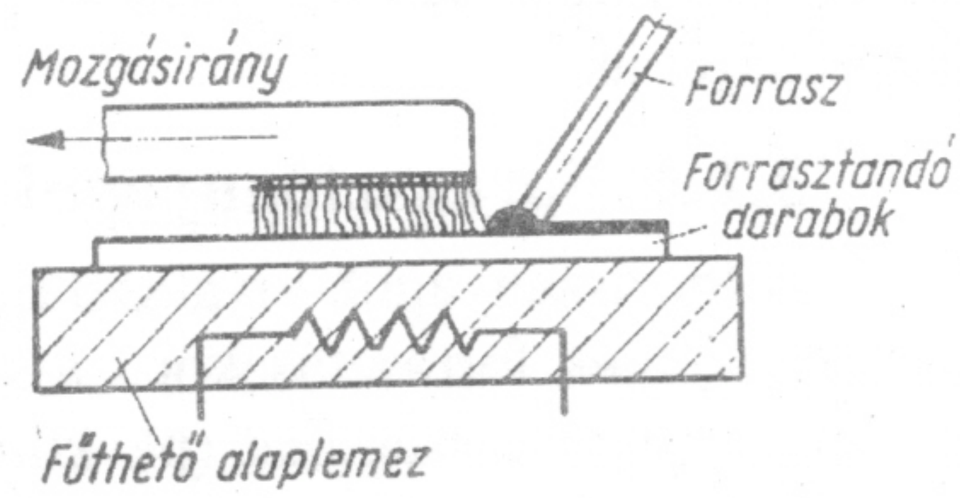


3.5. ábra

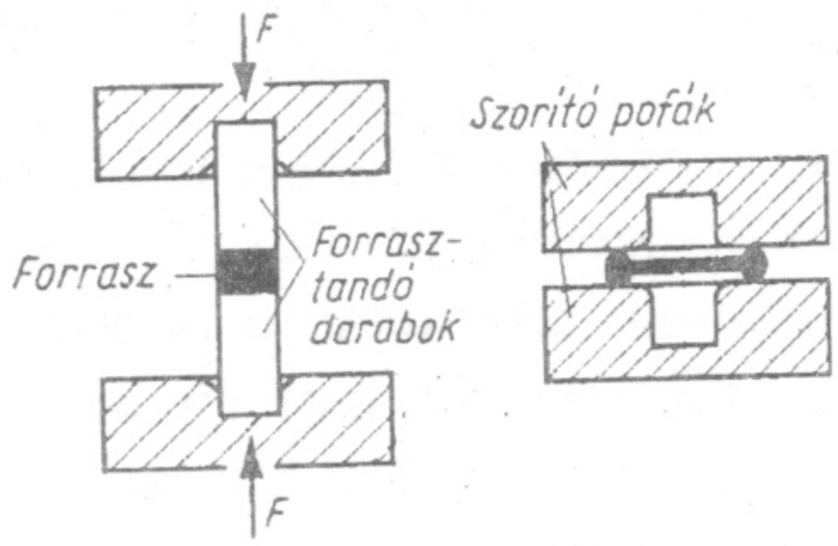
Az ellenálláshegesztéshez hasonló. Az összekötendő alkatrészeket megfelelő méretű elektródák, fogók vagy befogópofák közé helyezik és nyomás alatt, a villamos áram hőhatásával a forrasztási hőmérsékletre hevítik (*3.5. ábra*). A villamos ellenállásforrasztást főként keményforrasztáshoz használják.

8.) Súrlódásos forrasztás

A súrlódásos forrasztás során (*3.6. ábra)* mechanikus dörzsöléssel és a forrasz egyidejű felvitelével a felhevített forrasztási hely oxidrétegét tönkretesszük, így a forrasz és az alapanyag kötését biztosítjuk. Ezt a forrasztási eljárást főleg könnyűfémek lágyforrasztásához alkalmazzák.



3.6. ábra



3.7. ábra

9.) Hidegforrasztás

A hidegforrasztás keményfémek nyomás alatti összekötése úgy, hogy puhább fémet forraszként közéjük helyezünk. A nyomás és az általa okozott deformáció az oxidrétegeket szétroncsolja, így az alapanyagok és a forrasz molekulárisan köthet (*3.7. ábra*).

3.1.2. Forrasztható anyagok

A megfelelő eljárás, forrasz és folyósító anyagok használata esetén szinte valamennyi fémes anyag összeforrasztható egymással. A fémesen tiszta forraszok és alapanyagok kötési és korróziós tulajdonságaitól eltekintve, a forraszthatóság főként az alkatrészek felületén képződő oxidréteg függvénye. Ezen kívül attól is függ, hogy a forrasztás folyamán ezt az oxidréteget milyen gyorsan lehet eltávolítani, és milyen sokáig tudjuk újbóli képződését megakadályozni.

Ilyen szempontból a nehézfémek és ötvözeteik jobban és egyszerűbben forraszthatók, mint a könnyűfémek és ötvözeteik.

A nemfémes anyagok csak akkor forraszthatók, ha a kötési helyeket bevonjuk szilárdan tapadó, forrasztható fémréteggel, pl. festéssel, felszórással, felgőzöléssel vagy beégetéssel, továbbá ha a megkívánt forrasztási hőmérsékletek és a belőlük származó igénybevételek az előbb említett anyagokkal összhangban vannak.

A megfelelő forrasztási eljárás kiválasztásában tekintetbe kell venni az alapanyagok hőtani és villamos tulajdonságait (olvadáspont, villamos- és hővezető-képesség). Ezen kívül szem előtt kell tartanunk a forrasz és az alapanyagok mechanikai jellemzőit (húzófeszültség, nyúlás, keménység és ezek esetleges változását a forrasztási folyamatban), valamint a hőtágulást és a villamos vezetőképességet is.

3.1.3. Forrasztóanyagok kiválasztása

A forraszanyagok kiválasztásánál az olvadáspont, a szilárdság - különösen nemesfémek forrasztásakor - a szín mérvadó. Ezen kívül figyelembe kell vennünk a rugalmasságukat (pl. különleges igénybevételek vagy deformációt okozó utánmunkálást), a korrózióállóságukat (néhány forrasz - alapanyag-kombináció korrózióra különösen hajlamos). A forrasztóanyag olvadáspontja általában legalább 50° C-kal alacsonyabb legyen, mint a forrasztandó anyagé és az alapanyagok lineáris hőtágulási tényezője is kb. azonos legyen.

A 300 °C-nál alacsonyabb olvadáspontú forrasztóanyagokat rendszerint forrasztó ón elnevezéssel alkalmazzuk. Ezek az ötvözetek ónból és ólomból tevődnek össze. A forrasztás követelményei - különös tekintettel a híradás- és műszeripar elektronikai berendezéseire - határozzák meg az alkotóelemek összetételét és arányát. Elsődleges a kívánt olvadáspont beállítása. Ma már 70 °C olvadáspontú forrasztóanyagtól 300 °C-ig mindenre szükség van.

A keményforrasz anyagok kiválasztása azonos módon történik, mint a lágyforrasz anyagoké. A keményforrasz anyagok között az alábbiakat különböztetjük meg:

Ezüstforraszt (600 – 860 °C), sárgarézforraszt (810 – 1020 °C), alumíniumforraszt (260 – 570 °C)

3.1.4. A folyósító anyagok

A kifogástalan forrasztott kötés döntő előfeltétele, hogy a forrasztási felületek fémesen tiszták, azaz oxidmentesek legyenek. A mechanikai tisztítási eljáráson kívül gyakran előzetes vegyi tisztítás is szükséges. Erre a célra olyan folyósító anyagokat használnak, amelyek oxidoldók és fedő hatásúak (a forrasztás folyamán az újbóli oxidációt meggátolják), vagy csupán a fedést biztosítják. A forraszokhoz hasonlóan a folyósító anyagok is leggyakrabban speciális alkalmazási célokra készülnek és csak ennek megfelelően használhatók. Kiválasztásuk függ a hőmérséklettől (a munkahőmérsékleten a folyósító anyagnak nem szabad elgőzölögnie), a viszkozitástól, a szétömlő képességtől és korróziós tulajdonságaitól (korrodáló folyósító anyagok esetén a zárványokat el kell kerülni és a maradványokat gondosan eltávolítani).

Lágyforrasztáshoz az alábbi folyósító anyagokat használjuk:

Forrasztóvíz (cink-klorid vizes oldata, ill. cink-klorid és szalmiák teljesen vagy részlegesen telített állapotban). Alkalmazható durvább forrasztásokhoz. Ennek a rendszerint korróziót okozó folyósító anyagnak a maradványait el kell távolítani.

Forrasztózsír (cink-klorid, szalmiák és gyanta, faggyú és olaj keveréke, esetleg alapanyaggal, pl. ónnal keverve). Általános munkákhoz, különösen lemezkötésekhez használják.

Gyantás folyósító anyag (kolofónium) aktív szerves kötőanyagok nélkül vagy ilyen járulékokkal (karbamid, ammoniumlaktát, sztearinsav, hidrazin) a finommechanika és az elektrotechnika finomabb forrasztásaihoz használják (villamos vezetők és szerkezeti elemek kötéseihez). A gyantás folyósító anyagok korróziót nem okoznak, azonban gyengén redukáló hatásúak. Ezért csak fémesen tiszta, gyengén oxidált vagy előzetesen "ónozott" felületekhez felelnek meg.

Alkohol, glicerin, vazelin, glikol, oxálsav stb. fémesen tiszta forrasztási felületekhez alkalmas, finomabb munkák esetén.

Keményforrasztáshoz használjuk az alábbi folyósító anyagokat:

Bórax és bórsav, önállóan vagy keverékként; általában más sókkal keverve (karbonátok, foszfátok, kloridok, fluoridok). Bóraxot főként sárgaréz forraszhoz használunk, de igen kemény kérget képez.

Különleges folyósító anyagok (kloridok és fluoridok keverékei, különösen a lítium és berillium sók felelnek meg).

Üvegpor, vízüveg stb. : keményforrasztásokhoz használhatók magasabb hőmérsékleteken.

Néhány különleges forrasztási eljárásban a folyósító anyagok feladatát egyéb vegyületek veszik át. Így pl. védőgázos forrasztásban a védőgáz redukáló hatása biztosítja a fémesen tiszta (oxidmentes) felületeket. Vákuumforrasztásban a fémek oxidjait a vákuum alatti izzítás teszi tönkre, míg reakciós forrasztásban a nehézfémek sói (pl. cink-klorid) biztosítják a kifogástalan forrasztott kötést, mivel utóbbiak magasabb hőmérsékleten az anyaggal reakciós folyamatba lépnek.

Megemlítünk még néhány olyan folyósítást gátló anyagot (kréta, agyag, vasoxid), melyekkel a forrasz elfolyása meg nem engedett irányba megakadályozható.

3.1.5. Forrasztott kötések számítása

A forrasztott kötések, különösen a lágyforrasztások esetén lehetőleg csak **nyírásra** terhelhetők. A kötés szilárdságát a forrasz szilárdsága határozza meg, de az alapanyagnak is megfelelő szilárdságúnak kell lennie, nehogy az esetleges alapanyag-deformációk a forrasztott kötést feleslegesen terheljék.

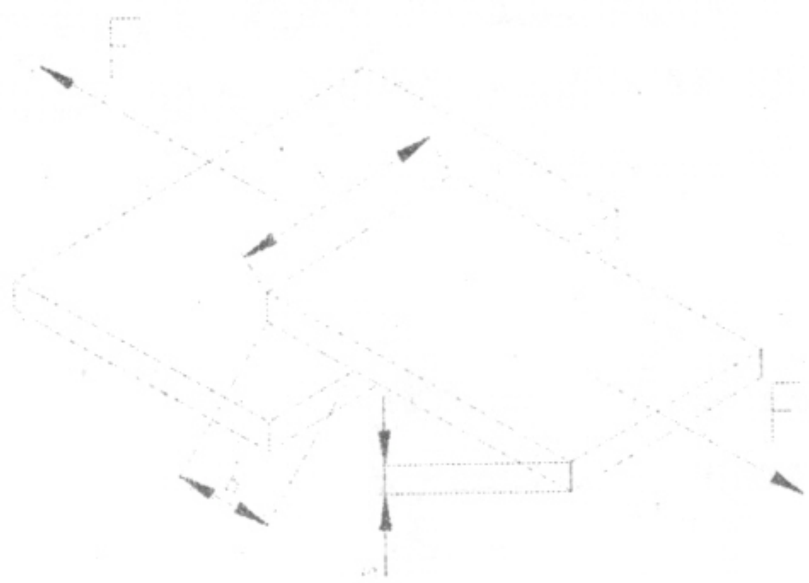
További jelentős befolyásoló tényezők

- a forrasztási felületek helyes kialakítása
- a forrasz és az alapanyag lehetőleg azonos hőtágulási tényezője
- forrasztás utáni lassú lehűlés

Figyelembe kell venni:

1, hogy a forrasztott kötés szilárdsága a hőmérséklet emelkedésével csökken (lágyforrasztás esetén a szilárdságcsökkenés már 25...30 °C -on megkezdődik.

2, nagyobb terheléseknél a forraszok szilárdsága igen csekély a hidegfolyás miatt, különösen, ha még járulékosan magas hőmérsékletek is fellépnek. Kifogástalan forrasztás esetén az átvihető erő:



$$F = A \cdot \tau_{meg} = l \cdot b \cdot \frac{\tau_B}{Z_i} \quad (3.1)$$

τ_{meg} a varrat megengedett nyírási terhelése

τ_B a varrat statikus nyíró szilárdsága

Z_i biztonsági tényező

3.8. ábra **Forrasztott kötés terhelése nyírásra**

Ha a lemez és a varrat szakítószilárdsága azonos, akkor

$$b = \frac{s \cdot \sigma_B}{\tau_B} \quad (3.2)$$

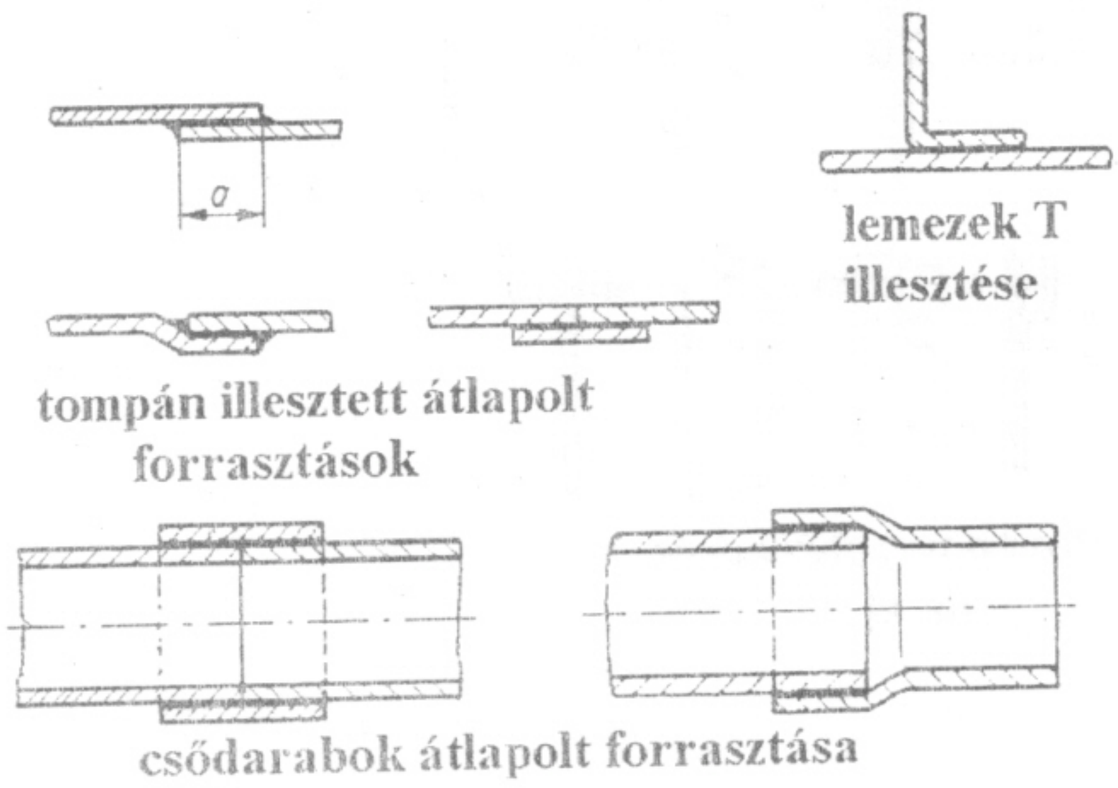
σ_B az alkatrész szakítószilárdsága.

Általában a vékonyabb alkatrészre vonatkoztatva b = (4...6)s értéket veszünk fel.

3.1.6. Forrasztott kötések kialakítása

Az összekötésre kerülő darabok konstrukciós kialakítása során többek között arra is ügyelni kell, hogy forrasztás alatt az alkatrészek el ne rozsdállhassanak, az érintkező felületek és a közöttük levő hézagok (rések) a forrasztáshoz megfelelőek legyenek.

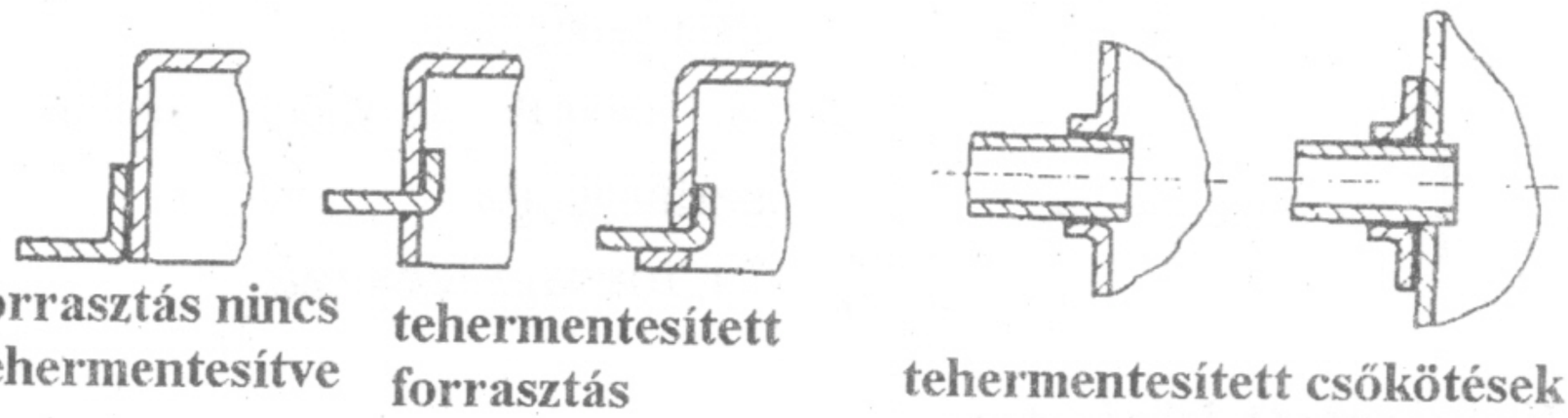
Lágyforrasztás



A lágyforrasztás szilárdsága csekély, ezért lehetőleg nagy és jól felfekvő érintkezési felületeket képezzünk ki. Sík lemez- vagy csőkötéseket éppen ezért célszerű átlapolással készíteni (3.*9. ábra*).

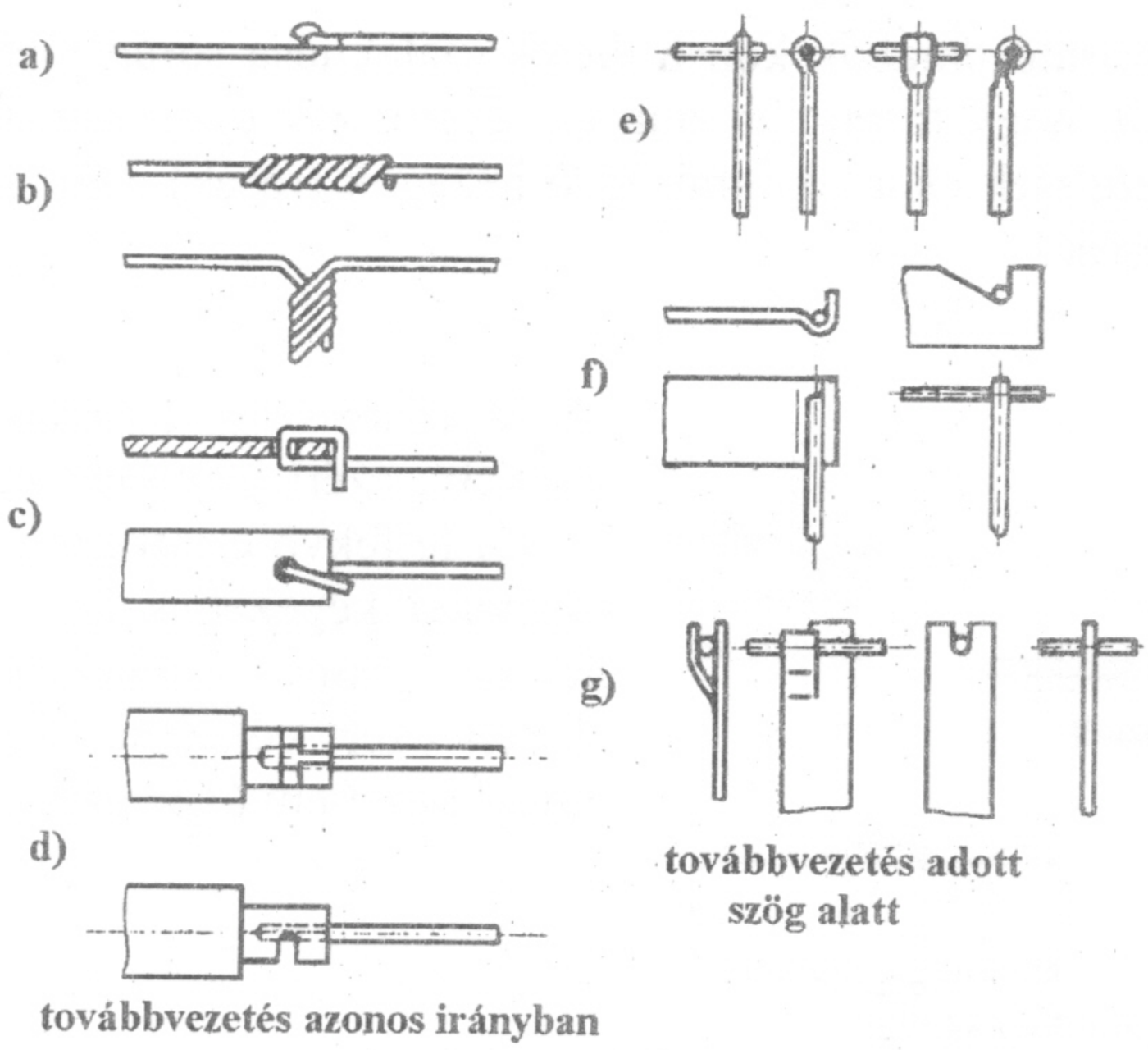
3.9. ábra **Lágyforrasztott kötések kialakítása**

A csekély szilárdság következtében az igénybevételeket lehetőleg ne közvetlenül a forrasztott felület vegye fel, hanem az alkatrészeket úgy alakítsuk ki, hogy a forrasztás helyét tehermentesítsük (*3.10 ábra*).



3.10. ábra **Lágyforrasztások alakkalzáró tehermentesítése**

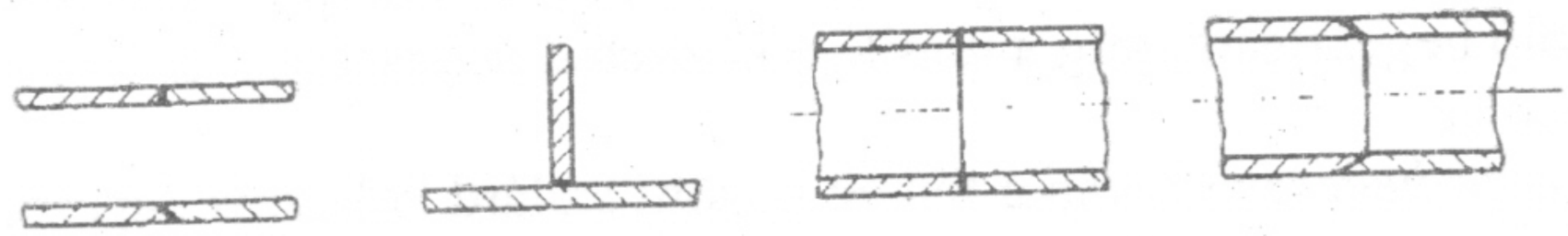
Villamos vezetők lágyforrasztásához gondoskodjunk a forrasztási hely lehetőleg jó alakkal záró mechanikai tehermentesítéséről. A forrasztáshoz sav tartalmú folyósító anyagot ne használjunk. Villamos vezetők összekötésére láthatunk példákat a *3.11. ábrán.*



3.11. ábra **Villamos vezetékek tehermentesített lágyforrasztásai**

Keményforrasztás

Mivel a keményforrasz szilárdsága nagyobb, a forrasztási helyeket is nagyobb igénybevételeknek tehetjük ki. Ennek következtében az alkatrészek forrasztási felülete aránylag csekély lehet. Tompán forraszthatunk lemez- és csődarabokat (*3.12. ábra*), és gyakran a forrasztási helyek alakkal-záró megtámasztása sem szükséges, mivel a forrasztási hely szilárdsága nagyjából megfelel az összekötésre kerülő anyagokénak.

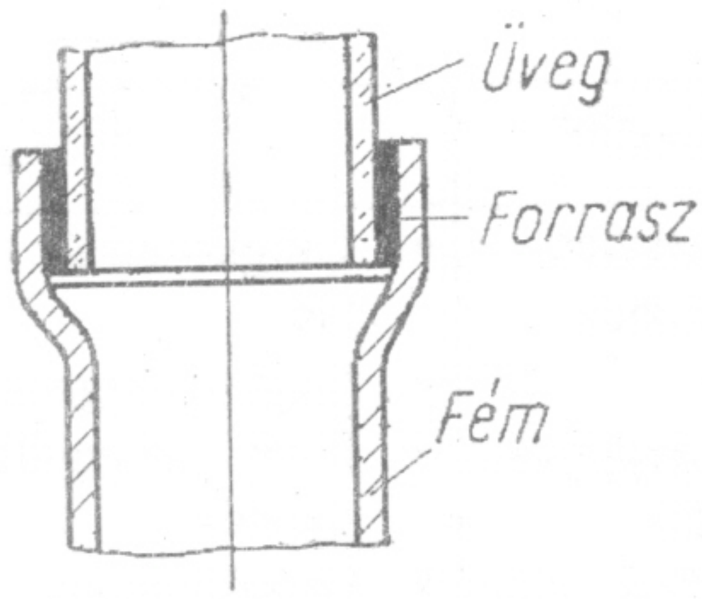


tompaillesztés **T- illesztés** **csőkötés**

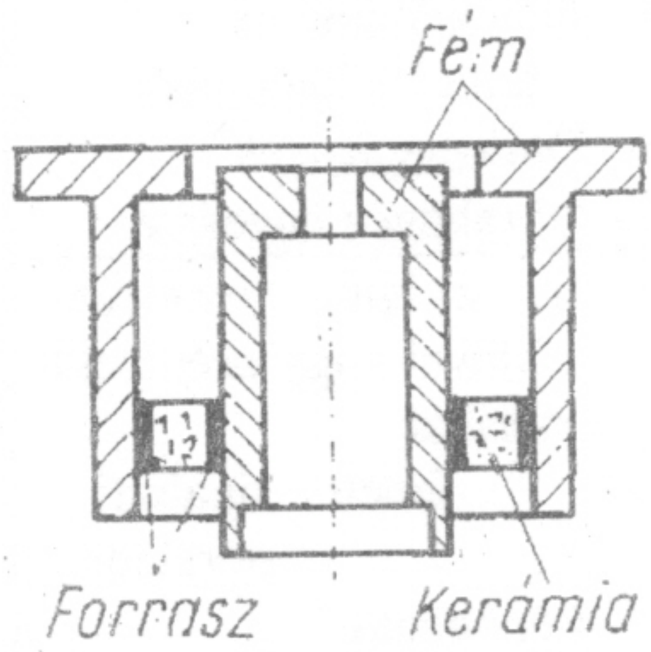
3.12. ábra **Keményforrasztások kialakítása**

3.1.7. Üveg és keramikai anyagok forrasztása

Ezek konstrukciós kialakításában arra kell ügyelni, hogy a kapcsolódó alkatrészeknek lehetőleg azonos legyen a hőtágulási tényezőjük, a kis különbségeket megfelelően rugalmas forraszanyag választásával lehet kiegyenlíteni. Ha erre nincs mód, azt kell szem előtt tartani, hogy az üveg, ill. keramikai alkatrészek csak nyomásra vehetők igénybe. A *3.13. ábra* példaként üvegcső és fémcső összekötését mutatja, ahol a fémcső átmérőjének növelése megkönnyíti a gyártást. A *3.14. ábrán* még egy kerámia-fém kötést mutatunk be, amelynél a külső cső és a tompa forrasztás kis keresztmetszete miatt igen gondosan kell az illeszkedést előkészíteni.



3.13. ábra **Üveg – fém kötés**



3.14. ábra **Kerámia – fém kötés**

3.2. Hegesztés

A hegesztés fémes vagy termoplasztikus alkatrészek anyaggal-záró oldhatatlan kötése. Az összekötésre kerülő alkatrészeket egymáshoz illesztjük, a közbenső rés melletti anyagrészeket hevítjük. Ha a hevítés során az anyag folyékony állapotba kerül, *leolvasztó hegesztésről*, ha képlékeny állapotba kerül *sajtolóhegesztésről* beszélünk. A hegesztett kötést hozaganyag hozzáadása nélkül vagy hozaganyag hozzáadásával készítjük. Az első az ún. közvetlen kötés általában a sajtoló hegesztésre, míg a másik, a közvetett hegesztés, a leolvasztó hegesztésre jellemző.

A *leolvasztó hegesztés* során a fémek közötti szilárd kohéziós kapcsolat az alapanyagok megömlése révén alakul ki. Az ömledék helyileg behatárolt, a hegesztés sajtoló erő felhasználása nélkül, rendszerint hozaganyaggal készül. A hozaganyag lehet elektróda, pálca, fedőpor, bevonat stb. Szerepe az ömledék mennyiségének és minőségének szabályozása.

A *sajtoló hegesztés* a fémek közötti szilárd kohéziós kapcsolatot külső erőhatással hozza létre. Itt a kötési övezet igen keskeny. Nagyobb mennyiségű ömledék nem jön létre.

3.2.1. Hegesztési eljárások

	Fémhegesztés	Műanyagok	Üveg
Sajtoló hegesztés	• Villamos ellenállás-hegesztés • Kondenzátoros impulzus heg. • Hideghegesztés • Indukciós hegesztés • Dörzshegesztés • Ultrahagos hegesztés	• Forrógázos hegesztés • Fűtőtestes hegesztés • Dörzshegesztés • Dielektromos, nagyfrekvenciás hegesztés • Hőimpulzusos hegesztés	• Lángkoszorús hegesztés • Sugárzó hegesztés • Üveg ellenállás hegesztés • Dielektromos nagyfrekvenciás hegesztés
Leolvasztó hegesztés	• Ív –nyitott fémelektródával vagy szénelektródával -fedett sinalatti poralatti • Védőgázas • Gáz (Autogén) • Elektronsugaras		

A hegesztett kötés gyakran a leggazdaságosabb kötés. A gazdaságosság, a hegesztendő anyagok tulajdonságai, a hegesztendő darabok összeillesztési módja és a megkívánt szilárdsági tulajdonságok határozzák meg a hegesztési

eljárást. A gépgyártásban ismert hegesztési eljárások a finommechanikában is alkalmazhatók, de elsősorban azok az eljárások kerülnek számításba, amelyek a tömeggyártást teszik lehetővé. Ilyen pl. a pont - és vonalhegesztés.

A hegesztési eljárások közül csak a leggyakrabban előfordulókat ismertetjük röviden.

3.2.1.a. Fémhegesztések

1.) Villamos sajtoló ellenállás-hegesztés

A hegesztési helyen az anyag megömlesztéséhez szükséges hőt a két érintkező fém átmeneti ellenállásán keletkezett villamos áram szolgáltatja. Képlete:

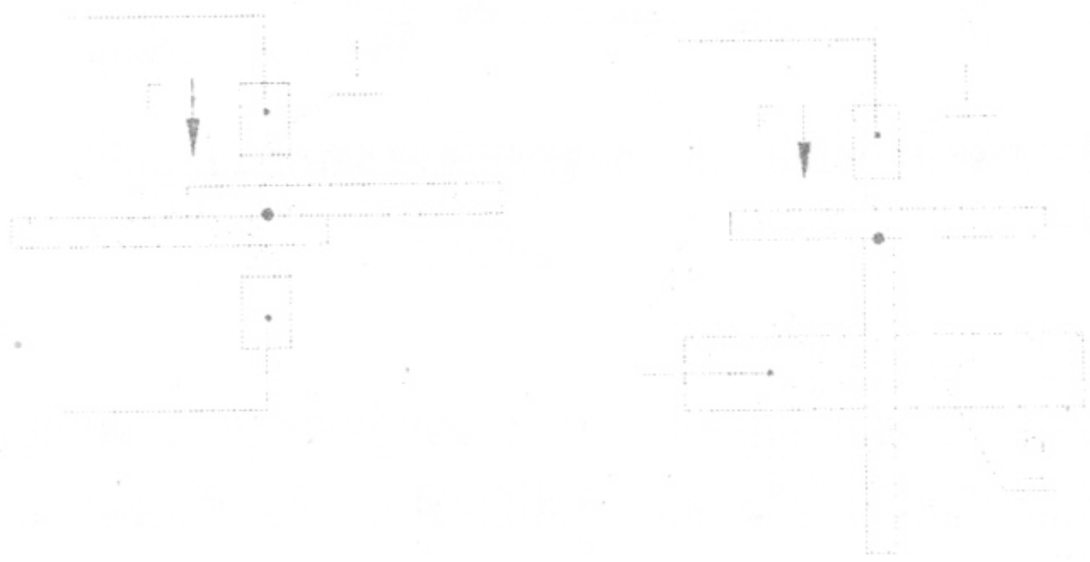
$Q = I^2RT$ Q - hőmennyiség [joule=$\frac{m^2 kg}{s^2}$] R - ellenállás [$\Omega = \frac{m^2 kg}{s^3 A^2}$]

I - áramerősség [A] T- idő [s]

Ellenállás-hegesztéssel mindazok a fémek összeköthetők, amelyek hővezető-képessége kisebb, mint az elektródáké. Az alábbi változatokban alkalmazzák:

- Ponthegesztés

Két rúd alakú elektróda segítségével az összekötésre kerülő, legtöbbször lapos alkatrészeket kezdetben csekély, majd növekvő nyomással egymással közvetlenül összehegesztjük. Több ponton egyidejűleg végzett ponthegesztéssel a darabidő jelentősen csökkenthető.



1 - rézelektróda **2 - szorító elektróda**

3.15. ábra **Ponthegesztés**

- Tompahegesztés

A zömítő vagy a leolvasztó ellenállás-hegesztéssel alkatrészeket tompán vagy „T" sarok elrendezésben hegeszthetjük.

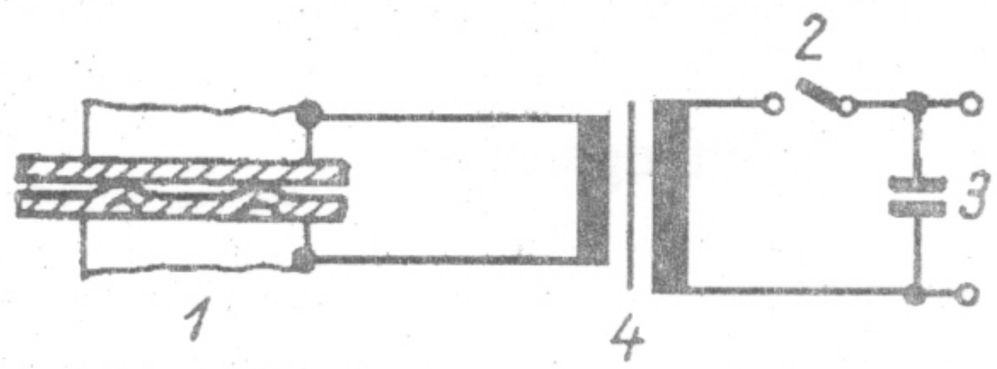
1 - Réz szorító pofák

3.16. ábra **Tompahegesztés**

Zömítőhegesztésben a gyengén összenyomott felületeket az átmeneti ellenállás által előidézett villamos hőfejlődés hevíti fel. A megömlött állapot elérése után az alkatrészek duzzanat képződésével olvadnak össze. A leolvasztó tompahegesztésnél az egymástól kis távolságra lévő felületek ív- és szikraképződés közben felmelegednek. Ennek következtében a hegesztési helyen a fémek megömlenek és őket összesajtolva létre jön a hegesztett kötés.

2.) Kondenzátoros impulzushegesztés

A hegesztéshez szükséges energiát egy kondenzátor tárolja. Ha a hegesztéshez az összekötendő helyeken áthaladó áramkört zárjuk, a kondenzátor kisül és rövid ideig nagy (kb. 200 000 A áramerősséget elérő) hegesztőáram keletkezik (*3.17. ábra*).



1 - elektródák; 2 - hegesztőáram-kapcsoló 3 -

3.17. ábra

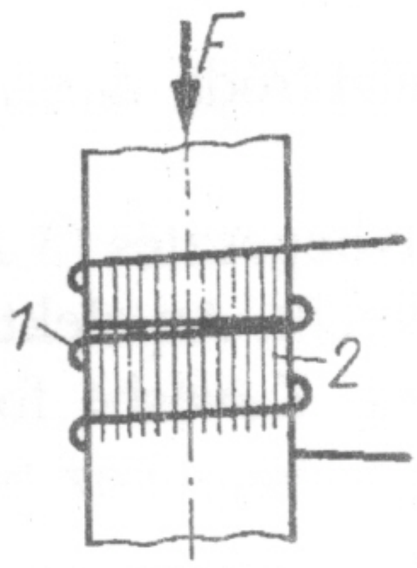
Az eljárás előnye, hogy a hegesztési energiát a mindenkori követelményekhez pontosan szabályozhatjuk és állandó értéken tarthatjuk. A hegesztési hely nem deformálódik és finomkristályos szerkezetet kap.

A kondenzátoros impulzushegesztéssel igen kicsi és érzékeny alkatrészek köthetők össze még akkor is, ha rosszul hegeszthető fémből készültek.

3.) Hideghegesztés

Az összekötésre kerülő alkatrészek kötési felületét az oxidrétegtől alaposan megtisztítjuk és egymásra sajtoljuk. Az összehegedés úgy jön létre, hogy a nagy nyomás alatt álló hegesztési hely megömlik, (az anyagok a folyási határt túllépték). Ezt a hegesztést főleg kis folyáshatárú anyagokhoz (pl. alumínium, horgany, réz, nikkel, stb.) és kis keresztmetszetek esetén alkalmazzák.

4.) Indukciós hegesztés



1 - hevítő tekercs
2 - hegesztési sáv

3.18. ábra

Erős váltakozó villamos tér a hegesztendő alkatrészekben feszültséget indukál és bennük ennek hatására erős örvényáramok keletkeznek. Az elektródák megfelelő kialakításával ez a hatás a hegesztési övre koncentrálható. A váltakozó villamos tér frekvenciája az indukciós elven működő gépeknél a középfrekvenciás (f ≈ 20 kHz), vagy a nagyfrekvenciás (f = 0,5. . . 3,0 MHz) tartományban van.

5.) Dörzshegesztés

Ezzel az eljárással forgástestek tetszőleges alakú testekkel köthetők össze. Az egyik gyorsan forgó alkatrészt, a másik nyugvó darabra nyomva, az érintkezési helyeken súrlódási hő fejlődik. A hegesztési helyen keletkezett nagy hőmérsékleten az alkatrészek összehegednek.

6.) Ultrahangos hegesztés

Az összekötendő alkatrészeket összenyomjuk és egyidejűleg a kötési helyen a kötés síkjában nagyfrekvenciájú mechanikus lengéseket keltünk. Az ultrahangnak kitett, összekötésre kerülő alkatrész olyan kicsi, ill. olyan vékony legyen, hogy e lengéseket követhesse. A hegesztés az oxidréteg felszakadása következtében jön létre.

Itt is megkülönböztetünk pont- és vonalhegesztést. Az ultrahangos hegesztés előnye, hogy a deformáció és a felmelegedés csekély, az összekötendő felületeket különösen előkészíteni nem kell. A technikában ismert bármely fémet (az ólom kivételével) lehet ultrahanggal hegeszteni.

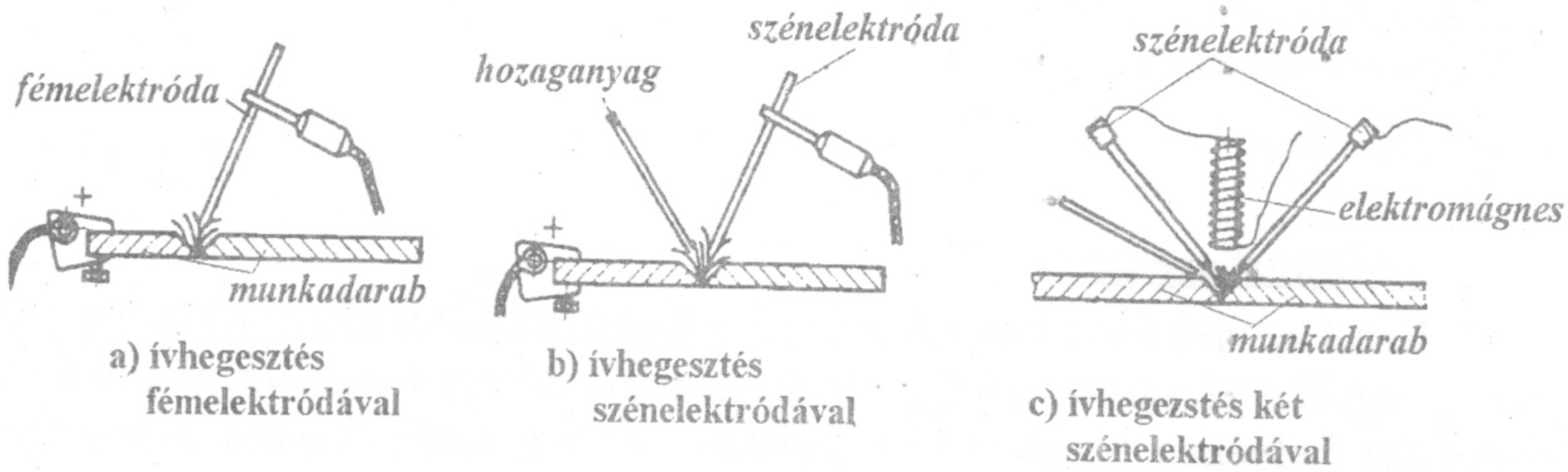
7.) Ívhegesztés

Az anyagot a hegesztési horonyra korlátozott villamos ívvel ömlesztjük meg. Az ív két elektróda vagy egy elektróda és az alkatrész között képződik. Hőmérséklete kb. 3500 °C.

Az ívhegesztés fajtái:

A hegesztés a külső atmoszférában történik. Az elektróda anyagától függően több változata ismert. (*3.19. ábra)*

A legelterjedtebb eljárás a fémelektródával végzett ívhegesztés (*3.19.a. ábra)*. Az ív egy fémelektróda és az alkatrész között keletkezik. Az elektróda az ív hatására folyamatosan leolvad és hozaganyagot képez. Kevésbé fontos hegesztésekhez csupasz elektródát, nagyobb igénybevételű varratokhoz bevonatos elektródát használnak.



3.19. ábra **Nyitott ívhegesztések**

Ez a bevonat leolvadáskor megvédi a hegesztés helyét az atmoszférikus levegőtől, védő gázbevonatot képez, és hőszigetelő salakkal vonja be a varratot. Ezáltal a varrat alakja megfelelő lesz, szilárdsága tartós. Kézzel és géppel egyaránt végezhető.

A *3.19.b. ábra* az ún. Bernardos féle szénelektródás eljárást mutatja. Az ív egy szénelektróda és az alkatrész között képződik. A hozaganyagot általában huzal alakban visszük a hegesztési helyre. Ez a hegesztés végezhető kézzel és géppel.

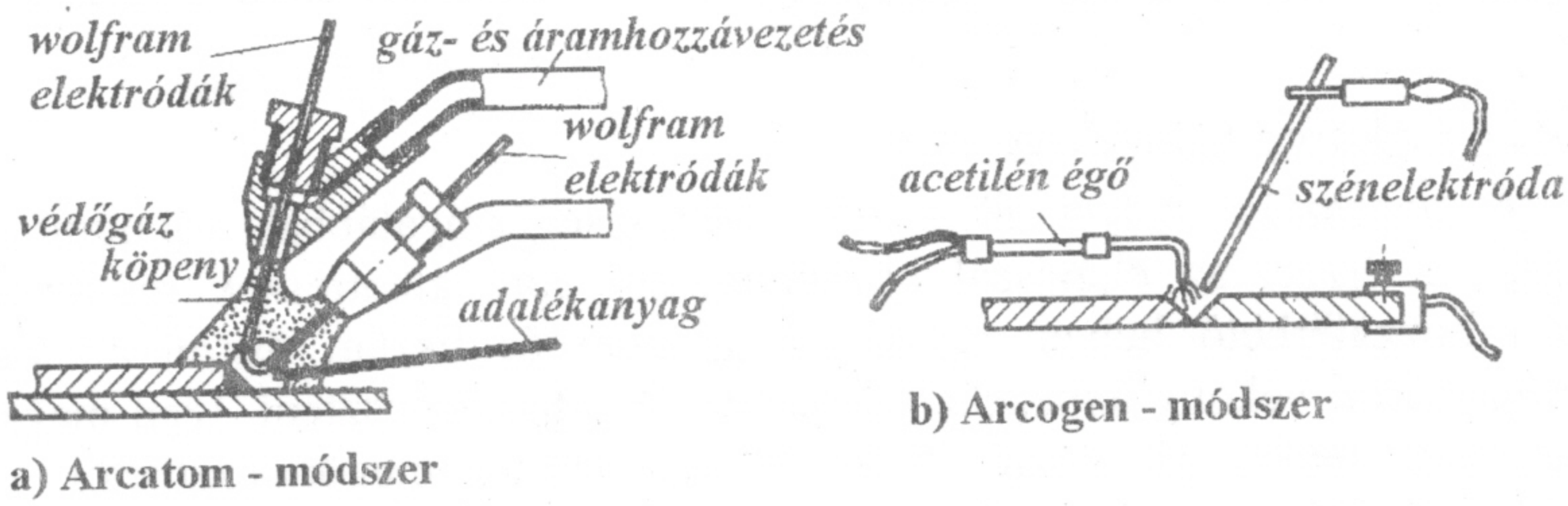
A *3.19.c. ábra* az ún. Zerener féle két szénelektródás eljárást mutatja. A két szénelektróda között létrejövő ívet mágnes segítségével irányítjuk a hegesztési helyre.

7/b) Fedett ívű hegesztés

Ebben az eljárásban a hegesztési helyet különleges anyaggal burkoljuk, hogy a levegő hozzájutását megakadályozzuk. Ilyen a sínalatti ill. a poralatti hegesztés.

8.) Védőgázos hegesztés

Védőgázos hegesztésnél a védőközeg redukáló vagy semleges gáz. A hegesztés ezáltal rendkívül tiszta és kiváló minőségű lesz. Legjelentősebb eljárás az Arcatom hegesztés (atomi ívhegesztés *3.20.a. ábra*).
Az ív két wolfram elektróda között képződik. Az elektródák körül gyűrű alakban elhelyezett fúvókákból hidrogéngáz áramlik a hegesztés helyére, amely a



a) Arcatom - módszer

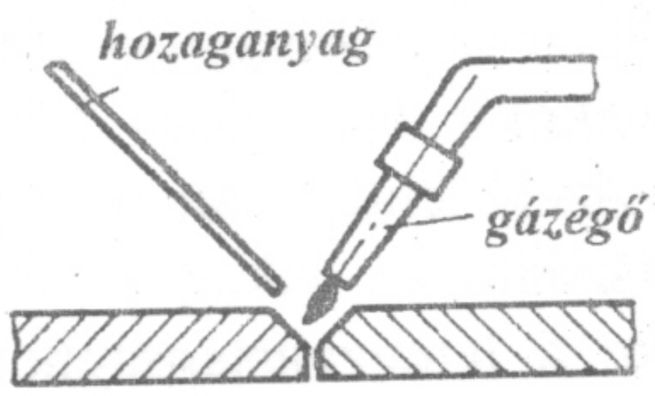
b) Arcogen - módszer

3.20. ábra **Védőgázos hegesztés**

levegő behatolását megakadályozza és az ívet az alkatrészekre irányítja. Az ív magas hőmérséklete következtében - a gázmolekulákat atomjaira bontja, amelyek a hegesztési helyre jutva egymással ismét egyesülnek. A szabaddá váló rekombinációs energia a hegesztési hely hőmérsékletét 4000 - 6000 ^{o} C-ra növeli. A hozaganyagot huzal formájában vezetjük a hegesztési helyre.

A *3.20. b ábra* az ún. Arcogen módszert mutatja be, ahol egy acetilén égő és egy bevonatnélküli szénelektróda hozza létre a hegesztéshez szükséges hőmérsékletet. Ez utóbbi módszer nem tett szert olyan jelentőségre, mint az Arcatom megoldás.

9./Gázhegesztés

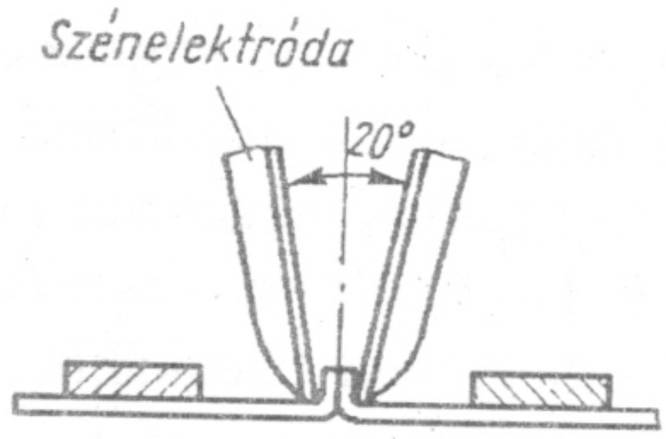


3.21. ábra

Ennél az eljárásnál a hegesztési övet gáz-oxigén lánggal melegítjük fel. A gáz rendszerint acetilén. A hegesztés folyamán az alkatrész felületén képződő oxidok eltávolítására hegesztőport használunk.
Itt a hő nagy felületre terjed ki, ezért az összeerősítésre kerülő alkatrészeket úgy kell kialakítani, hogy a jelentkező vetemedések, elhúzódások káros hatást ne okozzanak. Finommechanikában kevésbé használatos.

10.) Villamos ellenállás-hegesztés

A hegesztési helyeket két szénelektródával hevítjük fel, amelyeket a felhajlított hegesztési perem mentén vezetünk végig *(3.22. ábra)*. A hevítés mértékét az elektródák és az alkatrész közötti átmeneti ellenállás határozza meg. Ez az eljárás főként vékony lemezekhez felel meg.



3.22. ábra

11.) Elektronsugaras hegesztés

A hegesztési helyet fókuszolt elektronsugár-nyalábbal vákuumban hevítjük fel. Ezzel az eljárással kisméretű, sőt apró alkatrészek rendkívül nehezen hozzáférhető helyei egymással gyorsan és tisztán összeköthetők. Elektronsugárral vékony lemezeken keresztül is lehet hegeszteni. Igen magas olvadáspontú fémek pl. tantál, titán és wolfram is megömleszthetők és hegeszthetők. Csak nagy gőznyomású fémekhez /kadmium, horgany, magnézium/ nem alkalmazható ez a hegesztés.

3.2.1.b. Műanyagok hegesztése

A műanyaghegesztés általában sajtoló hegesztésekhez tartozik. Az összes termoplasztikus műanyag hegeszthető. A hegesztési hőmérsékletet szigorúan be kell tartani, mert csak így biztosítható a tökéletes hegesztés, valamint így akadályozható meg a hegesztésre kerülő anyagok bomlása. A szükséges hőmérséklet az anyagoktól függően 80° és 380° C között váltakozik. A hegesztés helyének szilárdsága az alkatrészek eredeti szilárdságának kb. 50 - 60 %-a.

1.) Forrógázos hegesztés

Az összekötésre kerülő alkatrészeket a hegesztés helyén forrógázzal vagy levegővel melegítjük a hegesztési hőmérsékletre. Ha hozaganyagot is alkalmazunk a huzalt, vagy rudat a képlékeny-folyékony állapotban lévő hegesztési horonyba nyomjuk. A hozaganyag az összekötendő darabokkal azonos minőségű legyen. Ha hozaganyagot nem használunk, akkor főként átlapolt kötéseket hozunk létre. Az átlapolás mértéke a lemezvastagsághoz viszonyítva min. 5-8-szoros legyen.

Ezenkívül alkalmazzák még a fűtőtestes hegesztést, a dörzshegesztést, a dielektromos nagyfrekvenciás hegesztést és a hőimpulzusos hegesztést.

3.2.1.c. Üveghegesztés

Üveghegesztésnek nevezzük, ha két üveg alkatrészt érintkezési felületeiken megolvasztva kötnek össze, ellentétben az üvegbe beolvasztással, amikor az üveget másféle anyagokkal kötik össze.

Ezt a hegesztési eljárást a sajtolóhegesztésekhez soroljuk. Ide tartozik a lángkoszorús hegesztés, a sugárzóval történő hegesztés, az ellenálláshegesztés, a dielektromos nagyfrekvenciájú hegesztés.

A fémek hegesztéséhez viszonyítva a következő sajátosságokra kell ügyelni:

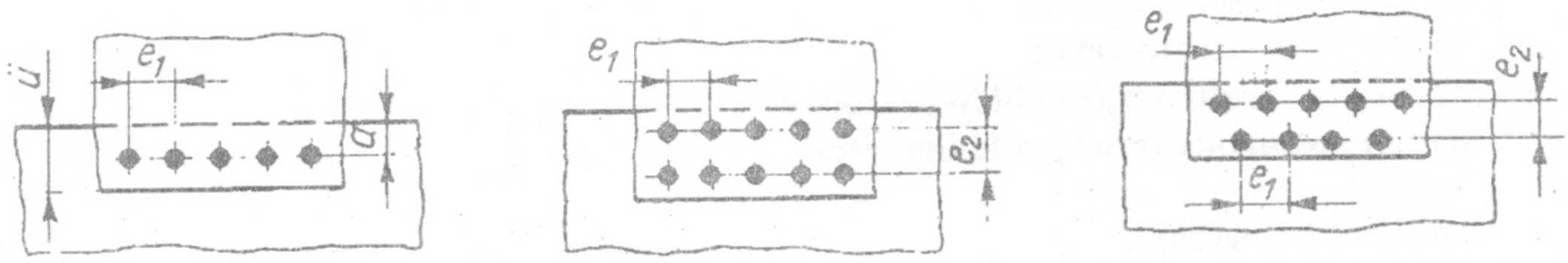
- Az összekötendő üvegdarabok hőtágulási tényezője közel azonos legyen
- Ha a hőtágulási tényező különbsége nem kerülhető el, akkor a két alkatrész közé egy vagy több illesztő darabot kell beiktatni, amelyek a fokozatos átmenetet biztosítják

3.2.2. Hegesztett kötések kialakítása

Az anyagok kiválasztását mellékletben található táblázat alapján végezük el.

3.2.2.a. Ponthegesztések

Ha hosszabb varratokat kell készíteni több ponton soros, lánc vagy cikcakk alakban hegesztünk. (*3.23. ábra)*



a) soros ponthegesztés **b) láncszerű ponthegesztés** **c) cikcakk ponthegesztés**

3.23. ábra **Ponthegesztett kötések**

Ilyen hegesztések során a hegesztési pontok egymástól mért "e_1" távolsága egy bizonyos értéknél nem lehet kisebb a keletkező villamos áramkörök csökkenése végett. Az "ü" átlapolás legalább 10 [mm] legyen, míg a hegesztési pontok lemezszéltől mért távolsága minimálisan 1.2-szerese legyen a pontátmérőnek, a falaktól pedig legalább 15 [mm] legyen, hogy a hegesztési helyhez az elektródát el lehessen helyezni.

A hegesztendő alkatrészeket, úgy kell kialakítani, hogy a hegesztési pontok lehetőleg csak nyírásra legyenek igénybevéve.

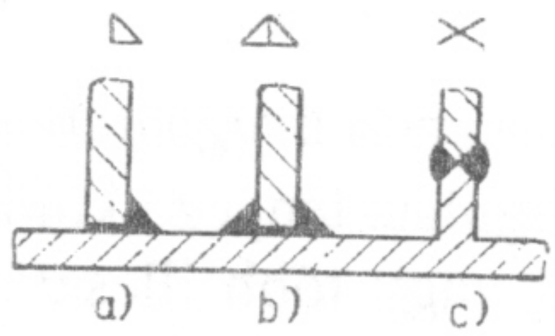
3.2.3.b. Ömlesztő hegesztés

Az összekötendő darabok helyzetének megfelelően beszélhetünk tompaillesztésről *(3.24. ábra*), "T" alakú illsztésről (*3.25. ábra*), sarok illesztésről *(3.26. ábra*) és átlapolt- ill. hevderes kötésről. *(3.27.* ábra)

a) különböző vastagságú lemezek

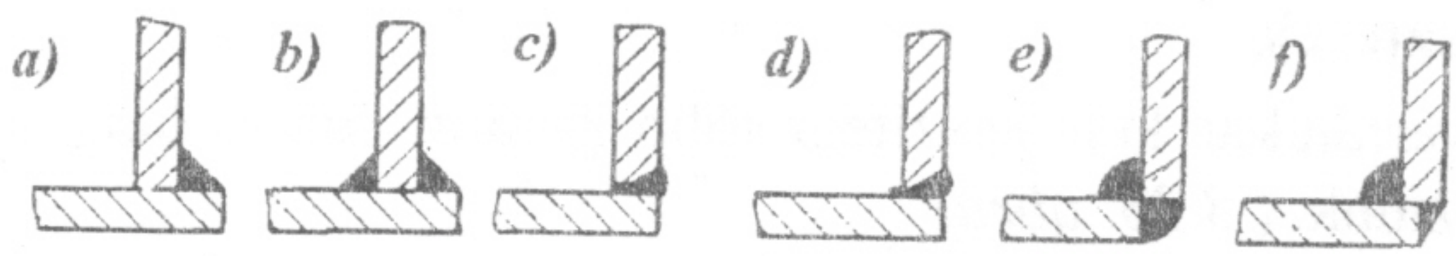
b) azonos vastagságú lemezek

3.24. ábra **Tompaillesztés**



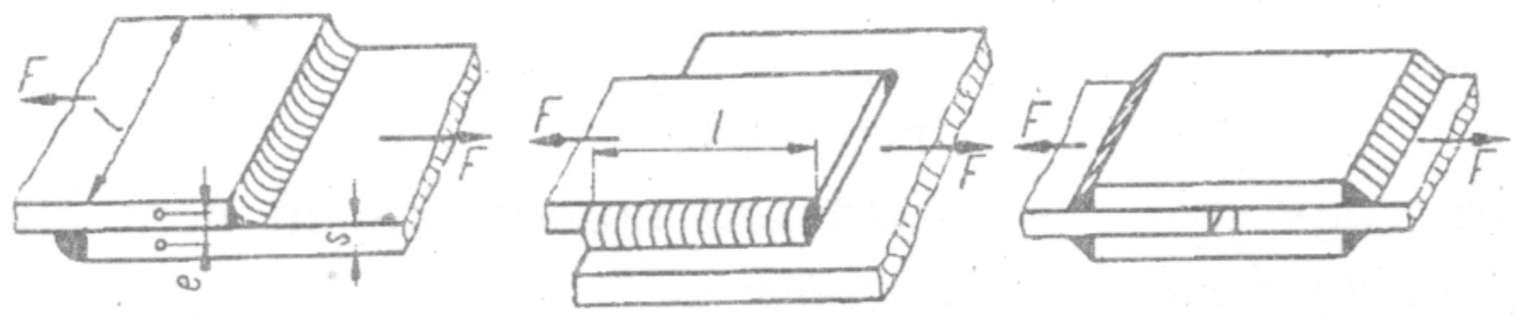
a) egyoldali sarokvarrat
b) kétoldali sarokvarrat
c) X-varrat

3.25. ábra **T alakú illesztés**



a) egyoldali sarokvarrat
b) kétoldali sarokvarrat
c) tompa sarokvarrat gyökhegesztéssel
d) tompa sarokvarrat gyökhegesztés nélkül
e) sarok X-varrat
f) illesztett sarokvarrat

3.26. ábra **Sarokillesztés**



homlok sarokvarrat **oldal sarokvarrat** **heveredes kötés homok sarokvarrattal**

3.27. ábra **Átlapolt és hevederes illesztés**

Általános konstrukciós szempontok:

- A hegesztési helyek jól hozzáférhetők legyenek
- A megmunkálás könnyű és gazdaságos legyen
- A lehetőségekhez mérten kevés hegesztő anyagot használjunk fel. A hosszabb, vékonyabb varratok kedvezőbbek, mint a rövid, vastagok.
- Kerüljük a varratok egymásra-halmozódását.
- A tompakötés statikailag és dinamikailag jobban terhelhető, mint a sarok- vagy T alakú kötés.
- Különböző vastagságú alkatrészeket tompán kell hegeszteni, célszerű a vastagabb alkatrészt a hegesztési varrat felé lesarkítani, vagy vékonyabbra venni.

3.3. Ragasztás

A ragasztott kötések olyan közvetett, - lévén, hogy ragasztó szükséges - általában oldhatatlan kötések, amelyeket azonos, vagy eltérő minőségű anyagokhoz alkalmazhatunk. A felületeket előkészítése (tisztítás, zsírtalanítás, érdesítés) után visszük fel a folyékony halmazállapotú ragasztót kb. 0.1 mm rétegvastagságban. Az összekötés után keményedési vagy száradási folyamat következik. Eközben célszerű a ragasztott alkatrészeket nyomás alatt tartani. E folyamatban a ragasztóanyagok a felületi tapadás (adhézió) következtében kötnek.

A porózus és szálszerkezetű anyagok, mint fa, gumi, papír, porcelán, bőr, ragasztását már régóta alkalmazzák a finommechanikában, újabban a műgyanta bázisú ragasztók kifejlesztése lehetővé tette a fémek nagy teherbírású ragasztását is.

A ragasztás

Előnyei
- az alkatrészek nem, vagy csak kis mértékben melegednek, ezért
- az anyagok tulajdonságai nem változnak
- nem vetemednek

Hátrányai
- magasabb hőmérsékleten nem alkalmazható
- kevésbé ellenálló az időjárási befolyásokkal szemben
- szilárdsági tulajdonságaik idővel csökkenek
- viszonylag hosszú száradási folyamat (5 perc -50 óra)

3.3.1. Ragasztóanyagok fajtái

1, Állati ragasztóanyagok

	Alkalmazási terület	Jellemző
glutinenyv (zselatinenyv, asztalosipari vagy táblaenyv) Alapanyagtól függően -csont, -bőr, -halenyv	fa, papír, és textíliák kötéséhez	hideg vízben nem oldódik
kazeinenyv A tej kazeinje[1] lúgokkal keverve vízálló ragasztó, fluoridokkal keverve hidegenyv készíthető	Rendkívül szilárd kötéshez fa furnérozásához	

2, Növényi ragasztóanyagok

	Alkalmazási terület	Jellemző
dextrinenyv[2]	papíripar	
keményítőenyv	papíripar	Fa nem ragasztható
gumiragasztó természetes vagy mesterséges kaucsuk benzolos vagy benzines oldata	Gumi ragasztás	

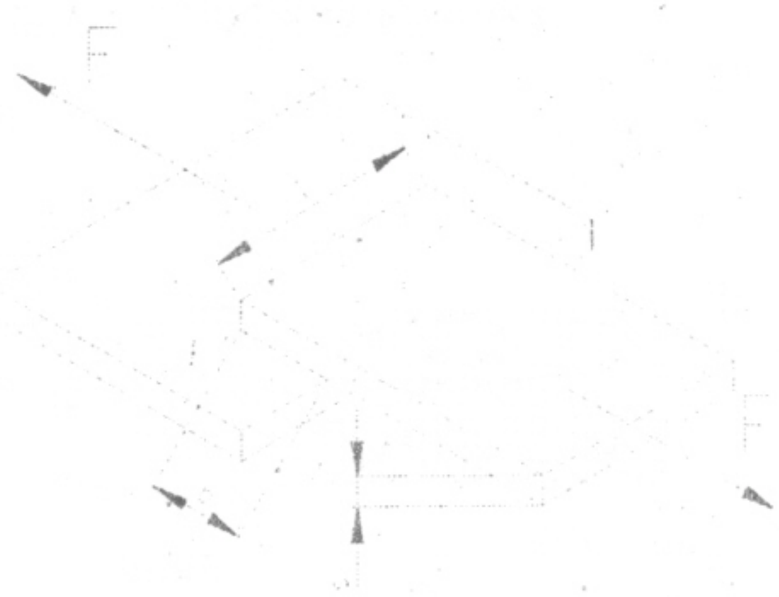
[1] Kazein: foszforproteinekhez tartozó fehérje. Vízben nem, lúgokban oldódik. A tej legfontosabb fehérje alkotórésze. Sovány tejből híg sósavval könnyen kicsapható.
[2] Dextrin: a keményítő enzimes lebontási terméke, összetett szénhidrát.

3, Szintetikus ragasztóanyagok

	Alkalmazási terület	Jellemző
poliuretán műgyanta	nagy szilárdsági követelményekhez	szilárd, vegyileg ellenálló
epoxigyanta (Araldit, Epilox)	Fémragasztás	• felületeket nem kell érdesíteni • korrózióálló kapcsolat • jelentős nyíró- és nyomószilárdság • csekély zsugorodás
fenolalapú fenolformaldehid ragasztó, felhasználás előtt adalékkal (katalizátor, keményítőanyag) keverni kell.	Vízálló rétegelt lemezekhez	gyors ragasztási idő

3.3.2. Ragasztott kötések számítása

A ragasztott kötések, hasonlóan a forrasztáshoz, általában csak nyíró igénybevételre méretezzük.



3.28. ábra **Ragasztott kötés terhelése nyírásra**

$$F = A \cdot \tau_{meg} = l \cdot b \cdot \frac{\tau_B}{Z_i} \quad (3.3)$$

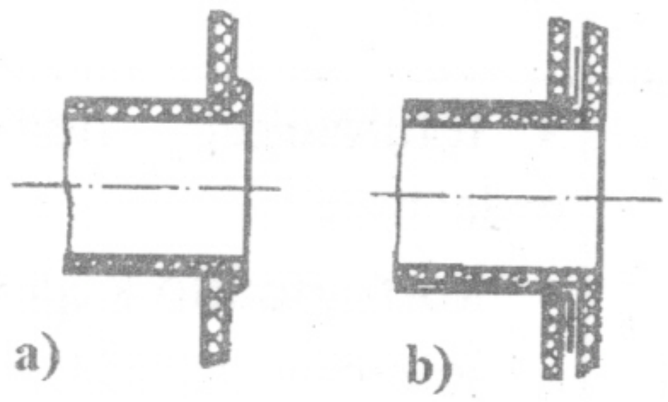
τ_{meg} a varrat megengedett nyírási terhelése

τ_B a varrat statikus nyíró szilárdsága

Z_i biztonsági tényező

3.3.3. Ragasztott kötések kialakítása

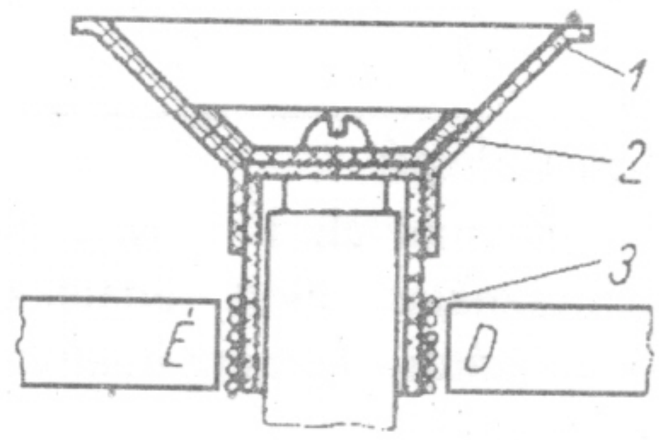
A finommechanika villamos ágazatában a papírból, kartonból, prespánból készült alkatrészeket ragasztással kapcsoljuk össze.



3.29. ábra **Ragasztott orsótestek**

Pl. huzalcsévék tekercstartó testeit a hüvelyből és két vagy több végtárcsából állítják össze enyv, sellak, keményítőcsiriz vagy bakelitlak felhasználásával. (*3.29. ábra*)

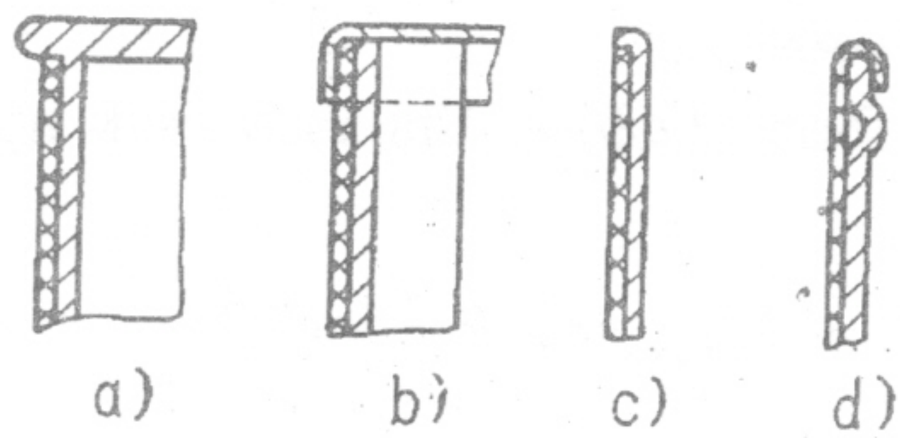
Hangszóró membrán készítése (*3.30. ábra)*



1 - membrán
2 - tartó idom
3 - tekercstest

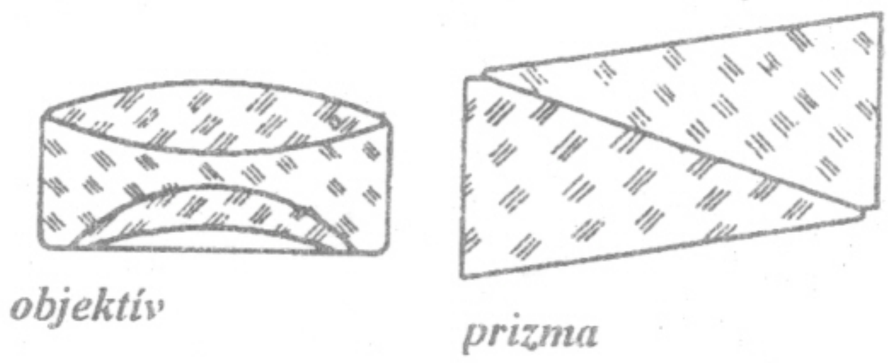
3.30. ábra **Hangszórómembránok papírragasztása**

Műszerházban papírskálák elhelyezése.(*3.31. ábra,* a)kiugrás, b) fedél vagy gyűrű, c) kihajlás ráperemezéssel, d) redő)



3.31. ábra **Műszertok burkolása**

Optikai műszerekben lencsék, prizmák ragasztása. (*3.32. ábra)*



3.32. ábra

Mivel a ragasztott kötéseket lehetőleg csak nyíró igénybevétel felvételére alkalmazhatjuk, nagyobb terhelésű kötéseket átlapoltan vagy hevederekkel célszerű összeállítani. Ezeket elsősorban fém alkatrészek összekötésénél alkalmazzuk. Az átlapolás hossza az anyagvastagság 5-20 szorosa.

Ragasztás folyamán célszerű mindig befogószerkezetet használni, amíg a ragasztóanyag meg nem szilárdul. Ez csak alakkal záróan megfogott kötéseknél maradhat el.

3.4. Tapasztott kötések

A tapasztott kötés oldhatatlan, merev kötés. Az alkatrészeket úgy köthetjük össze egymással, hogy egyúttal a közöttük lévő nemkívánatos üregeket is kitölthetjük. A tapasztás főként olyan elemeknél alkalmazzuk, amelyek geometriai alakját nem lehet egyértelműen meghatározni, pl. durva gyártási tűrés, vagy hosszú bonyolult tűréslánc miatt, és ezért más kötési mód nem jöhet számításba. A tapaszanyagot képlékeny állapotban visszük a hézagokba. Keményedés után az anyag adhézióval biztosítja a kapcsolatot. Célszerű a kötés biztonságát alakzáró kialakítással növelni.

3.4.1. Tapaszok

A tapasztóanyagokat a megszilárdulási folyamat alapján két csoportba sorolhatjuk:

a)**Fizikai átalakulás** révén, ezek az olvadó tapaszok

Szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú, használat előtt fel kell melegíteni. Ilyen a *pecsétlakk, kolofónium, kén- és viaszlakkok.*

Az egyszerűbb feldolgozás miatt gyakran használunk olyan olvadó anyagokat, amelyek alkoholos oldatúak. A kötési hely melegítésekor az alkohol elpárolog, mialatt a tapasztóanyag megolvad és lehűlés után ismét megszilárdul. Pl. *aljzat-gitt* izzólámpa üvegtestének és fémaljának összekötésére

b)**Kémiai átalakulás** révén, ezek az megkötő tapaszok

Gipsz, márvány-cement,

Vízzel és olajjal szemben nem tömítenek, de kémiailag semlegesek, a fémet nem támadják olvadóbiztosíték-betétek üveg - vagy porcelán testeinek nikkelezett rézsapkáit tapasztjuk be.

magnézia-tapasz

Olajzáró és nagyobb szilárdsági követelmények esetén. Pl. transzformátorok, olajkapcsolók és hasonló szerelvények átvezetőkapcsolóinak esetében. Vigyázat, nedves levegőn a fémeket oxidálja, ezért az alkatrészeket ónozni kell és a tapasztási helyeket kötés után lakkréteggel kell bevonni.

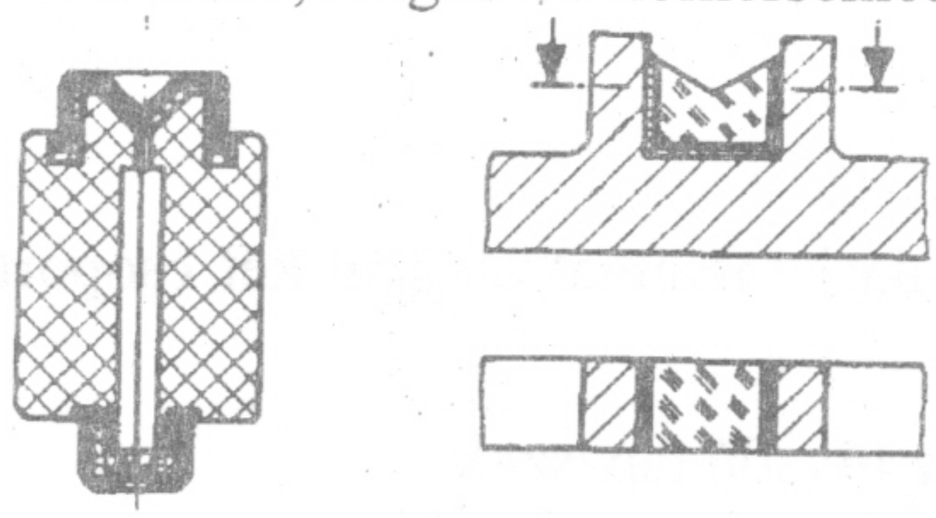
ólomoxid-tapasz

Ezzel a tapasszal fát, keramikus anyagokat, üveget és fémet lehet összekötni, keményedés után rendkívül jók a mechanikai tulajdonságai, víz és olajzáró, kémiailag semleges. Hátránya: MÉRGEZŐ.

3.4.2. Tapasztott kötések kialakítása

A tervezések során a tapaszanyagok tulajdonságait figyelembe kell venni:

- Duzzadhatnak, ezáltal szétvetheti a tapasztott alkatrészeket,
- Zsugoroghatnak, és ebből következően a kötés meglazulhat, vagy nem tömít,
- Nedvszívás, pl. olajfelvétel a tapasz villamos szigetelőképességét csökkentheti, magasabb hőmérsékleten megpuhulhat, széteshet.

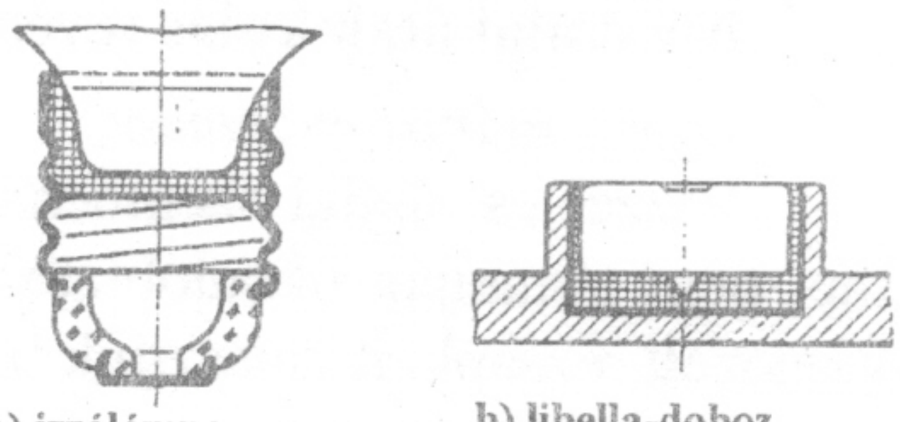


a) olvadó biztosító b) élcsapágy

3.33. ábra

E kötéseket lehetőleg a felületek alakkal-záró megoldásával kell készíteni. A tapasztott kötések legjobban fémeknek keramikus, rendszerint érdes alkatrészekkel való kötéséhez használhatók. *A 3.33.a* ábra olvadó biztosíték fémkupakjainak és a keramikus testnek a kötését mutatja. Az elcsavarodás és kiszakítás elleni biztosításról lemondunk, mert az egyszerű tapasztás tökéletesen megfelel. A *b)* ábrán egy achát élágy alsórész fémbe helyezése látható.

Szilárdság és melegbírás szempontjából nagyobb igénybevételeket támasztunk az izzólámpák üvegballonjainak a lábazatba való betapasztásával szemben. A tapasztási hely kialakítását a *3.34.a* ábra mutatja be. Az üvegtest és a tapasztóanyag közötti kötés tehermentesítésére különleges biztosítás nem szükséges, mert az alkalmazott anyag kellőképpen tapad az üveghez. A tapasztási hely különösen meg van védve mechanikai igénybevétellel szemben a *3.34.b* ábrán látható szelencés libellán.



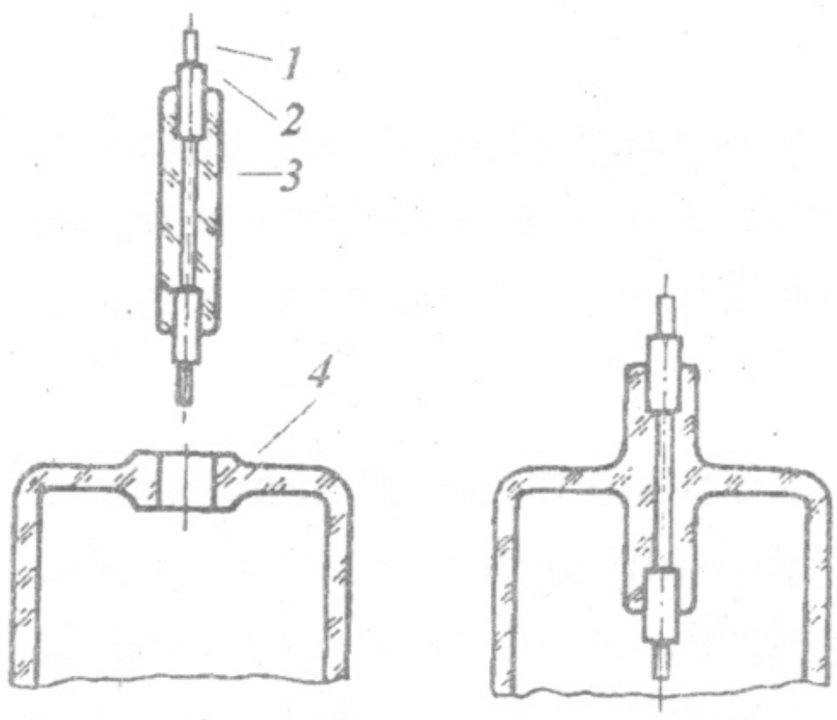
a) izzólámpa b) libella-doboz

3.34 ábra

3.5. Beolvasztásos kötések

Merev, anyaggal-záró, oldhatatlan kötések. Finommechanikában elsősorban az üvegbe történő beolvasztást alkalmazzák.

A beolvasztás előfeltétele, hogy az anyagok 'α' hőtágulási tényezője megközelítőleg azonos legyen. Ez főleg gázzáró kötések esetén létfontosságú. A zsugorodás miatt a befogó anyag 'α' hőtágulási tényezőjének valamivel nagyobbnak kell lennie.



1- huzal 3- üvegburkolat
2- rézfólia 4- üvegtest

3.35. ábra **Huzal és cső folyasztásos beolvasztása**

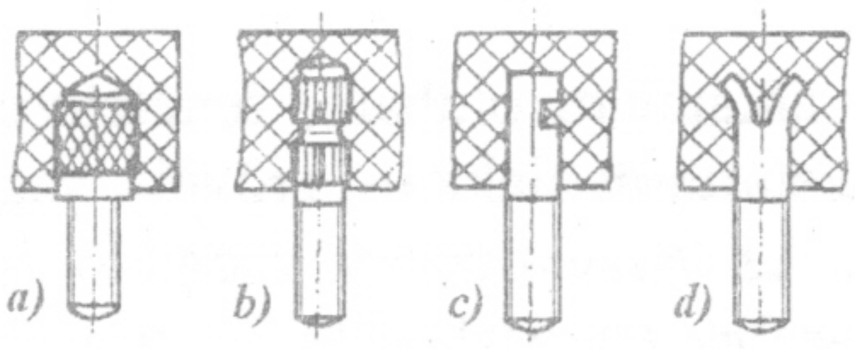
Beolvasztási folyamatban az üveget sűrűfolyó állapotig hevítjük, majd az ugyancsak felhevített, de még szilárd másik anyagot nyomás alatt kötjük össze. Ekkor jól tapadó közbenső üvegréteg keletkezik, mivel a fémes részek oxidrétege megfelelően magas hőmérsékleten az üvegben feloldódik.

Az üveg-fém beolvasztáshoz platinát, wolframot, molibdént, rézbevonatú huzalt (vas - nikkel ötvözetű maggal), valamint vas-nikkel- és krómacél ötvözeteket használunk.

A beolvasztásos kötéseket főként vegyi készülékekben és a vákuumtechnikában használjuk.

3.6. Beágyazások

A beágyazás szilárd, rendszerint fém alkatrészek és képlékenyen alakítható (értsd önthető, sajtolható) és utólag keményedő anyagból készült alkatrészek szilárd , oldhatatlan és alakkal-záró kötése.



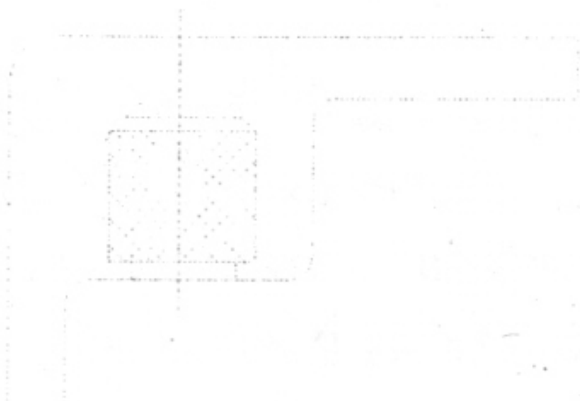
3.36. ábra **Menetes csapok beágyazása**

A beágyazott alkatrészek kihűléskor mindig zsugorodnak, az így adódó erővel záró kötés a sima, rögzítetlen alkatrészeket is szilárdan tartja. Ha azonban ez az erő nem elegendő, akkor alakkal-záró kötést is biztosítani kell a konstrukció kialakításakor. A beágyazásra kerülő alkatrészéket úgy rögzítjük, hogy kihúzás vagy elfordulás ellen, ill. szükség esetén mindkettővel szemben biztosítjuk. Hengeres alkatrészeket kihúzás ellen pl. esztergált

horonnyal, lemezalkatrészeket lyuk segítségével rögzítünk. Elcsavarodás ellen csak hengeres alkatrészeket kell biztosítani, pl. recézéssel vagy rovátkolással, ami egyszersmind kihúzás ellen is biztosít.

A présanyagok szerves és szervetlen töltőanyagból és olyan kötőanyagból állanak, amelyek melegítéskor többé-kevésbé cseppfolyósodnak. E célra ma már kizárólag műgyantát használunk. (fenoplasztot és amináplasztot). A présanyagokat osztott sajtoló formákba helyezzük por alakban, itt az olvadáspontig felmelegítjük, közben a szerszám megfelelő nyomás alatt zárva van és hőn tartjuk az ún. érési idejéig, vagyis amíg be nem fejeződik a bekeményedés (térhálósodás).

A fenoplasztból készült sajtolt alkatrészeknek nagyon jó mechanikai és villamos tulajdonságaik vannak. Amnóplasztot főképpen akkor használunk, ha a világosabb, áttetszőbb színárnyalatokat és jó színtartósságot akarunk biztosítani.



3.37. ábra

A présanyagba történő közvetlen beágyazás annyit jelent, így magából a présanyagból egy alkatrész készül. Présanyagot gyakran ezért is alkalmazunk, hogy a beágyazásra kerülő fém alkatrészeket egymástól elszigetelhessük, pl. villamos csatlakozók ill. működési szempontból (szilárdság, forraszthatóság) vagy gazdaságossági okok miatt egyetlen darabból nem lehet előállítani. (*3.37. ábra*)

4. DOBOZOS KÖTÉSEK

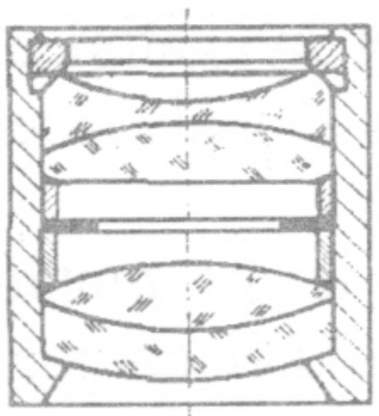
Az előzőkben ismertetett kötésmódokhoz képest a dobozos kötés egész más jellegű, mert evvel a kötéssel tetszőleges számú alkatrész összefogását csak egyetlen helyen biztosítjuk.

A dobozos kötések három vagy több alkatelem oldható, feltételesen oldható vagy nem oldható kötése, amelyek összetartását alakkal-, erővel-, vagy esetleg anyaggal-záró megoldással biztosítjuk. Az összekötésben szereplő darabok mindegyike felületével a szomszédos darabra támaszkodik. Az utoljára összeillesztett darabnak még legalább egy szabadsági fok maradjon az összekötéshez. A biztosítás zárja ki ezt a szabadsági fokot, s ezáltal egy szilárd test keletkezik. A dobozos kötések elve előnyös, mert általa biztosítóelemeket lehet megtakarítani, a finommechanikai tömeggyártásban pedig a szerelés egyszerűvé válik.

4.1. Dobozos kötések kialakítása

A dobozos rendszer valamennyi párosítása olyan legyen, hogy a befogott darabok egymáshoz viszonyított helyzetének megváltoztatása ne legyen lehetséges. Ezen kívül az alkalmazási esettől függően szükségessé válhat a kötésben résztvevő darabok játékának korlátozása vagy megszüntetése. Ez elérhető a gyártási tűrések csökkentésével vagy rugalmas alkatrészek közbeiktatásával. A dobozos kötések biztosítására vonatkozóan ugyanazok érvényesek, mint az ismertetett többi kötésnél.

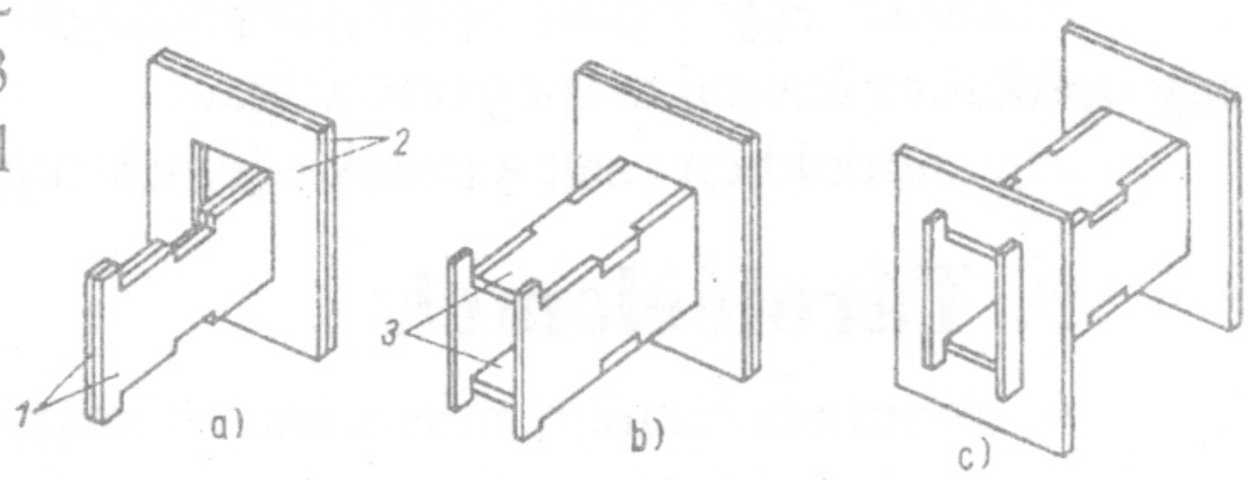
A dobozos kötések lényegét néhány példán mutatjuk be. A dobozos kötés legegyszerűbb alakja, amikor több alkatrészt üreges testben úgy helyezünk el, hogy azok azt teljesen kitöltsék, a test őket tökéletesen körülvegye, és egymáshoz viszonyított helyzetüket ne változtathassák meg (gyufásdoboz-dobozfedél rendszer). A dobozos kötés e típusa széles körben elterjedt.



4.1. ábra

Példaként megemlítjük az optikai lencsék befogását (4.1. ábra), amelyben az egyes darabokat (lencsék, távtartó gyűrűk, rekeszek stb.) váltakozva helyezzük el a foglalatban, végül feszítőgyűrűvel, vagy becsavarozott gyűrűvel rögzítjük.

A 4.2. ábra dobozos rendszerben kialakított csévetestet mutat. Az csévetestet hat külön részből állítjuk össze, mégpedig a négy magrészből és két végtárcsából. Először a 1 magrészeket keresztüldugjuk a 2 végtárcsákon (*a* ábra). Ezután a 3 magrészeket az 1 magrészekkel illesztjük össze (*b* ábra). Végül az egyik 2 végtárcsát eltoljuk az 1 magrész ütközőjéi (*c* ábra). Itt sem biztosítjuk a kötést csupán erre a célra szolgáló külön alkatrésszel, hanem az egyik funkcionális darabbal, a huzaltekercseléssel, amely utolsó részként kerül fel az orsótestre.



1, 3- mag-darabok
2- végtárcsák

4.2. ábra **Csévetest dobozos építési elve**

FINOMMECHANIKAI MŰKÖDTETŐ ELEMEK

Műszerek, készülékek megtervezéséhez a kötőelemeken kívül finommechanikai működtető elemek is szükségesek. A különféle működtető elemekről áttekintést a *IV. sz. mellékletben* találunk. Az áttekintés alapja a *Kutzbach* által felállított gépi rendszertan, amely az energia szabályozott hely- és fajtaváltozásaiból indul ki.

A rendszertanban munkaelemeket és illesztő elemeket különböztetünk meg. Mivel minden függvényérték tárolható, továbbvezethető és átalakítható, a működtető elemeket tárolókra, vezetékekre és átalakítókra oszthatjuk.

Az illesztő elemek a munkaelemek befolyásolására vagy vezérlésre és szabályozásra valók. Ez történhet az ember akarata szerint, vagy pedig az állapotok megváltozása következtében. Ezért az illesztő elemeket nyugalmi elemekre (ellenállások), kapcsolóelemekre, valamint vezérlő- és szabályozóelemekre oszthatjuk fel.

A *IV.sz. mellékletben* adott áttekintés ezen kívül azt is megmutatja, hogy a finommechanika nemcsak tisztán mechanikai eszközökkel dolgozik, hanem a fizika más területeit is felhasználja, így mindenekelőtt az elektrotechnikát, az optikát és esetleg a hidraulikát vagy az akusztikát. Mindig a tervezőnek kell eldöntenie, hogy melyik fizikai út adja az optimális megoldást.

Például: egy vasúti váltó automatikus vezérlése mechanikus, villamos vagy optikai eljárással is megvalósítható.

Jegyzetünkben csak a munkaelemek leggyakoribb eseteit ismertetjük.

5. Tárolóelemek

A finommechanikai műszerek és készülékek működtetéséhez villamos energiaforrásokon kívül mechanikai energiaforrásokat is használnak. Ebben az esetben a gyakran emberi izomerőből származó energiát felhasználása előtt vagy alatt megfelelő módon tárolni kell. Statikus energiatárolókként vagy megfelelően megemelt nagytömegű elemek (hajtósúly) helyzeti energiáját, vagy pedig speciális építőelemek (rugók) rugalmas alakváltozását használják ki.

Dinamikus energiatárolóként használható az inga, a billegő, a pörgetytyű, a lendítőkerék stb.

5.1. Rugók

Azokat az elemeket, amelyek nagyon jó rugalmassági tulajdonságú anyagokból készülnek és kialakításuknál fogva energiát tárolnak, amelyet adott időpillanatban munkavégzésre felszabadíthatunk, rugóknak nevezzük.

A műszergyártásban a rugók előnyei a hajtósúlyokkal szemben az, hogy hatékonyságuk nincs a függőleges helyzethez kötve, kisebb a tömegük és azonos energiatartalom mellett kisebb a helyigényük.

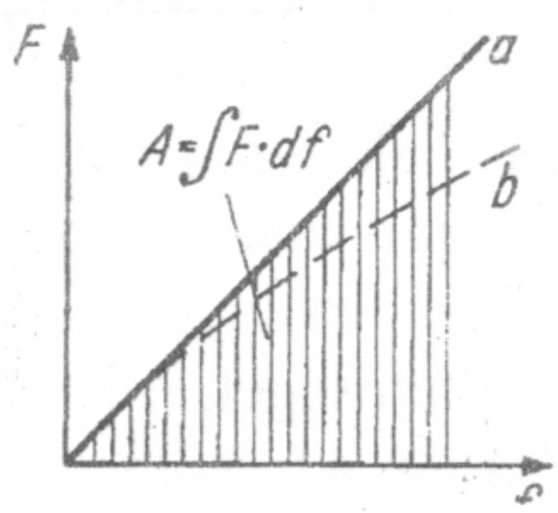
Hátrányuk, hogy a rugók által kifejtett erő hatása arányos a rugalmas alakváltozással, tehát nem állandó értékű (ld. a jelleggörbét, *5.1. ábra*).

A rugókat a műszergyártásban nemcsak *energiatárolókként* alkalmazzák, hanem használják *lökéscsillapítókként* (pl. mutatókilengések felfogására), *lengéskeltőkként* (pl. órák billegőjének rugója), mérési célokra *ellennyomatékkeltőkként*, *erővel-záró kötés megvalósítására* (pl. csúszóérintkező rugók) és *csapágyelemként* (pl. rugós csuklók, torziós felfüggesztés a mérőműszerekben).

5.1.1. A méretezés alapjai

Súrlódás nélkül működő rugókkal az erő-út jelleggörbe (*5.1. ábra*) a legtöbbször egyenes vonalú (a). Így az 'F' rugóerő az 'f' rugóúttal arányosan növekedik - például húzó- vagy nyomórugók esetén, feltételezve, hogy a rugót nem vesszük igénybe anyagának rugalmassági határán túl. Kivételes esetekben a jelleggörbe görbült (b görbe), pl. a tányérrugó növekvő deformáció mellett lágyabb lesz.

A $\frac{dF}{df} = c$ hányadost rugókeménységnek vagy rugómerevségnek nevezzük. Ha a jelleggörbe lineáris, akkor a 'c' állandó. A rugó jelleggörbéjét a rugó alakja és anyaga befolyásolja. Míg a fémeknek, mindenekelőtt az acéloknak, meghatározott arányossági tartományuk van, a gumival csak kis alakváltozások esetén kapunk közelítőleg arányosságot. A rugó „W" munkafelvétele vagy munkaképessége a rugó jelleggörbéjének integráljával egyenlő. $W = \int F df$ ha a rugót egyetlen erő terheli, ld. laprugók esetén (*5.2. ábra*).

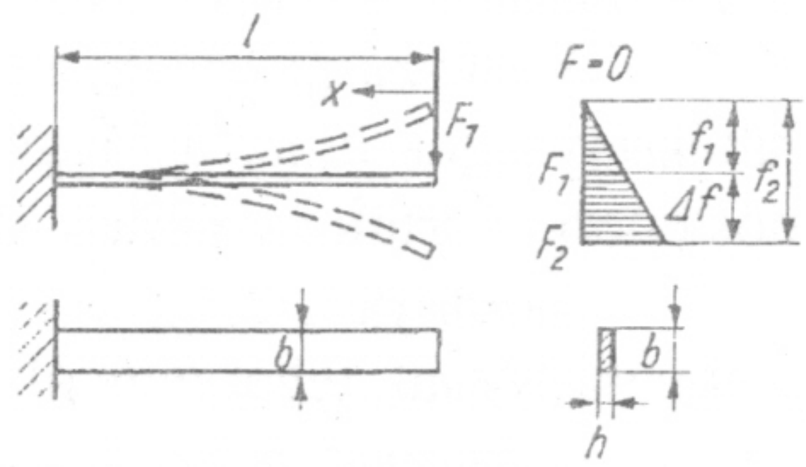


5.1. ábra

Ha a rugóra egy erőpár hat, pl. torziós rugók esetén, akkor $W = \int M d\varpi$.

A munkavégző képesség a belső súrlódás legyőzéséhez szükséges munkával kisebb, mint a munkafelvétel. Fémeknél a belső súrlódás gyakorlatilag elhanyagolható, míg a gumit éppen jelentékeny belső súrlódása miatt csillapítórugóként használják.

A *5.2.* ábrából látható, hogy ha egy rugónak valamilyen $\Delta f = f_2 - f_1$ hasznos úthosszon kell működnie, akkor a rugónak meghatározott „f_1" előfeszítési hosszt kell adni, ill. a rugót „F_t" erővel elő kell feszíteni, mivel a munkavégzéshez szükséges erő, a más szerkezeti elemek által okozott ellenállások miatt többnyire nem csökkenhet egy meghatározott minimális érték alá.



5.2. ábra

5.1.2. Szerkezeti anyagok és megengedett feszültségek

Szerkezeti anyagként nemcsak acél, hanem rugó-keményre hengerelt, vagy keményre húzott színesfémek is felhasználhatók, mint pl. sárgaréz, foszforbronz, újezüst stb.. Ezenkívül a természetes gumi és a szintetikus gumi is használható rugóanyagként.

A fellépő hajlító és csavaró igénybevételekre megengedett feszültségeket a *V.sz. mellékletben* adtuk meg. Húzó és nyomó igénybevételek ritkábban fordulnak elő. Az igénybevétel fajtája szerint megkülönböztetünk nyugvó (I), nulla és maximális értékek között ingadozó, lüktető (II) és pozitív vagy negatív irányban váltakozó, lengő igénybevételeket (III).

A szerkezeti anyag megengedett terhelésének megválasztásakor a következőket kell figyelembe venni.

- Az anyagok, a gyártás során keletkezett belső feszültségei, a terhelhetőséget csökkentik. Ezek a belső feszültségek utólagos hőkezeléssel (megeresztéssel) megszüntethetők.
- A terhelhetőséget a felületi sajátosságok is befolyásolják. Ha a felület durván megmunkált, akkor a fellépő feszültségcsúcsok miatt csak kisebb terhelések engedhetők meg. A táblázati értékek sima felületre érvényesek.
- A rugóalak előállítási módja is befolyásolja a terhelhetőséget, mivel hajlításkor hideg alakváltozás lép fel, amely szintén csökkenti a terhelhetőséget
- Nagyobb hőmérsékleteken az „E" rugalmassági modulus is értéke csökken.

5.1.3. Rugók csoportosítása

A csoportosítás alapja a rugó fő terhelése ill. az alakja.

5.1.3.1. Hajlításra igénybevett rugók

Ezeket a rugókat elsősorban hajlításra vesszük igénybe. Egyenes alakban lap-, ill. pálca rugókként, görbített alakban például érintkező rugókként, felcsévélve pedig spirálrugókként használjuk.

a) Laprugók

A finommechanikai gyakorlatban általában állandó szélességű, téglalap szelvényű laprugókat használunk. Szerkezetileg *a 5.2. ábrán* látható egyszerű megoldást választjuk, a rugó egyik végének egyszerű befogásával. A terhelés a másik végén hat.

A szilárdságtani alapismereteink alapján tudjuk, hogy az ilyen rugalmas deformáció a rugalmassági határnál kisebb feszültséget ébreszthet, mert csak így érvényes a Hooke törvény. E törvény alapján, ha egy rugónak ismerjük a legnagyobb terhelését és a legnagyobb deformációját, akkor azt is meg tudjuk határozni, hogy ennél kisebb erő hatására mekkora lesz a deformáció. A rugókarakterisztika, hasonlóan a szakítódiagram egyenes szakaszához, az origóból kiinduló egyenes.

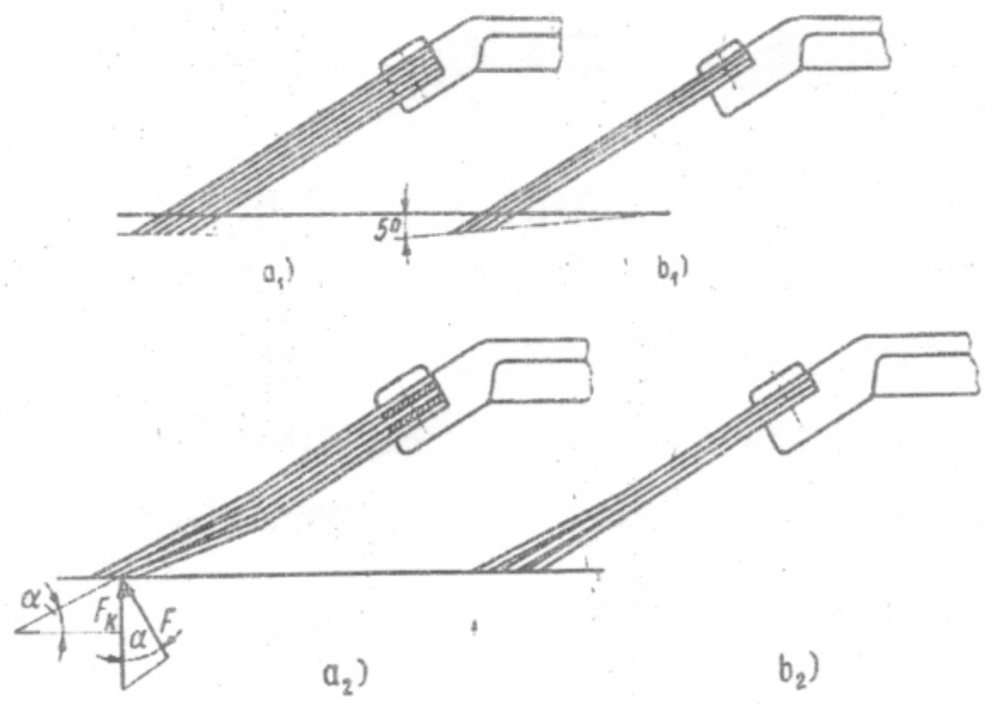
A maximális terheléshez tartozó /F_2, M_2/ deformációt összes deformációnak, a rugót terhelő legkisebb erőt előfeszítő erőnek /F_1/ és a hozzá tartozó deformációt előfeszítésnek nevezzük.

A laprugó méretezése a szilárdságtanban tanultak szerint történik.

b) Kötegelt laprugók

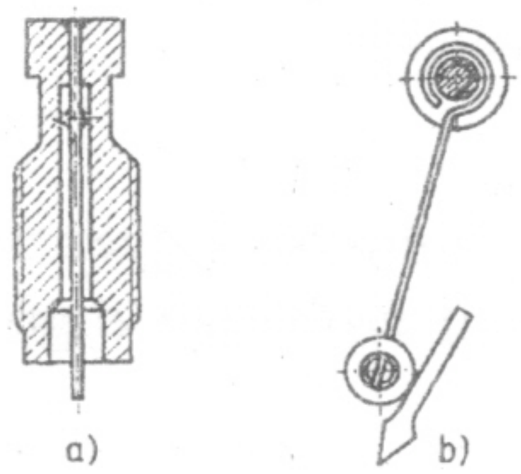
Ha adott feltételek esetén a rugószélesség túl nagyra adódnék, akkor a rugót több részre osztjuk fel és az egyes rétegeket egymás fölé helyezzük el, mint ahogy a *5.3. ábrán* is látható.

Ügyelni kell, hogy minden lap szabadon mozoghasson, amit közbetétekkel (*5.3.a ábra*) vagy a rugó végének ferde leköszörülésével érünk el (*5.3.b ábra*). A kötegelt laprugókat például villamos érintkezőként is használják.



5.3. ábra **Csúszókefék kötegelt laprugói**

c) Körszelvényű egyenes rugók (pálcarugók)



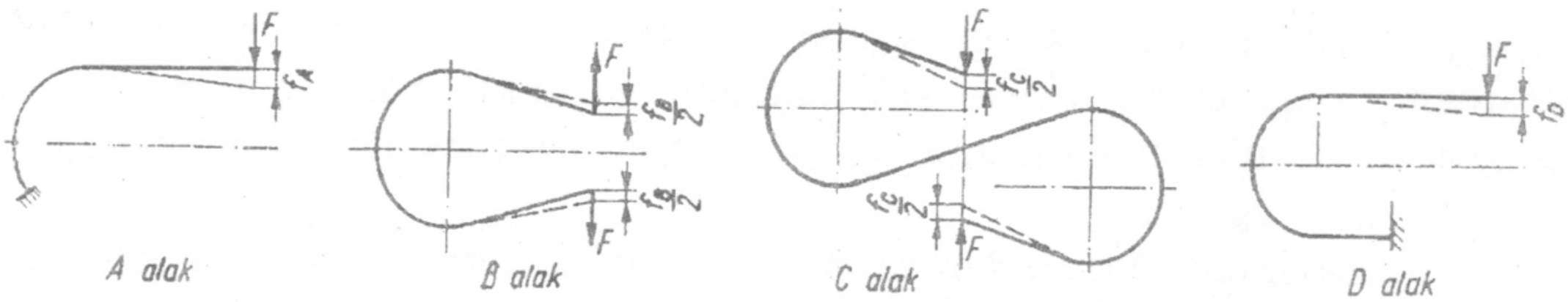
A pálca rugókat ott alkalmazzák, ahol kívánatos, hogy a rugó minden irányban egyenletesen hajoljon.

Alkalmazási példaként mutatjuk a villamos fogyasztásmérők felső csaptengelyét (*5.4.a. ábra*), ahol csapágyelem, és a mérőműszerek rugózó mutató-ütközőjét (*5.4.b. ábra*).

5.4. ábra **Egyenes huzalrugók alkalmazási példái**

d) Görbített rugók

A rugó számára rendelkezésre álló beépítési hely nem mindig teszi lehetővé az egyenes alakú rugók alkalmazását. Ilyen feladatok bonyolultabb

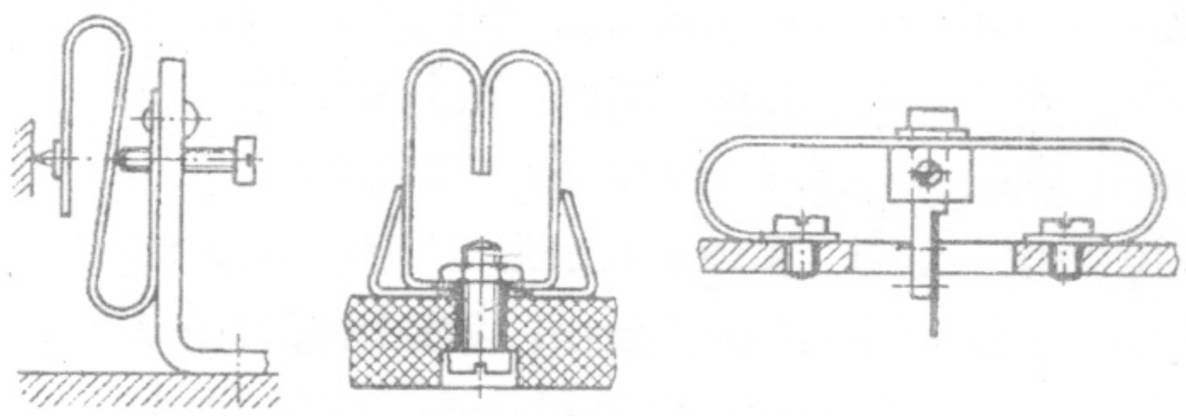


5.5. ábra **Görbített laprugók alakjai**

rugóalakok alkalmazásával valósíthatók meg .

A konstrukciós megoldás mindig az adott feladathoz kell, hogy alkalmazkodjék, mégis minden görbített rugó kialakítás négy alaptípusra vezethető vissza. Ezeket az alaptípusokat mutatja az *5.5. ábra* .

A bonyolult görbített rugók alkalmazásait láthatjuk az *5.6.* ábrán, ahol egy detektor rugó, egy késes villamos csatlakozó rugó, és egy kengyel-rugó beépítése látható.

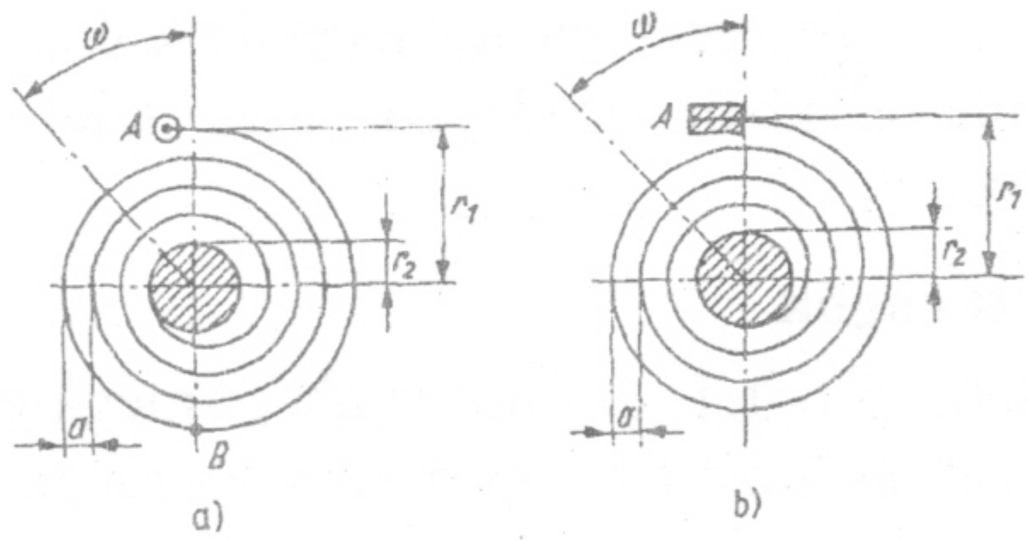


5.6. ábra **Görbített laprugók alkalmazásai**

e) Sík spirálrugók

A sík spirálrugó szalaganyagból síkban csigavonalban tekercselt rugó, amelyet felhúzórugónak vagy hajtórugónak is neveznek. A sík spirálrugókat két fő csoportra osztjuk, menethézagos és menethézag nélküli sík spirálrugókra.

A menethézag biztosítja, hogy a rugó működését az egyes menetek közötti súrlódás ne befolyásolja. A menethézagos sík spirálrugókat mérőműszerekben visszatérítő nyomaték létrehozására és hordozható órák járat-szabályozójában lengőelemként használják. Míg a belső rugóvég mindig mereven össze van kötve a tengellyel, a külső véget vagy csuklósan (*5.7.a* ábra), vagy pedig mereven rögzíthetjük (*5.7.b ábra*).



5.7. ábra **Spirálrugók**

Az *a)* és a *b)* megoldás rugórakterisztikában kevésbé, a rugó igény bevételét illetően viszont erősen különbözik.

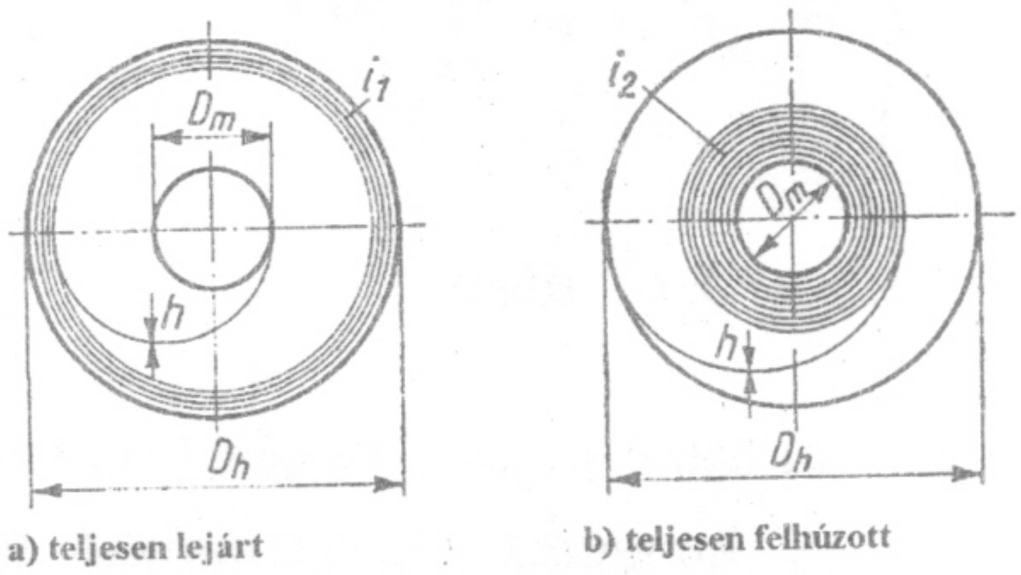
Míg az *a*) esetben a „B" helyen fellépő maximális feszültség: $\sigma_{max} = \dfrac{2M_f}{K_h}$

M_f – a rugónyomaték; K_h – a rugó anyagának keresztmetszeti tényezője

A *b)* esetében a rugó igénybevétele mindenütt azonos és értéke: $\sigma_{max} = \dfrac{M_f}{K_h}$

Ezért a *b)* ábra szerinti megoldást részesítjük előnyben.

A menethézag nélküli sík spirálrugókat (*5.8. ábra*) túlnyomóan tároló elemekben használjuk hajtórugóként, olyan tokba építve, amelyeknek belső D_h átmérője sokkal kisebb, mint a szabad rugó külső átmérője. A házba való beépítés célja a rugó oldalirányú kitérésének megakadályozása, az elpiszkolódás elleni védelem, annak biztosítása, hogy a hajtónyomaték a felhúzás alatt se szűnjék meg, továbbá a rugó térbeli



5.8. ábra **Spirálrugó elhelyezkedése a rugóházban**

kiterjedésének korlátozása. A rugó belső végét a rugómagon, a külsőt pedig a rugóházban erősítjük meg. A rugót rögzített rugóház esetén a rugómag elforgatásával, ill. ha a rugómag rögzített, akkor a rugóház elforgatásával húzzuk fel. A hajtórugók elfordulási szöge nagy, tehát sok körülfordulást végezhetnek. A rugó terhelésekor a menetek közötti súrlódás a szalag felületi sajátosságaitól és a kenőanyag minőségétől függően kétségkívül jelentősen befolyásolja a rugó jelleggörbéjét, és a rugóenergia egy része hővé átalakulva elvész.

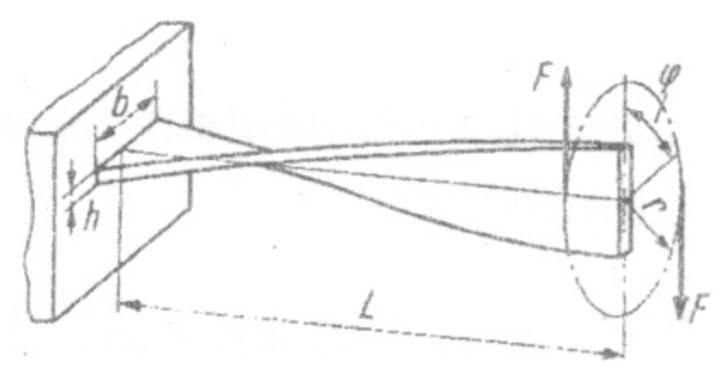
A hajtórugókat mindenféle mozgó szerkezetben felhasználjuk energiatárolóként, pl. órákban, regisztrálóműszerekben, irodagépekben, telefonok választótárcsáiban és még sok más helyen.

5.1.3.2. Csavarásra igénybevett rugók

A rugót csavaró igénybevétel terheli. Kivitel szempontjából megkülönböztetünk egyenes szalag-, egyenes huzal- és húzott-nyomott csavarugókat.

a) téglalap szelvényű egyenes torziós rugó

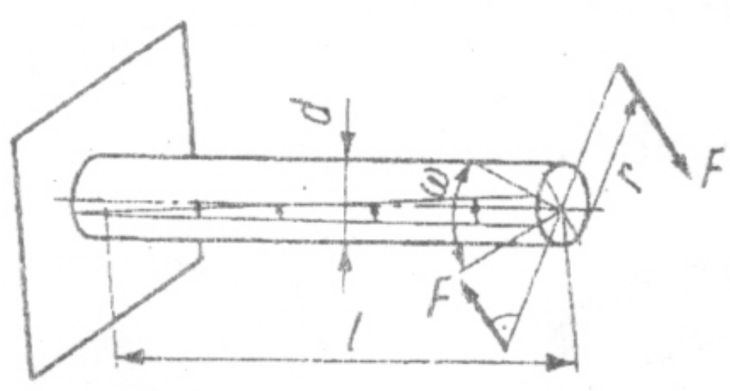
Ezeket a rugókat főképpen mérőművekben használák, ahol egyidőben két feladatot teljesítenek: létrehozzák a visszatérítő nyomatékot és egyben tartják a mérőművet. Az egyenes téglap szelvényű torziós rugókat esetenként rugalmas tengelykapcsoló elemként is használják.



5.9. ábra

b) kör szelvényű egyenes torziós rugó

A kör szelvényű egyenes torziós rugókat gyakran használják mérőelemként forgató-nyomaték méréséhez.



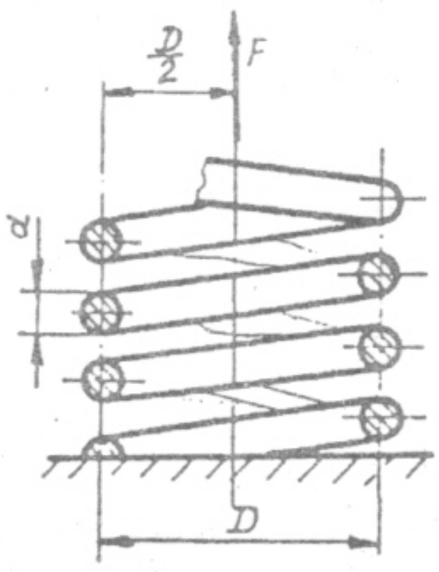
5.10. ábra

c) húzó-nyomó rugók (tekercsrugók)

A hengeres csavarrugókat főképpen ott alkalmazzuk, ahol a rugó számára csak a húzó-, ill. nyomóerő irányában áll rendelkezésre hely. Megfelelő méretezéssel a rugóerő és a rugó lökete széles határok között változtatható, ill. az adott feltételeknek megfelelően választható meg. Az 'F'

erő értelme szerint húzó- és nyomórugókat különböztetünk meg. Ilyen esetben a rugó anyagának igénybevétele elsősorban csavaró igénybevétel.

A nyomórugókat "e" menettávolsággal kell tekercselni, hogy a szükséges összenyomódás létrejöhessen. A húzórugók meneteit viszont menettávolság nélkül, sőt gyakran F_0 előfeszítéssel tekercseljük egymás mellé. Egyszerűbb előállítása folytán gyakran kör szelvényű huzalt használnak. Téglalap szelvényű nyomórugókat többnyire ott használunk, ahol a rugónak még más feladatot is teljesítenie kell. Például ha egy nyomógomb elmozdulását korlátozni kell, a kör szelvényű huzalból készült teljesen összenyomott rugó egyes meneteinek oldalirányú elferdülése és elcsúszás elleni stabilitása sokkal kisebb, mint lapos anyagból készült rugónál.



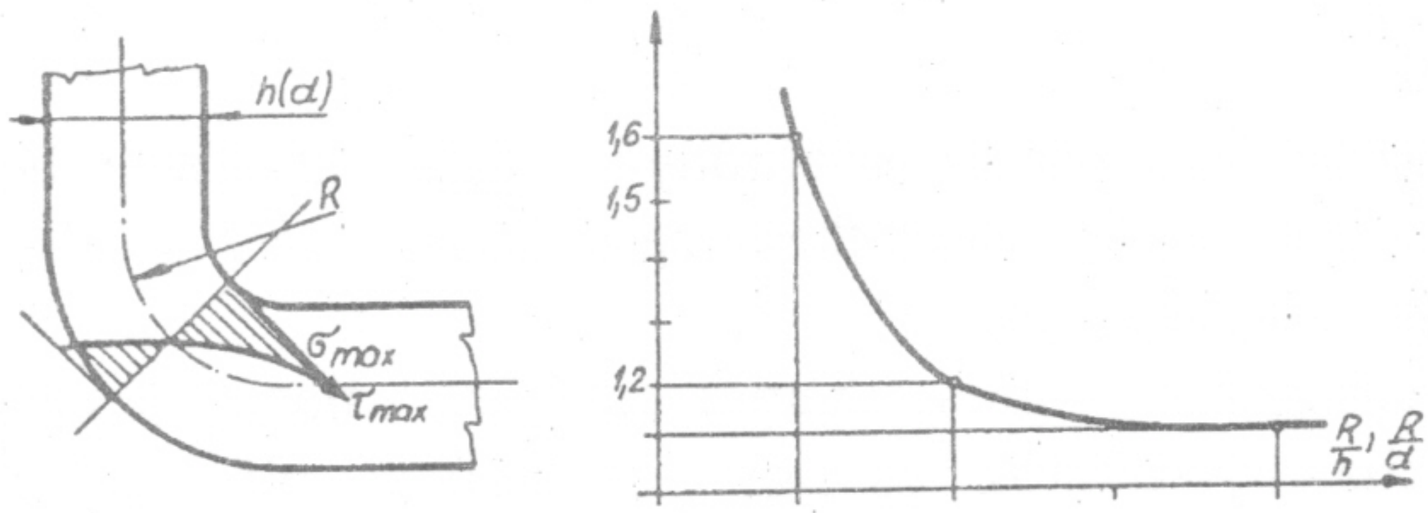
5.11. ábra

Számítással kell meghatározni a rugóhuzal "d' átmérőjét, a szükséges "n" menetszámot. A rugó "h" menetemelkedése pedig a szerkezeti hosszúságból és menetszámból határozható meg.

A tekercsrugót terhelő csavarónyomaték: $M_{cs} = F\dfrac{D}{2}$

A hajlítónyomaték értéke elhanyagolható.

Szilárdságtani ismeretek szerint a csavart rudakban ébredő feszültség a semleges száltól mért távolsággal egyenes arányban nő. Ha a rúd terheletlen alakja görbe, a feszültségeloszlás szimmetriája megbomlik. A görbületi középpont felé eső szálban a feszültség ξ-szerese annak, ami azonos terhelés hatására az egyenes rudban ébredne: $\tau_{max} = \xi \cdot \dfrac{M}{K_p}$



5.12. ábra **Feszültségtorlódás tekercsrugónál**

A feszültség torlódás annál nagyobb mértékű, minél nagyobb a terheletlen rúd görbülete.

Az $\dfrac{R}{d} = 4$ értékhez már csak 10%-os feszültségnövekedés tartozik, és $\dfrac{R}{d} \rangle 4$ esetén pedig elhanyagolható.

A finommechanikai műszer- és készüléképítésben a huzalból készült tekercsrugókat gyakran alkalmazzák, mivel felhasználásuk egyszerű és előállításuk olcsó. A számítás, a szerkezet, a kivitelezés, a tűrések és az ellenőrzés szabványosított. A tervezést skálás nomogramok könnyítik. Ilyen látható *VI. mellékletben.*

A húzó- és nyomórugók számítására a következő összefüggések érvényesek: (Az *5.11. ábra* alapján)

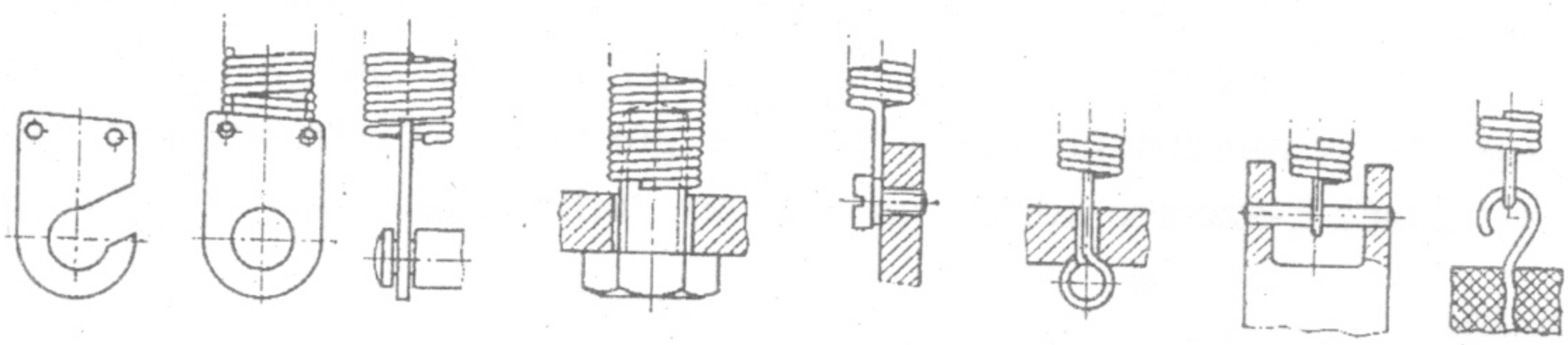
$M_{cs} = F\frac{D}{2}$, (5.1) $\quad M_{cs} \le K_p \cdot \tau_{meg}$ (5.2) $\quad F \le \frac{\Pi \cdot d^3}{8 \cdot D}\tau_{meg}$ (5.3) ill.

$F = \frac{G \cdot d^4 \cdot f}{8 \cdot D^3 \cdot i_r}$, (5.4) G – a rugó anyagának csúsztató rugalmassági modulusa

A rugó összenyomása: $f = \frac{F \cdot D^2 \cdot l}{4 \cdot G \cdot I_p} = \frac{8 \cdot i_r \cdot F \cdot D^3}{G \cdot d^4} \le \frac{i_r \cdot \Pi \cdot D^2}{G \cdot d}\tau_{meg}$ (5.5)

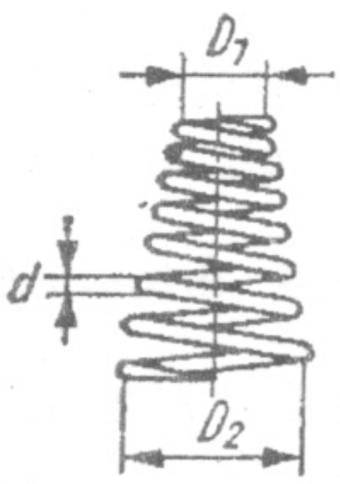
A rugózó menetek száma: $i_r = \frac{G \cdot d^4 \cdot f}{8 \cdot D^3 \cdot F}$ (5.6)

A huzórugók végeinek rögzítésére a *5.13. ábra* néhány konstrukciós megoldást mutat be.



5.13. ábra **Húzórugó végeinek rögzítési módjai**

d) Kúposrugók



A szerelési hibákból eredő oldalirányú terhelésekkel szemben merev, vezetésnélküli beépíthetőségre kúpos (*5.14. ábra*) tekercsrugót alkalmazunk.

Ha a kúposságot és a menetszámot helyesen választjuk meg, akkor síkba nyomhatók és így kis helyen elférnek. A huzalátmérőjét a legnagyobb nyomaték figyelembevételével kell meghatározni.

5.14. ábra **Körszelvényű kúposrugó**

A max. csavarónyomaték: $M_{cs} = F\frac{D_2}{2}$

Ez a képlet azonos értéket ad egy D_2 átmérőjű hengeres tekercsrugó huzalátmérőjével gyártott rugóval.

Az eredő deformáció: $f = \frac{F \cdot D_2^{\,3}}{32 \cdot I_p \cdot G} \cdot 2 \cdot \Pi \cdot i_r$ (5.7)

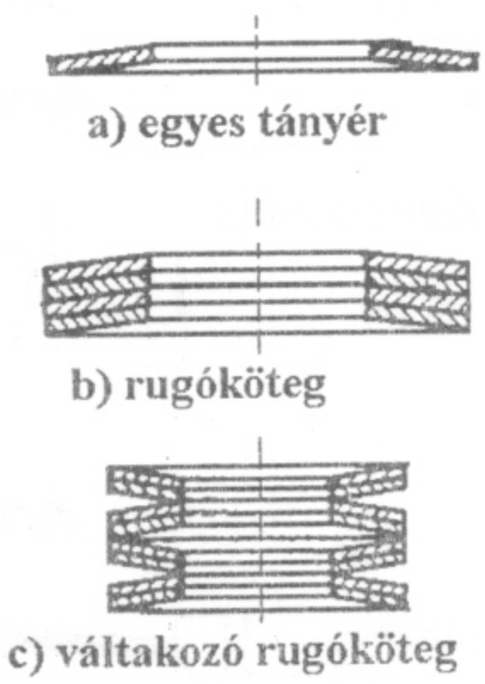
A rugó menetszáma: $i_r = \frac{d^4 \cdot G \cdot f}{2 \cdot D_2^{\,3} \cdot F}$ (5.8)

A kúposrugó menetszám képletét ha összehasonlítjuk a hengeres tekercsrugó menetszámára vonatkozó összefüggéssel, láthatjuk, hogy a kúpos tekercsrugót négyszer annyi menettel kell többre méretezni. Ez abból adódik, hogy a csökkenő sugárra hajlított menetek egyre keményebbek és ezért azonos deformációra, több menetre van szükség. A legkisebb menet gyakorlatilag már nem is rugózik.

5.1.3.3. Tányérrugók

A tányérrugók kúp alakú, tengelyirányban terhelt gyűrűs tárcsákból állanak *5.15. ábra*

A csavarrugóval szemben a tányérrugó beépítési térfogata kisebb. Kis rugó-elmozdulások és nagy terhelés esetén alig lehet más rugót találni, amelyik ugyanazt a feladatot hasonló kis építési térfogattal oldaná meg. Ezenkívül a rugó merevségét könnyen tudjuk változtatni néhány tányér hozzáadásával vagy elvételével. A tányérrugókat többnyire csak nagyobb erők felvételére használják. Egy tányér eltörése még nem teszi az egész rugót működésképtelenné, azon kívül a törött tányérok könnyen cserélhetők.



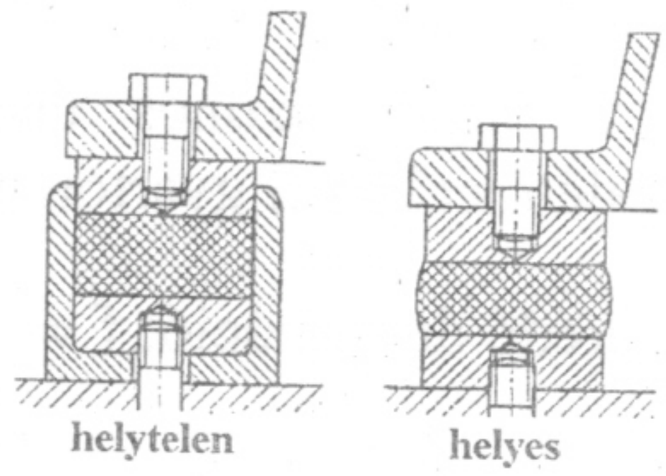
5.15. ábra **Tányérrugók**

5.1.3.4. Gumirugók

Noha a természetes gumi fény, meleg és oxigén hatására törékennyé válik, olajjal és benzinnel szemben érzékeny (hullámosodik), és az ezeket a hiányosságokat kiküszöbölő mesterséges gumi kevésbé rugalmas, a gumit mégis egyre növekvő mértékben használják gépek és szerkezetek rugózására (lengéscsillapítására), mert a gumi az elrendezéstől függően egyszerű módon

lehetővé teszi, lágy vagy keményebb rugózás és főleg a rugózás és a csillapítás kombinációjának megvalósítását.

Gumirugók tervezésében figyelembe kell venni, hogy a gumi térfogata nem változik, tehát terheléskor lehetőséget kell biztosítani az alakváltozásra. Egy minden oldalról zárt gumitest nem rugózik (*5.16. ábra*).

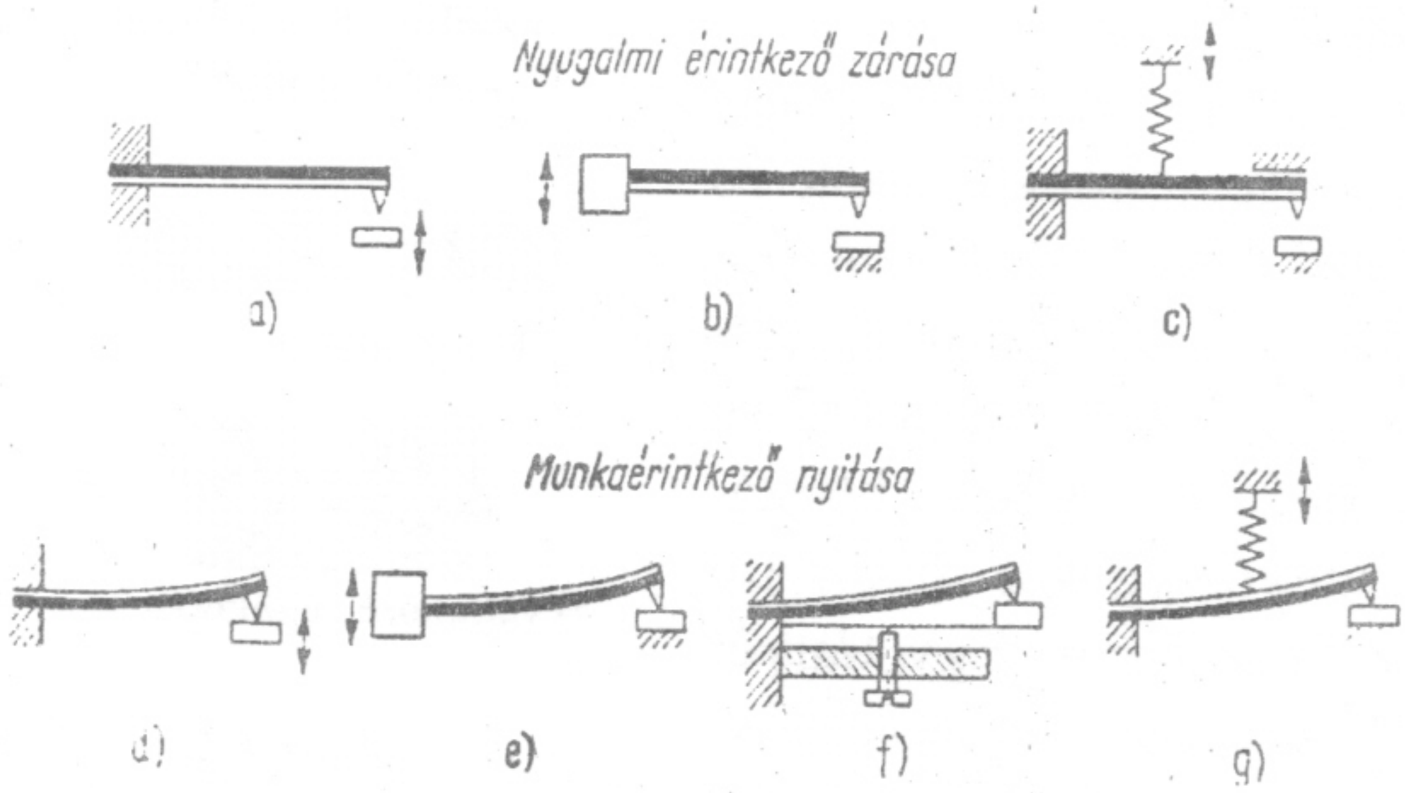


5.16. ábra

5.1.3.5. Kettősfémrugók

A kettősfém félkésztermék, amely lemeztáblaként vagy lemezszalagként kerül forgalomba. Különlegessége, hogy két, egymással szilárdan összekötött fémrétegből áll, amelyek hőtágulási tényezői különbözőek. A hőmérséklet megváltozására a két réteg geometriai méretei különböző mértékben változnak meg. Mivel a szilárd kötés miatt a két réteg csak azonos mértékben tágulhat, a kettősfémszalag meggörbül. A hosszirányú görbülésen kívül a szalag még keresztirányban is görbül úgy, hogy a szalag gömbfelület alakot vesz fel.

A kettősfémeket ott használják fel, ahol hőmérsékleteket, vagy hőmérsékletváltozássá átalakítható más mennyiségváltozásokat kell mérni, vezérelni vagy szabályozni. Különösen fontos a kettősfém felhasználása biztosítóberendezések kioldó-elemeként, például tűzjelzőkben, vagy vezetékek és gépek túláram-védelmében. Leggyakrabban villamos iparban kapcsoló- és kioldó-szerkezetekben használjuk egy vagy két állású kapcsolóként. Ilyen esetekben az a követelmény, hogy a kapcsolási pontot beállíthassuk. Ez a követelmény a nyugalmi érintkező zárásakor és a munkaérintkező nyitásakor is teljesíthető. (*5.17. ábra*)



5.17. ábra

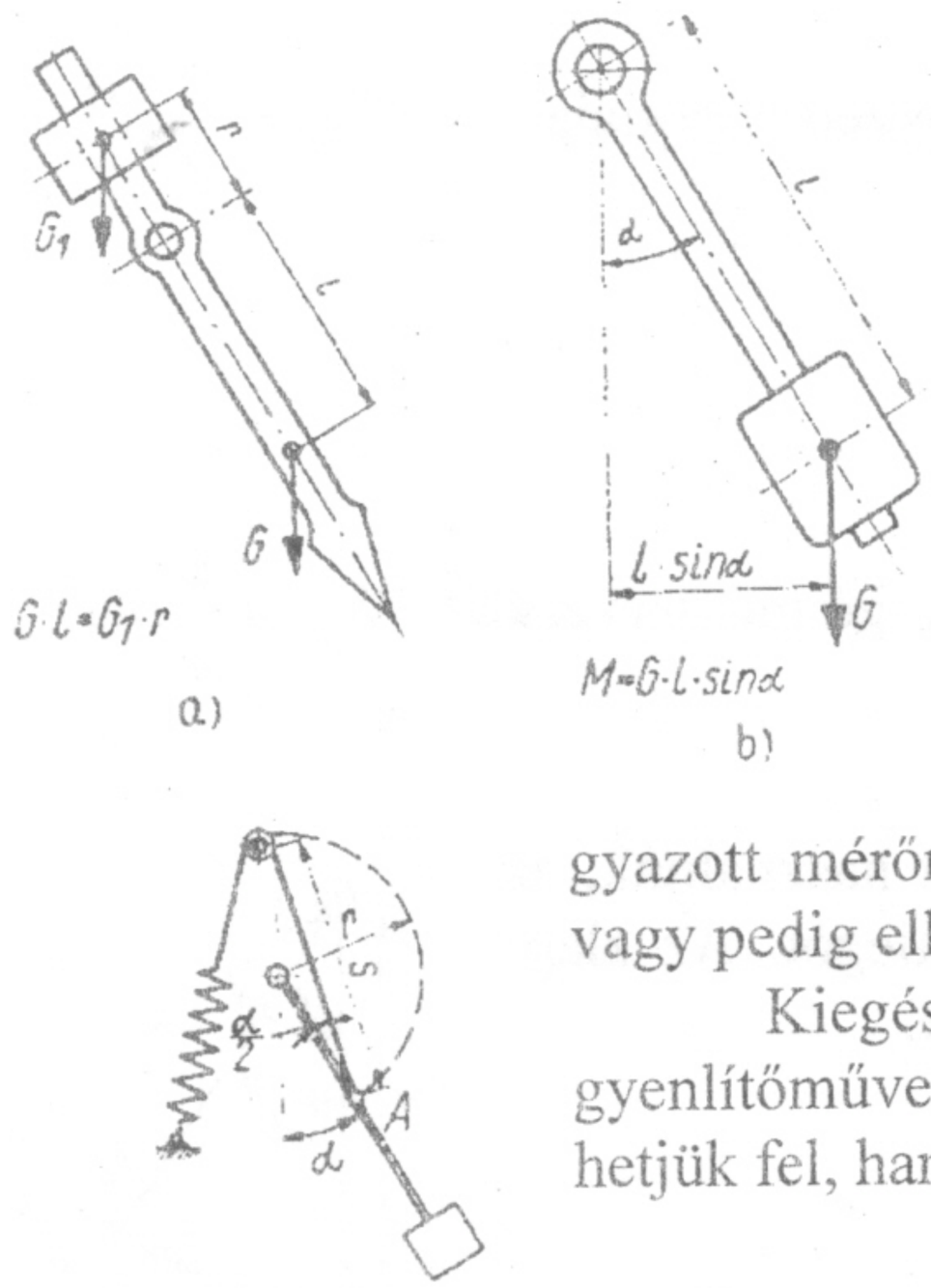
5.2. Hajtósúlyok

A finommechanikában tömör G testeket (súlyokat) is használunk energiatárolóként úgy, hogy a súlyokat a nehézségi erővel szemben „h" magasságra emeljük. Az emelés közben végzett $W = Gh$ nagyságú munkát a súlyok tárolják. Az így tárolt munka a súlyok süllyesztésekor futóművek, szánok stb. hajtására használható.

A hajtósúlyok **előnye** a rugós tárolókkal szemben *az állandó nagyságú erőhatás*, amelyet a súlyok egész elmozdulásuk alatt kifejtenek. Hajtósúlyok alkalmazásakor csak *kis súrlódási veszteséggel* kell számolni. A rugós szerkezetekkel szemben **hátrányuk**, *hogy függenek a helyzettől*, továbbá a szerkezet *nagy tömege* és a viszonylag *nagy helyszükséglet* (a súly pályájához). Ha ferde vagy vízszintes elmozdulásra van szükség, akkor az erő irányának megváltoztatására rendszerint húzóelemeket és görgőket használunk.

Hajtósúlyokkal állandó forgatónyomaték is előállítható, ha forgatható dobot vagy tárcsát és egy húzóelemet használunk. Például: súlyfelhúzású finomhajtóművek (órák). Ezen kívül a mérőműszerépítésben szívesen használunk tömör testeket kiegyenlítősúlyokként, amelyekkel vagy valamilyen csapágyazott mérőrendszert egyensúlyozunk ki (a ábra) vagy pedig ellennyomatékot hozunk létre. (b ábra)

Kiegészítőleg megjegyezzük, hogy a kiegyenlítőműveket nemcsak kiegyenlítősúlyokkal építhetjük fel, hanem húzórugók felhasználásával is.



5.18. ábra **Hajtósúlyok alkalmazása**
a) kiegyenlítő súlyként; b) ellennyomaték létrehozása

5.3. Dinamikus energiatárolók

A statikus energiatárolók mellett a műszer- és készüléképítésben dinamikus energiatárolókat is alkalmazunk. Az utóbbiaknál energia-átalakítókat és kinetikus energiatárolókat különböztetünk meg.

Az energia-átalakítókban a helyzeti energia mozgási energiává és ez ismét helyzeti energiává stb. alakul át. A kinetikus energiatárolókban energia-átalakulás nem történik.

Minden dinamikus tárolóra érvényes az energia-megmaradás elve

$$W_h + W_m = \text{állandó}$$

W_h helyzeti energia meghatározása:

Valamely tömeg helyzeti energiája mélyebben fekvő síkhoz képest

$W_h = mgh$

Húzott, nyomott vagy hajlított rugó helyzeti energiája : $W_h = \frac{1}{2}cf^2$

Torziós rugó esetén: $W_h = \frac{1}{2}c\alpha^2$

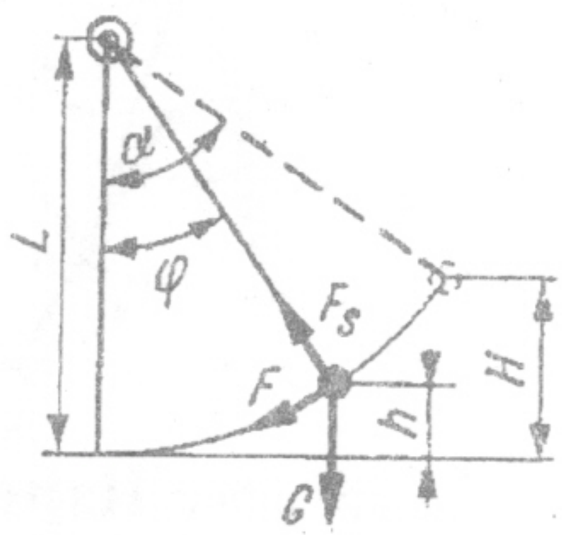
W_m mozgási energia meghatározása:

Haladó mozgás esetén: $W_m = \frac{1}{2}mv^2$, forgó mozgás esetén: $W_m = \frac{1}{2}\Theta\omega^2$

5.31. Energiaátalakítók

Gyakorlatilag két energiaátalakítót használunk, az ingát és a spirálrugóval kombinált billegőt. Az alapegyenletek mindkét esetben érvényesek.

- *Matematikai inga (5.19. ábra)*



5.19. ábra

Az ábrában használt jelölések:

F - a tömegpontra ható pályairányú erő,

F_S - a felfüggesztőszálra ható erő,

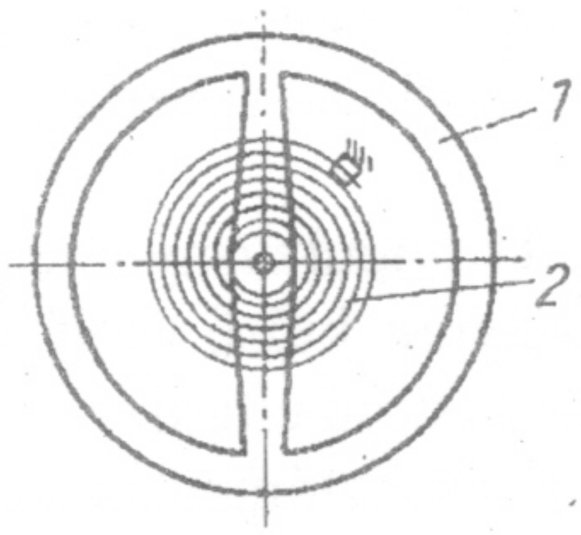
H - a maximális löket,

Az erők:

$F = G\sin\varphi$, $F_S = G\cos\varphi$

Az energiaegyenlet: $GH = Gh + 1/2\ mv^2$

A pillanatnyi sebesség: $v = \sqrt{2g(H-h)}$; lengésidő: $T = 2\Pi\sqrt{\frac{l}{g}}$



5.20. ábra **Spirálrugós billegő**
1 – spirálrugó, 2 - billegő

A *billegő* küllőkkel és aggyal ellátott billegőkerékből és többnyire spirálrugóból áll. Eredő tehetetlenségi nyomatéka legyen „Θ", amelynek értékét a bonyolult alak miatt általában mérik.

Az energiaegyenlet a következő:

$$\frac{1}{2}c\alpha^2 = \frac{1}{2}c\varphi^2 + \frac{1}{2}\Theta\omega^2$$

α - az amplitúdó
φ - lengési szög
φ $\varphi'=\omega$ a pillanatnyi szögsebesség

A szögsebesség pillanatértéke: $\omega = \sqrt{\frac{c(\alpha^2 - \varphi^2)}{\Theta}}$

A lengésidő: $T = 2\Pi\sqrt{\frac{\Theta}{c}}$

5.4. A kinetikus energiatárolók

A kinetikus energiatárolókat, vagy mint lendítőtömegeket, vagy pedig mint pörgettyűket használjuk.

5.4.1. Lendítőtömeg

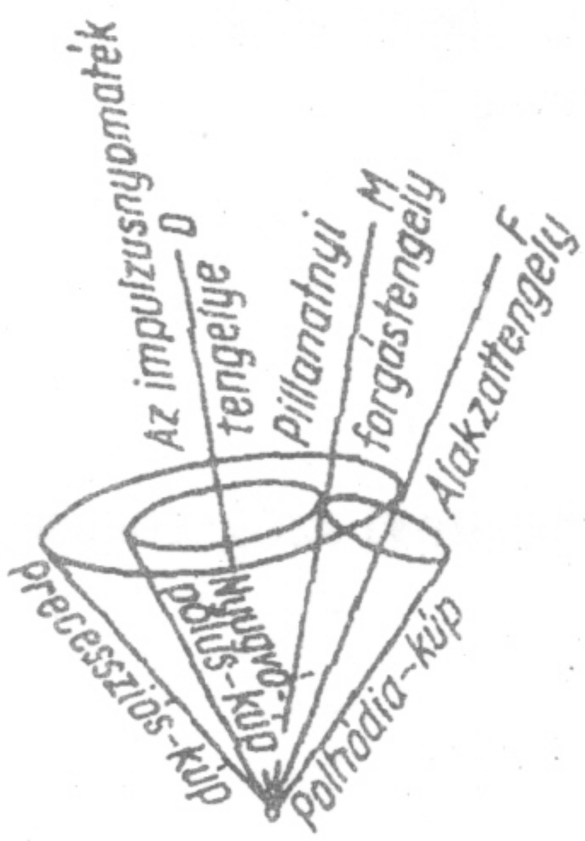
A lendítőtömegek, mozgások nagymértékű egyenletességének biztosítására, ill. kedvezőtlen hajtómű helyzetek (pl. tolóforgattyús hajtómű holthelyzete) leküzdésére alkalmasak.

Általában lendítőtárcsákat használnak, amelyekkel kis tömegfelhasználás mellett nagy tehetetlenségi nyomatékot lehet elérni (a tömeg legnagyobb részét a lehetséges legnagyobb sugáron helyezik el.

5.4.2. Pörgettyű

Ha egy forgástestet (az ábrán nem ábrázoltuk) a fő tehetetlenségi tengelye (alakzattengely F) körül egyenletes ω szögsebességgel megforgatunk és S súlypontban teljesen szabadon elforgathatóan alátámasztjuk, akkor a forgástest egy azonos forgásirányú járulékos impulzusnyomaték hatására az F alakzattengely az impulzusnyomaték tengelye (= D precessziós tengely) körül kúppaláston forog ω_p szögsebességgel, miközben a precessziós tengely szintén mozog a térben. Ha a pörgettyűre mozgás közben külső erő nem hat, akkor az im-

pulzusnyomaték állandó marad és az impulzusnyomaték tengelyének D térbeli helyzete nem változik (l. 3.73, ábra, erőmentes pörgettyű). A pörgettyű eredő mozgása az M pillanatnyi forgástengely körül történik. A mozgás sebessége a két forgássebességből tevődik össze.



5.21. ábra **Erőmentes pörgettyű mozgása**

Ha az F alakzattengely és a D impulzusnyomaték tengelye egybeesik, és pörgettyűre külső erők továbbra sem hatnak, akkor a precesszió eltűnik.

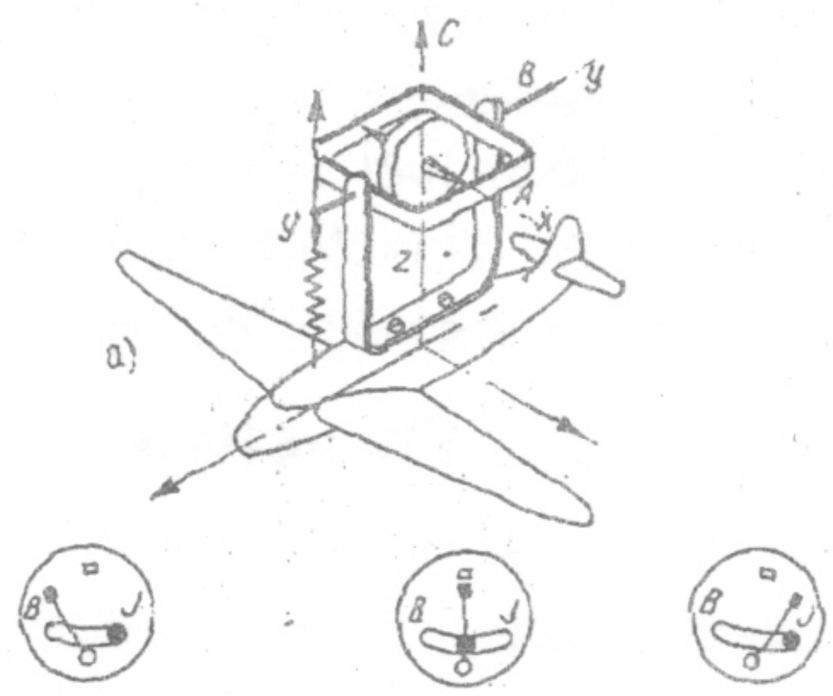
Ha egy megelőzően precessziómentes pörgettyűt precessziós mozgásra kényszerítenek, akkor viszont pörgettyűnyomaték keletkezik

A pörgettyűtengely ω_p szögsebességgel eredeti helyzetéből kimozdul. A pörgettyű precesszsiós mozgást végez. A külső erő hatásvonala gyakran merőlegesen az F alakzattengelyen keresztül halad. Az M nyomatékvektor ugyancsak merőleges az F alakzattengelyre. Következésképpen megváltozik az impuzusnyomaték tengelyének az irány, de nem változik meg az impulzusnyomaték értéke. Az F pörgettyű tengely a külső erőre merőlegesen tér ki.

A nagy szögsebességű (20 000 f /min) szimmetrikus pörgettyűt *gyors pörgettyűnek* nevezzük. Ezeknek nagy az alakzattengely térbeli helyzetének változásával szembeni ellenálló képességük, tehát nagy a dinamikus stabilitásuk, amelyet a pörgettyűnek vezérlőkészülékként való alkalmazásában használunk ki : például pörgettyűs iránytű, elfordulás jelző, mesterséges horizont.

Elfordulás- és helyzetjelző pörgettyű (*5.22. ábra*)

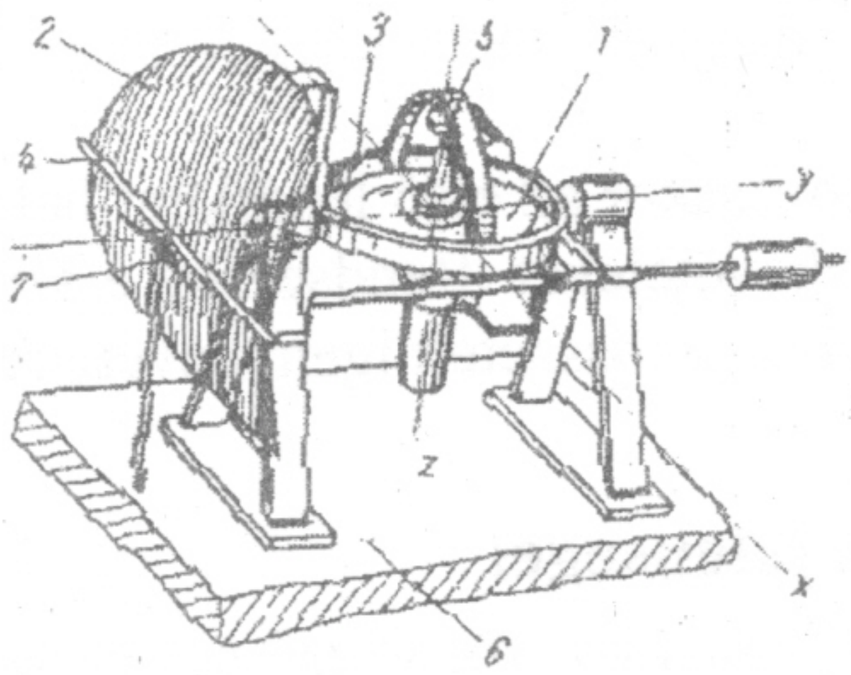
Egy kardánfelfüggesztésben rögzített, súlypontjában alátámasztott pörgettyű az állvány z-tengelye körüli elfordulására az y-tengely körül precessziós mozgást végez. Minél nagyobb az állvány elfordulási sebességre (a repülőgép elfordulási sebessége), annál nagyobb a kitérés. A kijelzés irányfüggő. A Drexler-féle elfordulásjelzőben egy libellát (üvegcsövecske golyóval) használnak a repülőgép helyzetének ellenőrzésére (*5.22.ábra* lent).



5.22. ábra

A mesterséges horizont (*5.23. ábra*).

A mesterséges repülőgép-horizont egy minden irányban foroghatóan felfüggesztett 1 ingás pörgettyű, amelynek z alakzattengelye mindig függőleges marad. Ha a repülőgép az x keresztengelye körül elfordul, akkor a 3 külső kardángyűrűvel összekötött hajlított tárcsán levő 2 erővonalalak függőlegesek maradnak. Ha a repülőgép az y hossztengelye körül fordul el, akkor a 4 horizontmutató mindig vízszintes marad. Egy a 6 belső házzal és így a repülőgéppel összekötött kis 7 repülőgépábrának a 2 függőleges vonalakhoz és a 4 horizontmutatóhoz viszonyított helyzetéből a repülőgép dőlése megállapítható.



Repülőgép mesterséges horizontja
1 pörgettyű; *2* függőleges vonalak; *3* külső kardángyűrű; *4* horizontmutató; *5* belső kardángyűrű; *6* ház; *7* repülőgépábra

5.23. ábra

6. Vezető elemek

A vezető elemek rendeltetése az, hogy a lehető legkisebb veszteséggel származtassák át a mechanikai mennyiségeket, pl. az utat, sebességet, gyorsulást, forgatónyomatékot, teljesítményt, stb. Ezért különös gondot kell fordítanunk ezeknek a működtető elemeknek a csapágyazására. A tárgyalásra kerülő anyagot a forgó és haladó mozgáskor alkalmazható csapágyazási elemekre, valamint a tulajdonképpeni vezető elemekre, a tengelyekre osztjuk fel.

6.1. Tengelyek

A tengelyek, mint vezető elemek rendszerint forgató nyomaték átvitelére használatosak. A tengelyek felhasználási módjuk szerint lehetnek:

- forgó tengelyek, amelyek többnyire körforgást végző, tetszőleges keresztmetszetű vezető elemek. A külső erők következtében hajlításra és az átvitendő forgatónyomat következtében csavarásra vannak igénybevéve,
- álló tengelyek, amelyek rögzített vagy néha forgást is végző olyan tetszőleges keresztmetszetű vezető elemek, amelyek veszteségi nyomatékon kívül (csapágysúrlódás) nem származtatnak át forgatónyomatékot hanem csak hajlító igénybevételt szenvednek a külső erők következtében.

6.1.1. Tengelyek szilárdsági méretezése

A tengelyek méretezésénél a terhelésből kiindulva határozzák meg a „d" legkisebb átmérőt a σ_{meg}, ill. τ_{meg} értékének figyelembevételével. A megengedett feszültségek a szerkezeti anyagtól függnek, mely értékek szilárdsági táblázatokban találhatók.

A keresztmetszeti méretek meghatározásakor az első lépésként határozzuk meg a terhelő erőket, valamint az igénybevételeket. Rendszerint a szilárdságtanban tanultak szerint hajlításra, csavarásra ill. összetett igénybevételre kell méretezni.

6.1.2. Forgótengelyek kritikus jelenségei

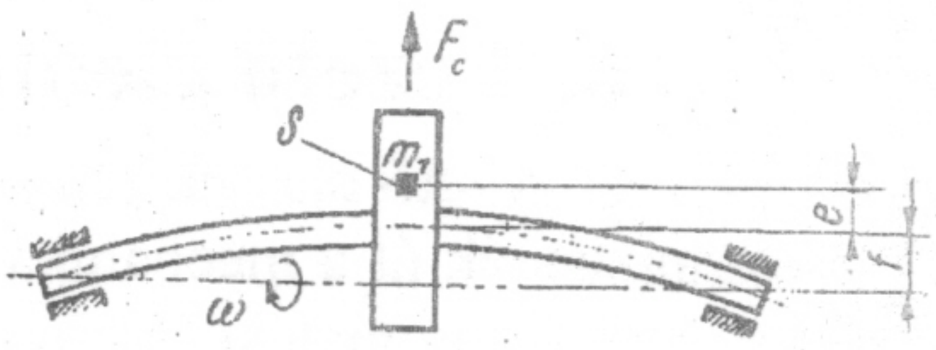
A forgó tengelyek nagymértékű deformációra, sőt végső soron törésre hajlamosak, az ú.n. kritikus fordulatszám elérésekor. Kritikus fordulatszámnak nevezzük, ha a fordulatszám megegyezik a tengely saját lengésszámával. Ha a tengely olyan m_l tömeget hordoz, amelynek 'S' súlypontja 'e' távolságra van a tengely középvonalától, akkor az 'F_c' centrifugális erő behajlást okoz (*6.1 ábra*).

A centrifugális erővel egyensúlyt tart a tengely c·f rugóereje,

$$m_1\omega^2(e+f) = c\cdot f \qquad (6.1)$$

ahol 'c' a tengely rugóállandója

$$\text{Így } f = e\frac{m_1\varpi^2}{c - m_1\varpi^2} \qquad (6.2)$$

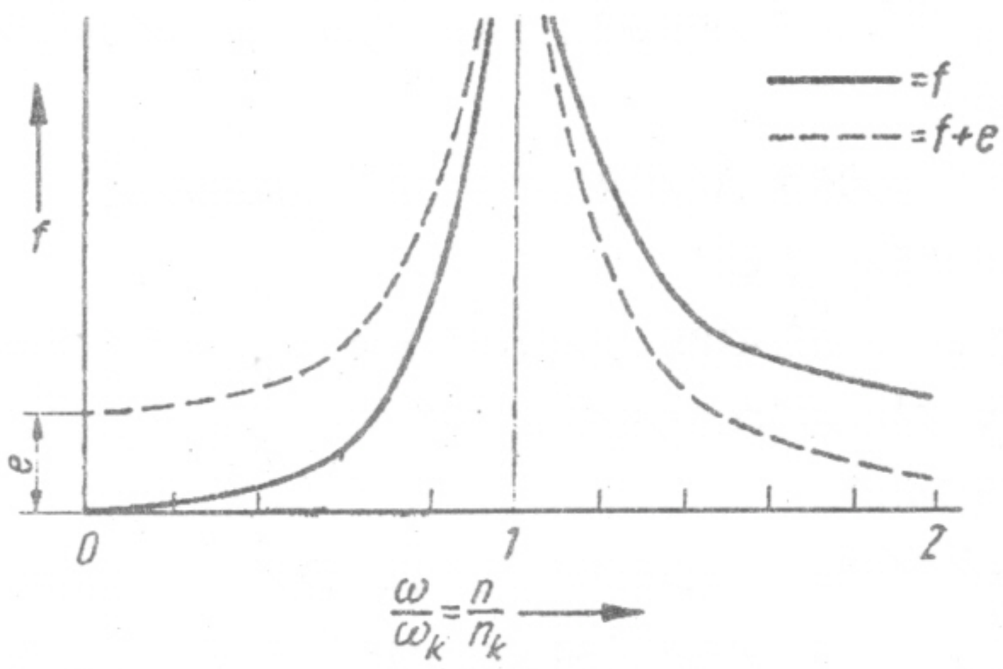


6.1. ábra

Csillapítatlan lengéseknél a saját lengés egyenlő a kritikus szögsebességgel

$$\omega_0 = \omega_k \qquad \text{ennélfogva } \omega_k^2 = \frac{c}{m_1} \quad (6.3)$$

A (6.2) egyenlet felírható $f = e\dfrac{\left(\dfrac{\omega}{\omega_k}\right)^2}{1-\left(\dfrac{\omega}{\omega_k}\right)^2}$ (6.4) alakban.



6.2. ábra

Ha $\omega = \omega_k$, akkor $f = \infty$ és ezáltal rezonancia lép fel. Az a körülmény, hogy a forgótengely behajlása és 'S' súlypontjának (e+f) távolsága az ω / ω_k viszonyszámtól függ, felismerhető abból, hogy a tengely a kritikus fordulatszám túlhaladása után nyugodtabban jár. (*6.2. ábra*)

A tengely n_k kritikus fordulatszámát a következő tapasztalati képlet alapján határozhatjuk meg:

$$n_k = 300 \cdot K \cdot \sqrt{\frac{1}{f}} \qquad (6.5)$$

ahol 'f' a statikus behajlás.

'K' csapágyazási tényező, melynek értékei:
1 - szabadon felfekvő tengelyekre; 1.3- kétoldalt befogott tengelyekre;
0.9 – egy oldalon felfekvő tengelyekre

6.2. Csapágyak

A csapágyak mozgó alkatrészek kiszámítására szolgálnak, mégpedig úgy, hogy a minimális súrlódással, minél nagyobb futáspontossággal biztosítsa a helyes működést. A csapágyakban a mozgó alkatrészek között elkerülhetetlen súrlódás kétféleképpen jelentkezik: siklásként vagy gördülésként.

6.2.1. Siklócsapágyak

A megfelelően kent siklócsapágyak érzéketlenek lökések és rezgések iránt, majdnem zajtalanok, a zajt csillapítják, kisebb szennyeződésre sem érzékenyek. Kivitelük egyszerű, külső átmérőjük viszonylag kicsi. Készülhetnek durva illesztéssel és osztott kivitelben.

Hátrányuk a leéleződésre való hajlamosságuk. Azonkívül indulási ellenállásuk nagyobb, mint üzemelési ellenállásuk és a csap súrlódási tényezője nagyobb, mint a gördülő csapágyaknál. Ezáltal nagyobb bennük a hőfejlődés. Végezetül viszonylag magas ráfordítást igényelnek mind a karbantartás, mind a kenés terén.

Valamely szilárd alapon csúszva elmozduló test elmozdulásával szembeli ellenállásának nagysága függ a normális erőtől és a súrlódási tényezőtől. A súrlódási tényezőt befolyásolja: a párosított szerkezeti anyagok, a felület minősége (érdességi mélység), a kenőanyag fajtája (olaj, zsír, szilárd kenőanyag), a

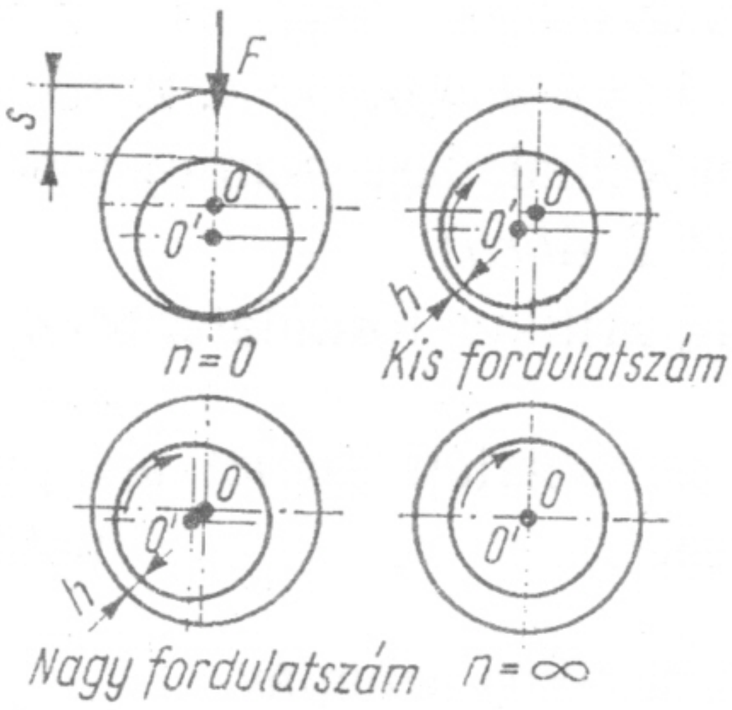
kenőanyag állapota (hőmérséklete, elöregedése, viszkozitása), a siklási sebesség (amely meghatározza a súrlódási állapotot), a felületi nyomás (a súrlódási állapottól függően) és a csapágy kialakítása.

Súrlódási állapotok: 'A' a szilárd test súrlódása (nyugalmi súrlódás) ha szilárd testek érintkeznek

'B' a vegyes súrlódás. Kenőfilm ugyan jelen van, de helyenként megszakított és ott a szilárd testek érintkeznek.

'C' a határsúrlódás. Szilárd testek közt érintkezés már nincsen, a kenőfilm minimális vastagságú.

'D' a folyadéksúrlódás. A kenőfilm vastagsága meghaladja a minimális értéket.



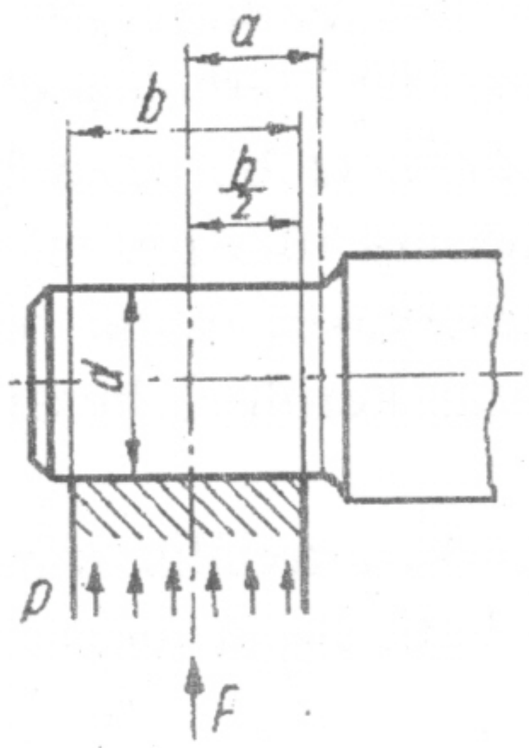
6.3. ábra **A csap vándorlása**

Az A... D négy súrlódási állapot a radiális csapágy indulásakor egymásután következik be. Először n = 0 esetén száraz súrlódás van. (*6.3. ábra*) A csap *O'* forgási középvonala az 's' csapágyjáték felével távolodott el a csapágy *O* középvonalától a terhelés irányában. Kisebb fordulatszámon a vegyes és a határsúrlódási tartomány jön létre. A fordulatszám növekedésével az *O'* megváltoztatja helyét az *O* körül írt félkörön azáltal, hogy kenőék jön létre. Nagy fordulatszámokon a kenő résben folyadéksúrlódás érvényesül.

A siklócsapágyak alaptípusa a forgó vagy álló tengely csapjaihoz (a futáspontos mozgás biztosításához) szükséges furat mérettűréssel készülő persely. Ezek a perselyek lehetnek működés közben kent vagy száraz csapágyak, valamint mozgásukat tekintve radiális és axiális elrendezésűek. A csap keményebb anyagból készül, mint a csapágypersely.

A csapágy köpenyének anyagára a követelmények a következők: nagy szilárdság, kis hajlamosság az acéllal szembeni berágódásra, jó hővezető képesség, kis hőtágulási tényező, a kenőanyag jó tapadóképessége. Ezért csapágy készítéshez a következő anyagokat célszerű alkalmazni: *alárendelt* acélokra szürkeöntvényt; *kisebb terheléshez* rézötvözetet, alumíniumötvözetet, horganyötvözetet, műszenet, gumit ; *közepes terhelésekhez* ólombronzot, műanyagot, öntőgyantát szilíciumkarbiddal; *nagy terhelésekhez* ón- és ólomötvözeteket, melyeknél a lágy alapmasszában kemény hordozókristályok vannak, a legkisebb csapágyakhoz.ezüstötvözeteket, kadmiumötvözeteket, drágaköveket és keményfémeket. A csapágyak terhelhetőségét a kenés módja is befolyásolja.

6.2.1.1. Radiális hengeres siklócsapágyak



6.4. ábra

A hengeres csapágyakat terhelő felületi nyomás középértéke: $p_k = \frac{F}{b \cdot d}$ (6.5)

A b/d viszonyt az élnyomásra való tekintettel $0{,}3 < b/d < 1{,}25$ szerint kell megválasztanunk.

Hajlítónyomaték meghatározása:

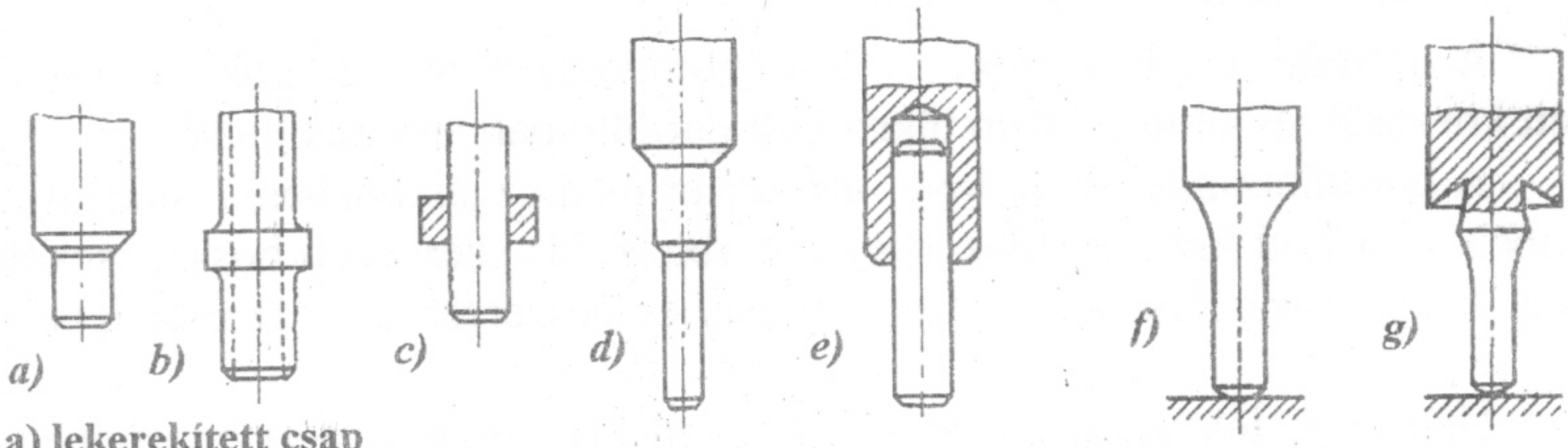
$M_h = F \cdot a \leq K_h \cdot \sigma_{meg}$ (6.6)

Csap átmérő meghatározása az (6.6)összefüggésből:

$$d = \sqrt{\frac{32 \cdot F \cdot a}{\Pi \cdot \sigma_{meg}}} \qquad (6.7)$$

A szerkesztésnél ügyelni kell arra, hogy a keményebb sikló felület /csap/ a csapágy lágyabb anyagának felületét mindkét oldalon túlhaladja, mert a csap különben berágódik a csapágy anyagába.

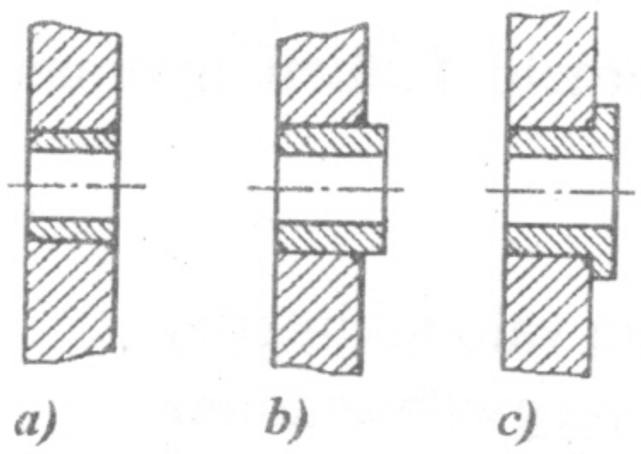
A csap kialakítását finommechanikai szerkezetekben nagyobb terhelések /erő, fordulatszám/ esetén kenéstechnikai és szilárdsági szempontból kell méretezni. Könnyebb üzemi viszonyok esetén csak szilárdsági szempontból méretezzük. Miniatűr csapágyaknál a gyártástechnológia és a szerelhetőség, valamint a szállíthatóság határozza meg a csap szokásos méreteit és alakjait. Az *6.5. ábra* különböző finommechanikában használatos csap kialakításokat mutat.



a) lekerekített csap
b) üreges csap vállal
c) csap más anyagból készült vállal
d) csap lekerekített átvezetéssel
e) csap tengelybe beeresztve
f) egyszerű trombita csap
g) trombita csap beszúrt olajzárral

6.5. ábra **Csapok axiális biztosítása**

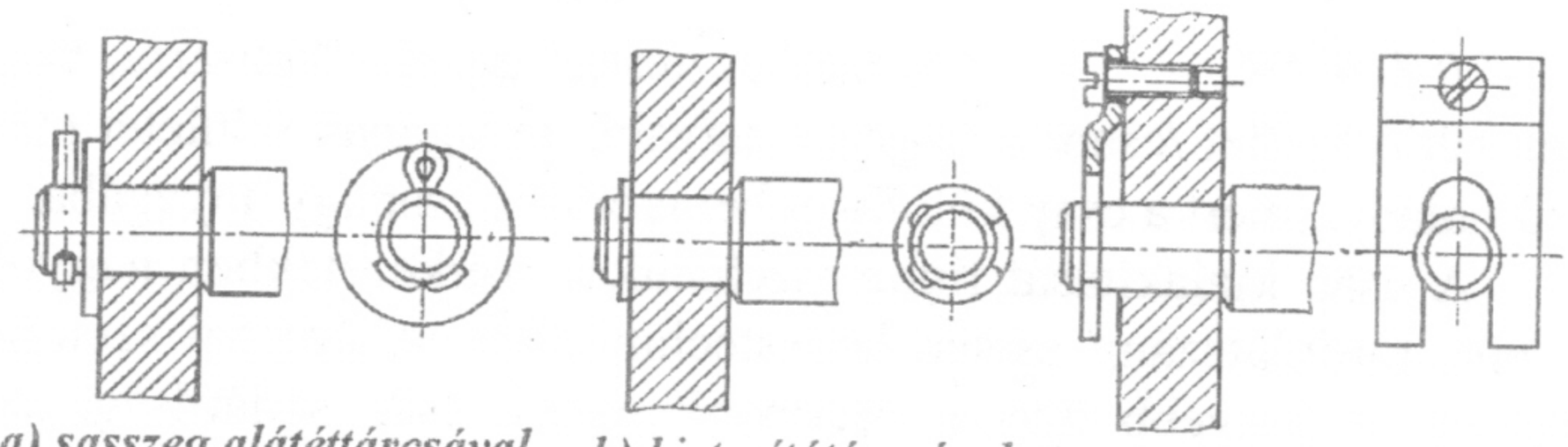
Csapágy kialakítása



6.6. ábra **Egyszerű csapágyperselyek**

Kis követelményekhez egyszerű, fúrt (nem perselyezett) ágy kialakítást alkalmazunk. A perselyezett csapágyak nagyobb terhelésekhez szükségesek, vagy ha a csapágyaz hordozó ház fala a csapágy furat kialakítására túlságosan vékony. Egyszerű csapágy perselyeket mutat be a *6.6. ábra*. A perselyek axiálisan kerülnek besajtolásra.

A csapokat a csapágyperselyben axiális irányú elmozdulás ellen biztosítani kell. Ilyen megoldásokat ábrázol a 6.7. ábra.



a) sasszeg alátéttárcsával *b) biztosítótárcsával* *c) villás lemezzel*

6.7. ábra **Axiális biztosítás**

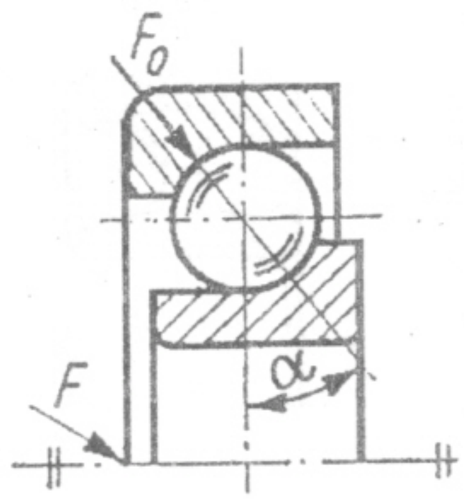
6.2.2. Gördülőcsapágyak

A gördülő testek (golyók, görgők, hordóhörgők, kúpgörgők, tűgörgők) edzett köszörült és adott esetben tükrösített gördülő pályán mozognak.

A gördülőcsapágyak előnye: indításkor és mozgás közben a mozgással szemben tanúsított kis ellenállás, nagy teherbírás, kis szerkezeti hossz, csekély tömeg, kis karbantartási igény, kevés kopás és beszerelésre kész csapágyelemek.

Hátránya: lökésekkel szemben érzékeny (különösen álló helyzetben), üzem közben zajos.

A golyóscsapágyakban a gördülő test és a gördülő pálya közötti érintkezés folytán a Hertz-féle benyomódási felületen (elméleti pontérintkezés) nagy az anyag fajlagos terhelése. Ez a fajlagos terhelés azonban a hordógörgős, hengergörgős és kúpgörgős csapágyaknál a vonalérintkezés következtében kisebb. A terhelés az egyik gördülő pályáról (gyűrűről) a gördülő testen át a másik gördülő pályára (gyűrűre) az F_o erő hatásvonalában adódik át. Ez a csapágy radiális síkjával az α hatásszöget zárja be (*6.8. ábra*) ($\alpha = 0°$ hornyolt golyóscsapágynál, $\alpha = 90°$ az axiális hornyolt).

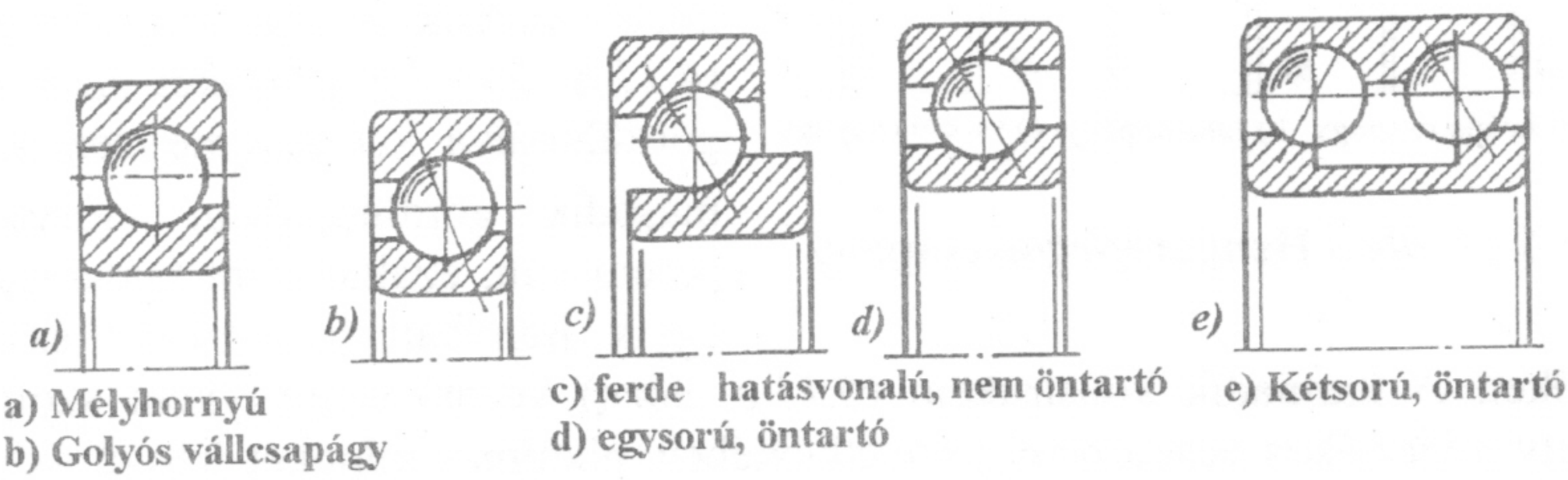


6.8. ábra

6.2.2.1. Radiális gördülőcsapágyak

A radiális csapágyak elsősorban a tengelyirányra merőleges erőket veszik fel (hordcsapágyak). Radiális csapágyakat az alkalmazásra kerülő gördülő testek alapján golyóscsapágyakra és gördülőcsapágyakra osztjuk fel.

a) golyóscsapágyak

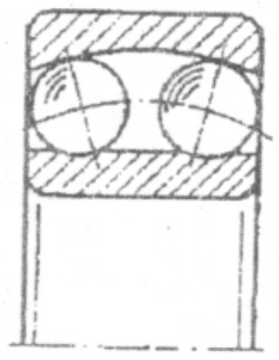


8.9. ábra **Golyóscsapágyak**

A *mélyhornyú golyóscsapágyak* mindkét gördülőgyűrűjén olyan futóhornyok vannak, amelyek sugara kissé nagyobb, mint a golyók sugara (*6.9.a ábra*). A golyók egymáshoz viszonyított helyzetét kosár biztosítja. A kosár készülhet acélból, réz- vagy alumíniumötvözetből, ill. műanyagból. A legkisebb miniatűr csapágy furata d = 1 mm, szélessége b = 1 mm, míg a külső átmérője 3 mm.

A golyós vállcsapágyak (*6.9.b. ábra*) ugyanúgy belső gyűrűvel készülnek, mint a mélyhornyú golyóscsapágyak. A külső gyűrű viszont csak egy kör alakú horonyszelvényű vállat kap, ez a profil a horony közepétől hengeres gördülő pályaként halad. A golyós vállcsapágyak csak párosával építhetők be, ezáltal az axiális játék beállítható.

Ferde hatásvonalú golyóscsapágyak jobban alkalmazhatók axiális erők átszármaztatására, mint a vállas golyóscsapágyak. A nyomási szög $\alpha \geq 20°$. A külső gyűrűn vállal kialakított futóhorony, a belső gyűrűn pedig olyan váll van, mint a vállas csapágy külső gyűrűjén (6.9.c. ábra). A csapágy nem öntartó. Egyéb ferde hatásvonalú golyóscsapágyak az öntartó csapágyak (*6.9.d. ábra*) és a kétsoros csapágyak (*6.9.e. ábra*).

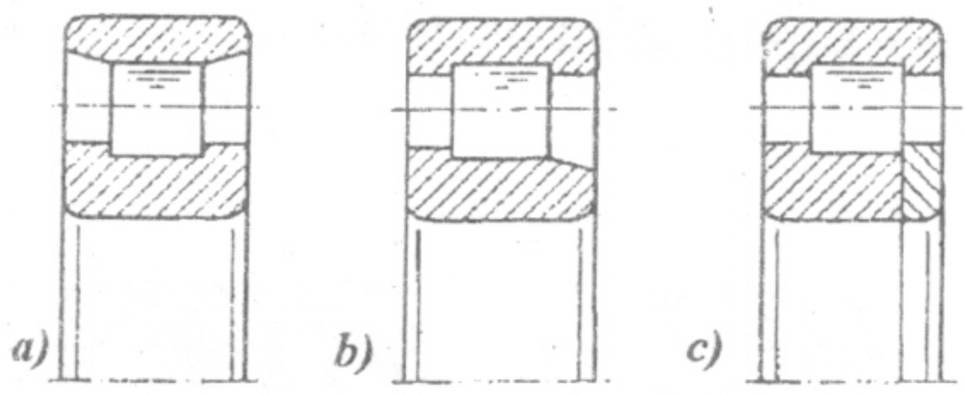


6.10. ábra

Önbeállós golyóscsapágy külső gyűrűjén a gördülő pálya gömb alakú (*6.10. ábra*). A belső gyűrű furata lehet hengeres és kúpos.

b) Görgős csapágyak

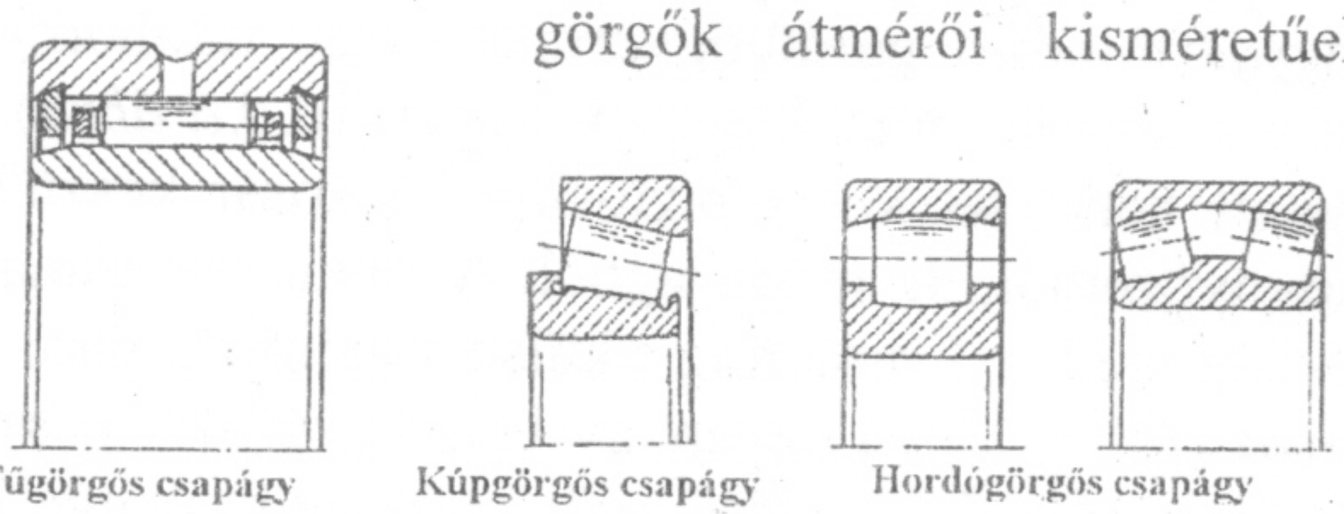
A hengergörgős csapágyak három típusa különböztethető meg. A beállító, mint laza csapágy fut, mivel nem képes axiális erőket átvinni. (*6.11.a. ábra*) A görgőket a belső gördülőpályagyűrű két pereme között vezetik. A második kivitelen (*6.11.b. ábra*) a görgőket szintén a gördülőpálya két pereme vezeti. A második gördülőpályán támasztóperem van, ezáltal mint támcsapágy egyik irányban felveszi az axiális erőket. A harmadik konstrukció (*6.11.c. ábra*) vezető csapágyként szolgál, mely a járulékos vezetőperem következtében. alkalmas mindkét irányú axiális erő felvételére.



a) beálló csapágy b) támcsapágy c) vezető csapágy

6.11. ábra **Hengergörgős csapágy**

Tűgörgős csapágyak a hengergörgős csapágyaktól abban különböznek, hogy a görgők átmérői kisméretűek. Ezáltal a csapágy is alacsony. Használják belső és külső gyűrűk nélkül is, amennyiben a tűket lazán, közvetlenül a tengely és a ház közé helyezik.



Tűgörgős csapágy Kúpgörgős csapágy Hordógörgős csapágy

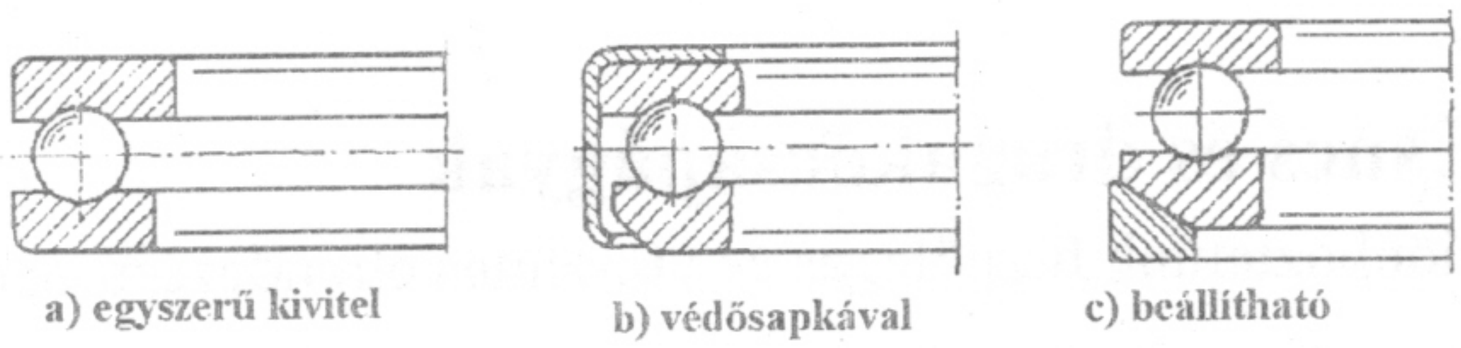
6.12. ábra

A Kúpgörgős csapágyak futógyűrűi kúposak, az axiális vezető erőket a belső gyűrű pereme veszi fel. Előnye, hogy axiális állíthatóságukkal a radiális játék rendkívül finoman szabályozható.

A Hordógörgős csapágyak külső gyűrűjén a gördülő pálya gömbüreg alakú. Önbeálló csapágyként működik. Egy- és kétsoros kivitelben nehéz, lökésszerű üzemhez jól alkalmazható.

6.2.2.2. Axiális gördülőcsapágyak

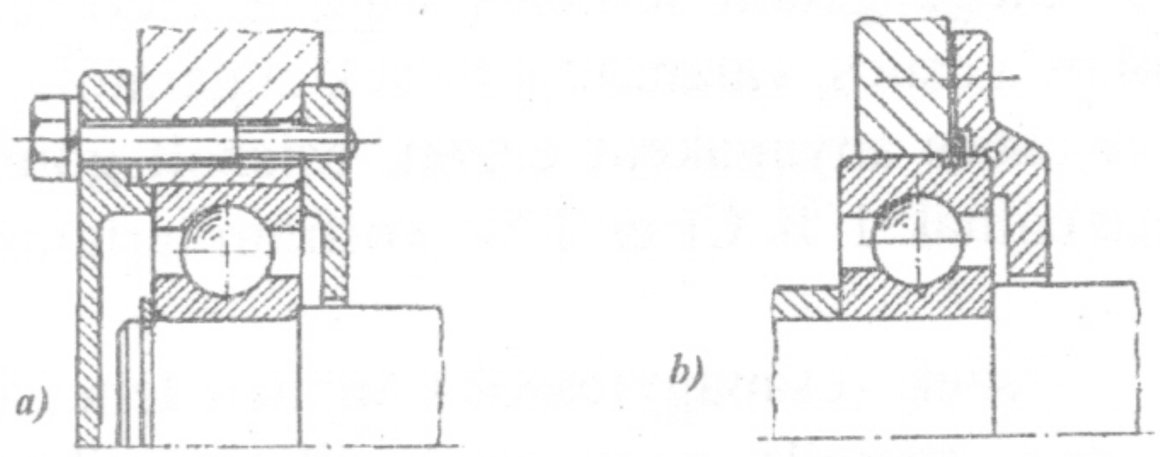
Az axiális gördülőcsapágyak elsősorban tengelyirányban ható erőket vesznek fel. A gördülőelemek azonosak a radiális csapágyaknál ismertetettekkel.



6.13. ábra **Egyfelé ható axiális golyóscsapágy**

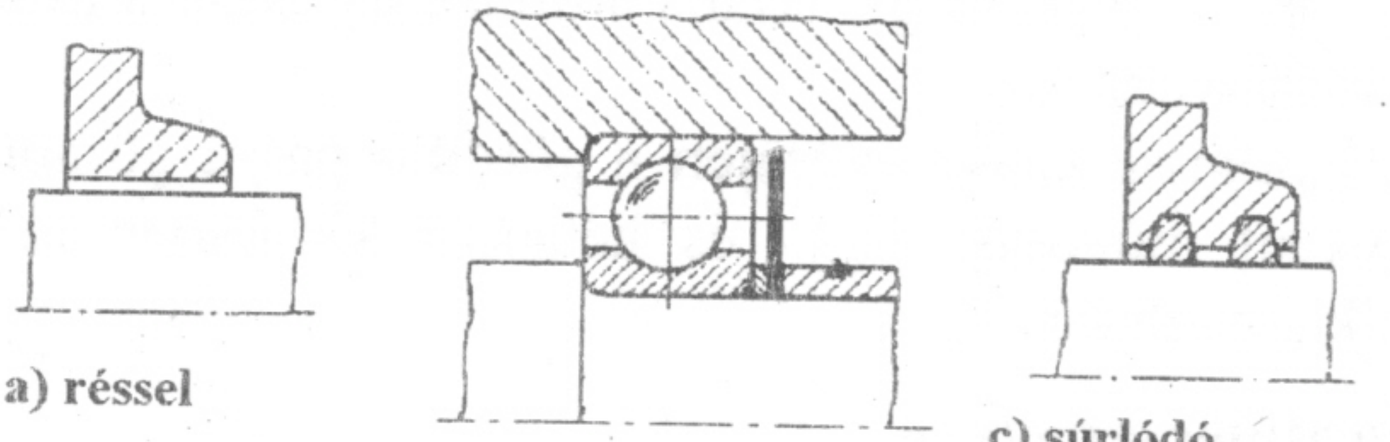
A ház és a tengely illesztését a mindenkori csapágytípusra vonatkoztatva a katalógusokból vehetjük ki. Ugyanez áll a méret és az alak pontosságra.

Valamely forgó rendszernek két vagy több gördülőcsapággyal megoldott ágyzásánál csak az egyik csapágy lehet rögzítve, a többi gördülőcsapágynak axiálisan elmozdítható laza csapágynak kell lennie. A radiális csapágy axiális irányú rögzítése a rögzített csapágynál egyértelmű legyen. Ez végezhető a belső gyűrűnek a tengelyre való felsajtolásával, vagy megoldható csavaros rögzítéssel, ill. feszítőgyűrűvel. (*6.14.* ábra)



6.14. ábra **Axiális golyóscsapágy rögzítése a) házhoz csavarozva; b)feszítőgyűrű előfeszítéssel**

A kenőanyag kilépésének és a por behatolásának megakadályozására nem súrlódó tömítésként többnyire elegendő a tengely kimenetén egy szűk hézag, (*6.15.a. ábra*) amelyben a furat felőli oldalon még hornyok lehetnek. Hasonló eredménnyel jár, ha a tengelyen vagy a házban porvédő tárcsákat alkalmaznak. (*6.15.b. ábra*) Súrlódó tömítést szemléltet a *6.15.c.* ábra.



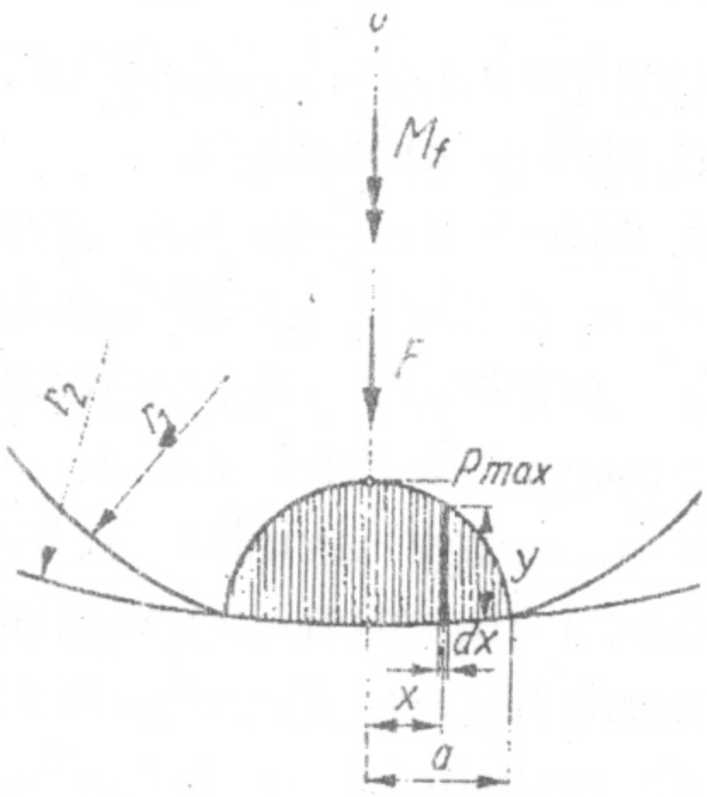
6.15. ábra

6.3. Csúcs és drágakőcsapágyak

Megkülönböztetünk függőleges és vízszintes elrendezésű csapágyazást.

Függőleges tengelyelrendezés

A függőleges elrendezésű csúcságyazást érzékeny, mozgó rendszerek nagyon kis súrlódású sikló ágyazásakor alkalmazzák. A súrlódási nyomaték nagyságát a felületi nyomás elméleti eloszlása határozza meg a nyomott felület mentén.



6.16. ábra **A felületi nyomás eloszlása a csúcson**

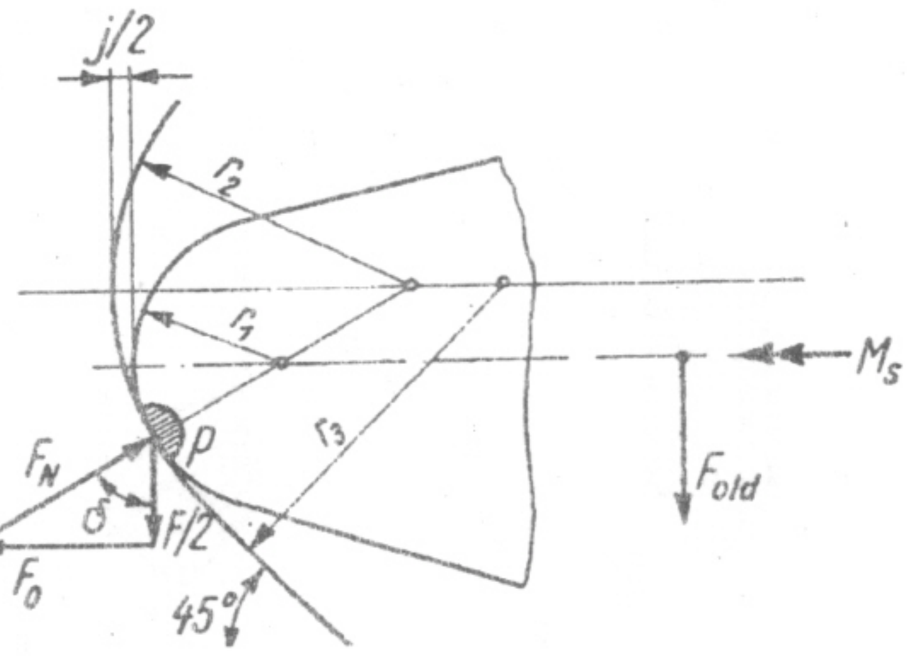
A megengedett terhelés függ a szerkezeti anyagtól és a csúcs, valamint a fészek sugarától.

A csúcs anyagaként edzett, csiszolt gömbacélt használnak 1 % Cr és 1 % wolfram tartalommal.

A fészek (csapágyfészek) anyaga lehet kő (achát, zafír, spinell), vagy réz-berillium, nikkel-berillium ötvözet.

A csúcs legyen lágyabb, mint a fészek, mivel a csúcs benyomódása (Hertz feszültség) kisebb súrlódásnövekedést okoz, mintha a csúcs bedolgozná magát a fészekbe. A megengedhető felületi nyomás általában csúcscsapágyaknál $p_{meg} \sim 3$ [GPa]

Vízszintes elrendezés



6.17. ábra **Vízszintes tengelyelrendezésű csúcságy erőjátéka**

A vízszintes csúcs-csapágyak terhelhetősége függ a csúcs és a gömbsüveg alakú ágy sugarának nagyságától; a tengely játékától és a normális erőtől. A tengely kotyogása a teljes axiális irányú csapágyjáték.

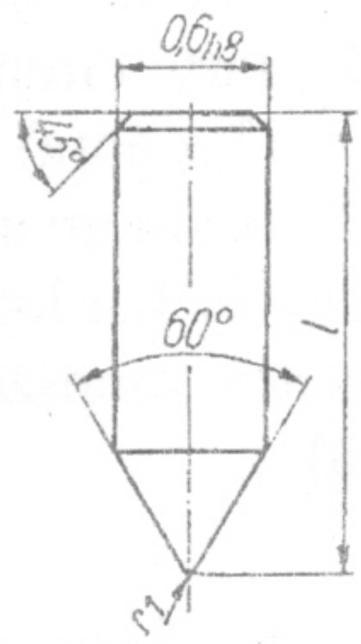
6.3.1. Csapágyfajták

a) üreges csapágytestekkel megoldott ágyazások

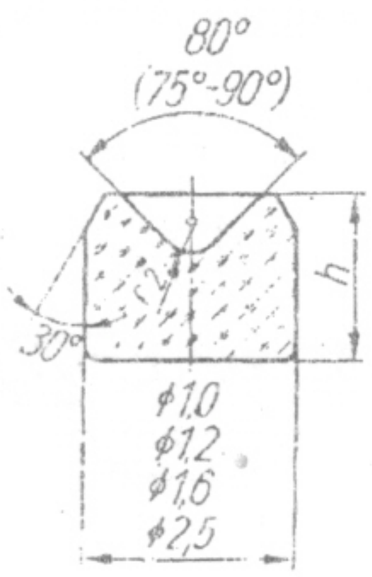
Az üreges csapágytestekkel megoldott csapággyal a rendszer megtámasztásához és vezetéséhez a csapágy elemei egyetlen helyen érintkeznek. Ezért ezt a megoldást egypontos csapágyazásnak is nevezzük. A műszeriparban a leggyakrabban használt a *6.18. ábrán* látható tengelycsúcsok.

l értékei: 1.6, 2.1, 3 mm

r_1 értékei: 15^{+5}, 20^{+5}, $30^{\pm5}$, $50^{\pm5}$, $80^{\pm10}$ [μm]



6.18. ábra **Tengelycsúcs**



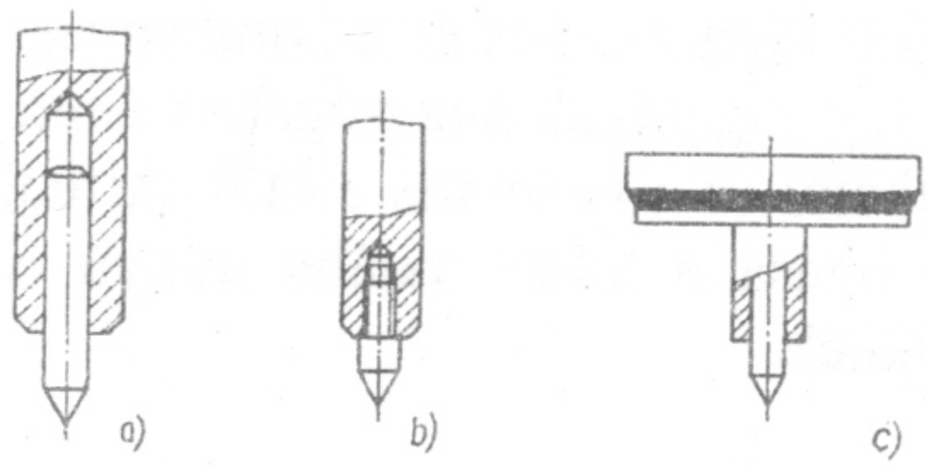
6.19. ábra **Kőágy**

A hozzátartozó kőágyat:

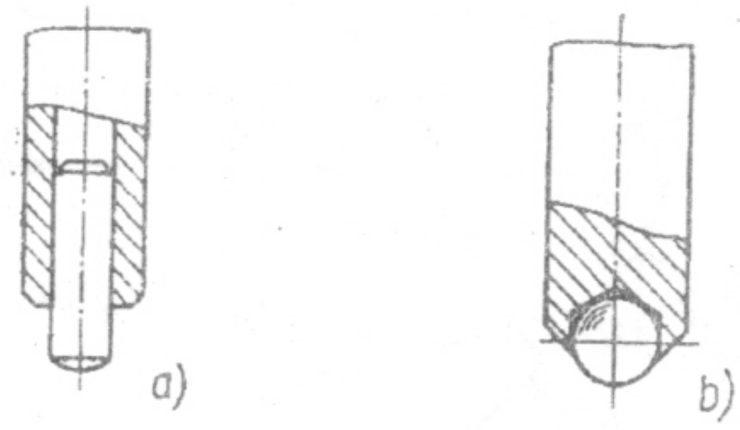
$r_2 = 40^{\pm10}$, 60^{+20}_{-10}, 100^{+30}_{-20}, 160^{+40}_{-30}, 250^{+70}_{-50}, 400^{+100}_{-80} [μm] gömbsüvegsugárral alakítják ki.

h = 0.8, 1.2, 1.6 mm

A tengelycsúsokat a tengelybe besajtolják, becsavarozzák vagy a csúcsot a tartójával együtt ráragasztják.



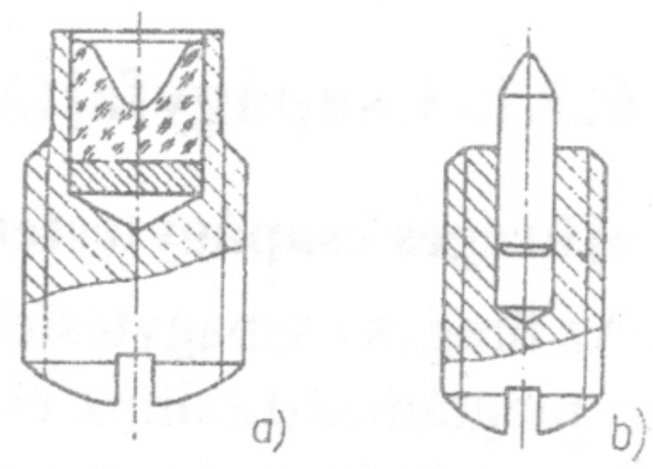
6.20. ábra **Tengelycsúcs megerősítése**
a)besajtolt, b) becsavart, c)ragasztott



6.21. ábra **Nagy legömbölyítési sugarú tengelycsúcsok**

Viszonylag nagy sugarú csúcsokhoz legömbölyített csapszeget vagy golyót használnak (*6.21. a* és *b* ábra).

A hernyócsavar alakban megoldott kőágytartó elrendezés (kő és alátét besajtolva *6.22.a* ábra) lehetővé teszi a tengely játékának finoman érzékelhető beállítását. Ha a tengely hordozza a követ, akkor a csúcsot menetes csapszegként képezik ki. (*6.22.b* ábra).



6.22. ábra **Csapágyak beállítható egységei**
a)becsavarható foglalat
b) becsavarható tengely

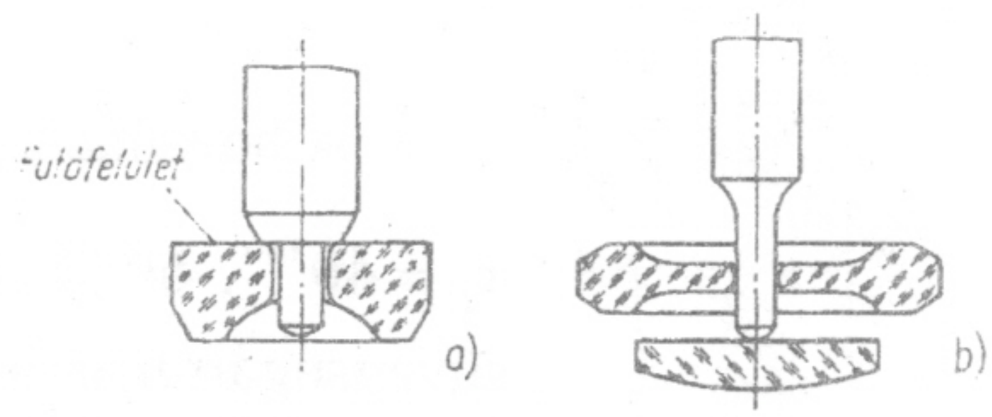
b.) Átfúrt csapágytestekkel megoldott ágyazások

A rendszer vezetését és megtámasztását két egymástól véges távolságban fekvő érintkezési hely veszi át. Ezek a lyukkőnél egyetlen csapágyelemként helyezkednek el:

- a kő sima oldala és a tengely homlokfelülete között,
- a kő furata és a tengely csapjai között. (a)

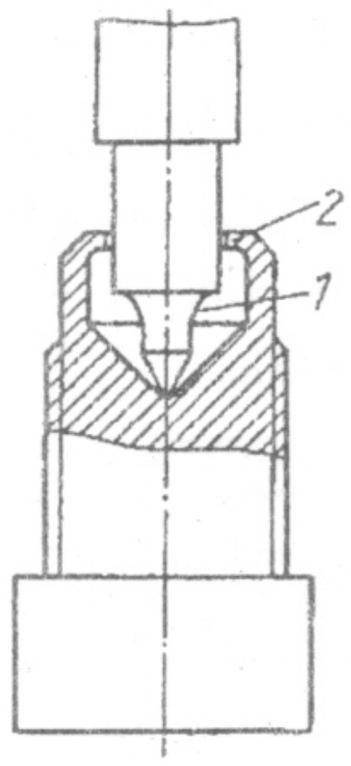
A kombinált, lyukká és fedőkő részekből álló szerkezeti elemnél:

- a kő furata és a tengely csapja,
- a csap kúpos homloka és fedőkő között /b ábra/.



6.23. ábra

6.3.2. Csapágyazási helyek kialakítása

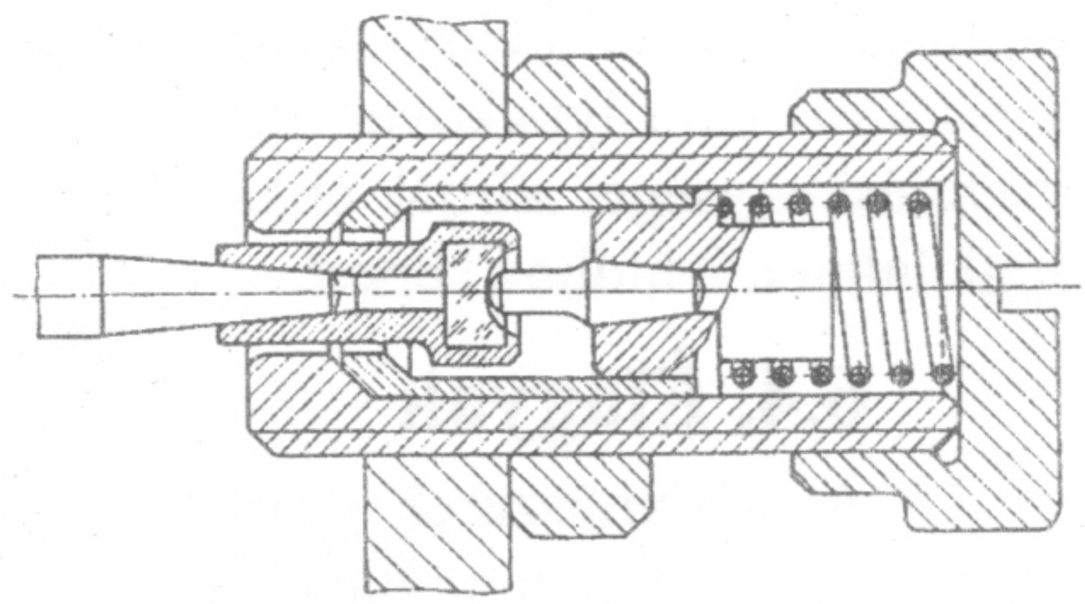


6.24. ábra
Csúcságyazás
1-olajhotrony,
2 -perem

A berillium ötvözetekből előállított csúcságyazásoknál a csapot ellátják 1 olajhoronnyal, a kúpos csapágy üreget pedig a 2 peremmel. Ezt főleg ébresztő és konyhai órákban használják. (*6.24. ábra)*

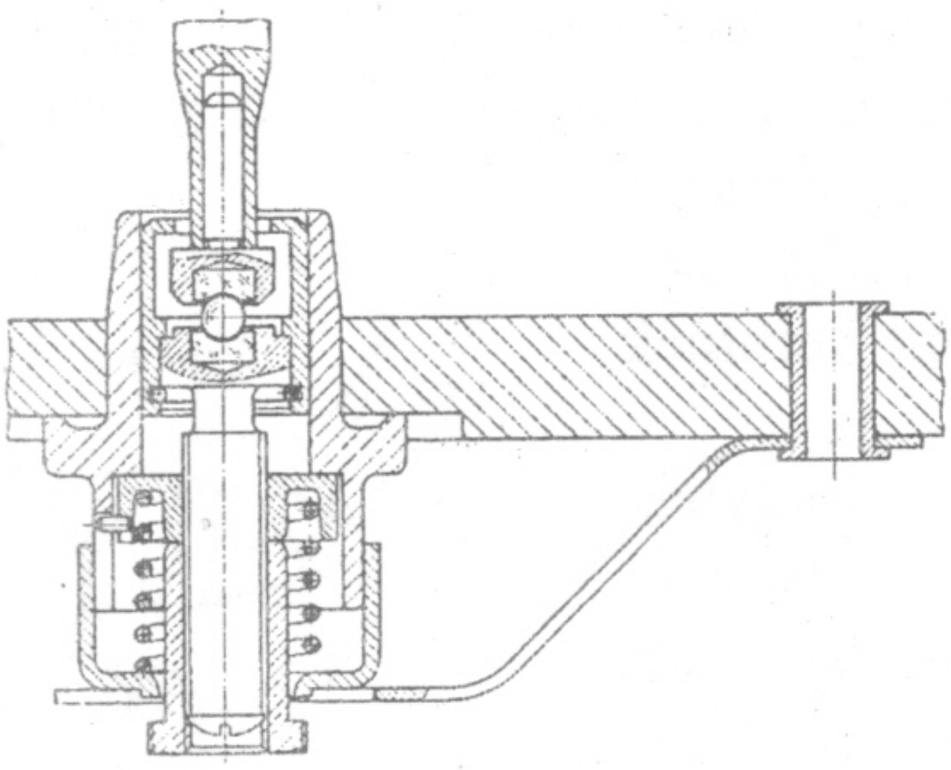
Csapágyelemek merev elrendezése a tengely játékának beállítását nem teszik lehetővé, mert ha nagy axiális erők lépnek fel a csapágyak tönkremennének /kőcsapágyon a csúcs lapossá válna, vagy a csapágyfészek eltörne/. Ezért a beállításnál folyamatosan ellenőrizni kell a tengely játékát.

A másik szempont az, hogy a por és lökés elleni védelmet meg kell oldani a csapágyazásnál. Ilyen megoldást, egy fogyasztásmérő pormentes kivitelű, lökés elleni rugózó csapágy beépítést mutat be az *6.25.* ábra.



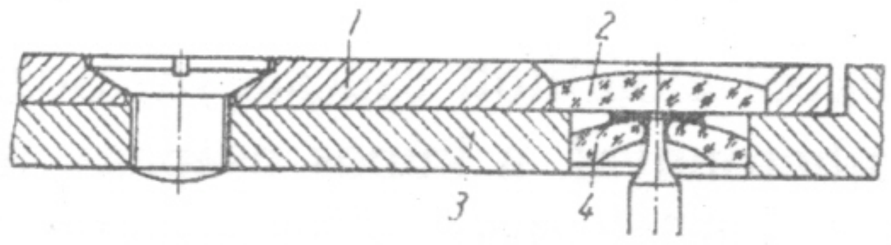
6.25. ábra **Fogyasztásmérő pormentes kivitelű csapágya**

A fogyasztásmérők alsó csapágyai számára sok konstrukció alakult ki lükés elleni biztosítással és anélkül. Míg az egyik konstrukció esetében a por és lökés elleni védelemre helyeznek hangsúlyt, addig egy másik megoldásban a kopás csökkentésére irányuló törekvések játszanak szerepet.



6.26. ábra **Fogyasztásmérő kopást csökkentő kőcsapágyazása**

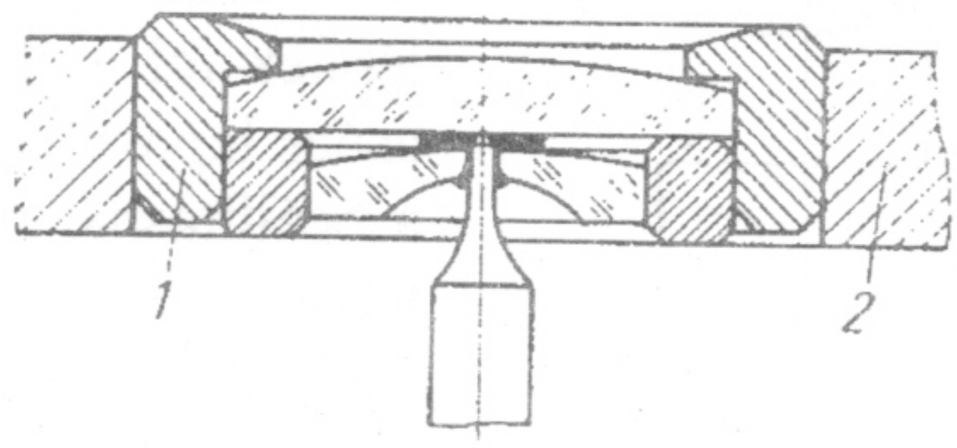
Óráknál alkalmazott klasszikus szerkezeti mód szerint külön foglalatban helyezik el a lyukkövet és a fedőkövet is. A 1 fedőlemezt a 2 fedőkővel együtt rácsavarozzák a 3 lyukkő-lemezre. Ha a tengely játékát az 1 és a 3 közé helyezett betét lemezkékkel állítják be, a 4 kő olajtároló viszonyai romlanak.



6.27. ábra **Elkülönített foglalat**

1 – fedőkő lemeze
2 – fedőkő
3 – híd
4 – olajtároló hely

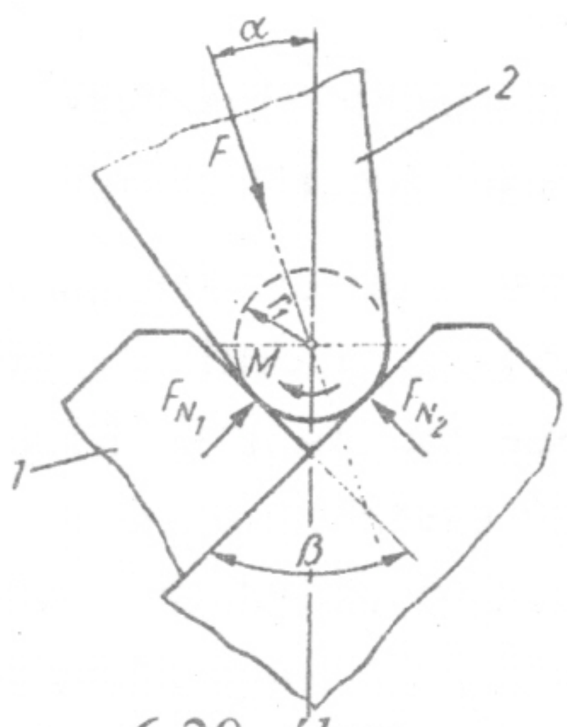
Ezt a hátrányt küszöböli ki a kombinált konstrukció, amennyiben a fedőkövet és a lyukkövet mint zárt szerelési egységet állítják el az 1 kő-foglalattal a 2 hídhoz képest.



6.28. ábra **Kombinált foglalat**

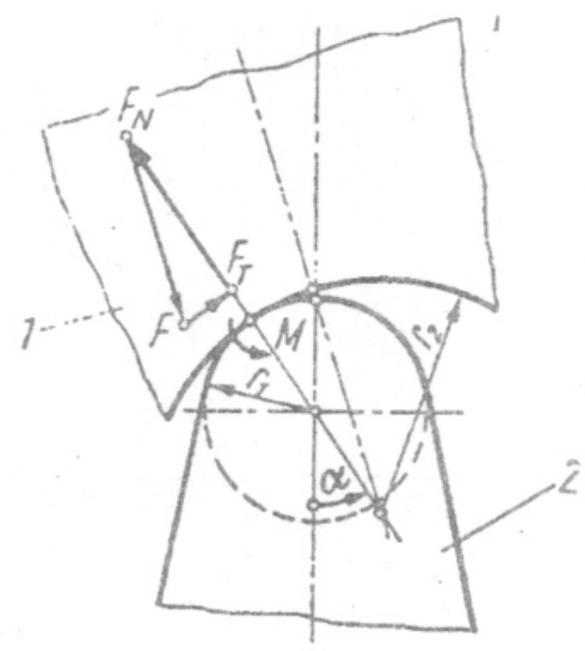
6.4. Élágyak

A mérőműszerek gyártásában nagy áttételek egyszerűen megoldhatók kis tengelytávolsággal és játékmentes csapágyazással. Élágyazás mint megoldás kissé átalakított formában megtalálható a jelfogóban is. Élágyak lehetnek *csúszó élágyak* és *gördülő élágyak.* A csúszó élágyak prizma alakú kiképzéssel, míg a gördülő élágyak rádiuszos élágyakként kerülnek kialakításra.



6.29. ábra
Csúszó élágy

Csúszó élágyban (*6.29. ábra*) az '1' fészekben (amely többnyire két részű) a lekerekítéssel kialakított '2' élt játékmentesen ágyazzák. A mozgással szembeni ellenállási nyomaték nem függ az α-tól, amennyiben a terhelő erő megtartja a fészekhez képest az irányát, nagyságát pedig a normális erők határozzák meg.



6.30. ábra
Gördülő élágy

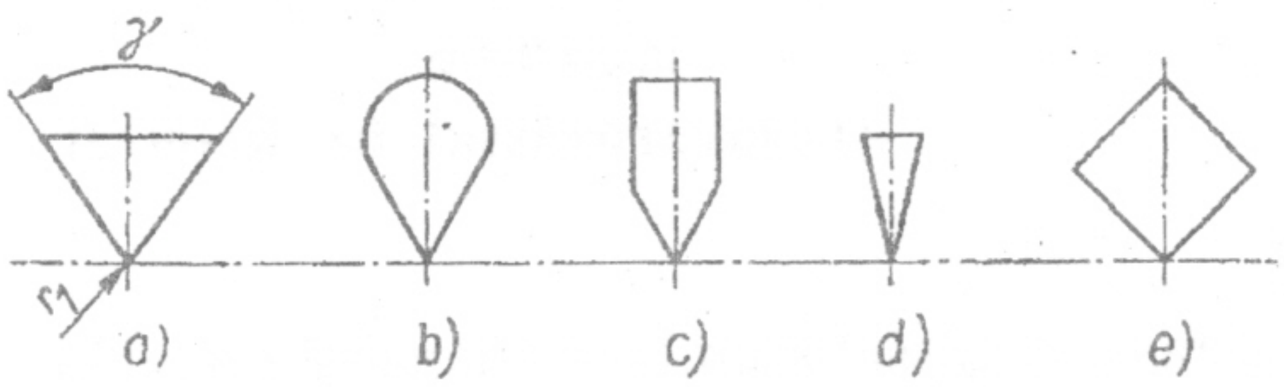
$M = (F_{N1}+F_{N2})\mu r_1$

Mérőműszerekben alkalmazzák. A forgási pólus helyben marad.

Gördülő élágyakban a morgással szembeni ellenállás nyomatéka két nagyságrenddel kisebb. A pillanatnyi forgási pólus vándorol.

Az éleket és ágyakat edzhető acélból vagy kőanyagból (kalcedon, achát, karneol) gyártják. A kő érzéketlen vegyi behatásokra, az acél azonban korrodál. A kőből készült élek csak kis terhelésekre alkalmasak, acél esetében 60-61 HRC keménységet kell biztosítani. Az ágynak kell mindig keményebbnek lenni az élekhez képest, hogy az utóbbi ne rághassa be magát az ágyba. Ha üzem közben az él ellaposodik, a mozgással szembeni ellenállás növekedése kisebb, mint akkor, ha az él berágódik az ágy anyagába.

Az él szerkezeti alakjai:



A legrégibb élalak a háromszög szelvény. Egyéb alakok: körte alakú, lapos szelvény, ék alakú és négyszög alakú szelvény.

6.31 ábra **Élprofilok**

a) háromszögletű, b) körte alakú, c)lapos, d)magas háromszögletű, e)négyszöglet

Az él szögei:

a) alak $\gamma = 60^0$

b) alak $\gamma = 60^0$

c) alak $\gamma = 80^0$

d) alak $\gamma = 30^0$, 38^0, és 45^0

Kőből készült éleken $\gamma = 60^0 - 120^0$

Az él sugara:

precíziós mérlegekhez $r_1 = 3 \ldots 20$ μm

Közepes mérlegekhez $r_1 > 100$ μm

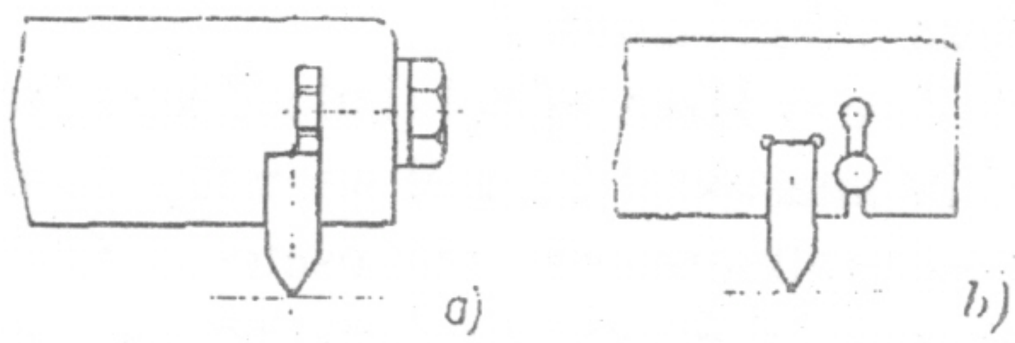
Nagy mérlegekhez laposított élt használnak

Élek rögzítése:

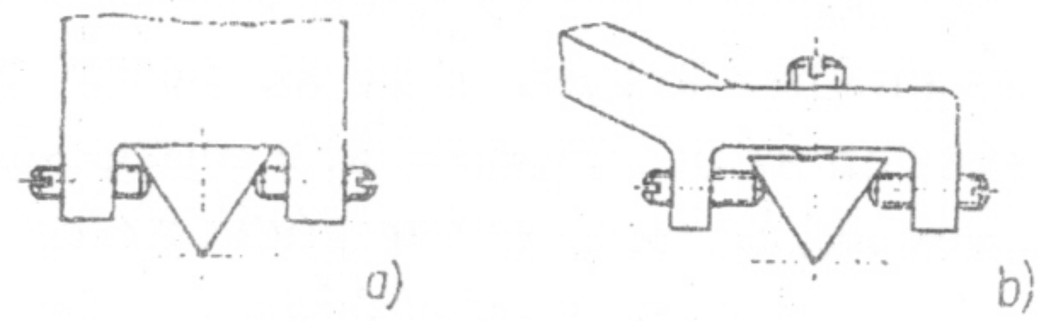
Az egyszerű éleket többnyire besajtolással rögzítik (*6.32. ábra*).

6.32. ábra **Besajtolt élek**

A csavarozás vagy beékelés, ék alakú, vagy kúpos csapszeggel oldható rögzítést jelent. A beszabályozáshoz a csapágy-rendszerben bizonyos éleket vagy foglalataikat csavarokkal állíthatóan rögzítik.



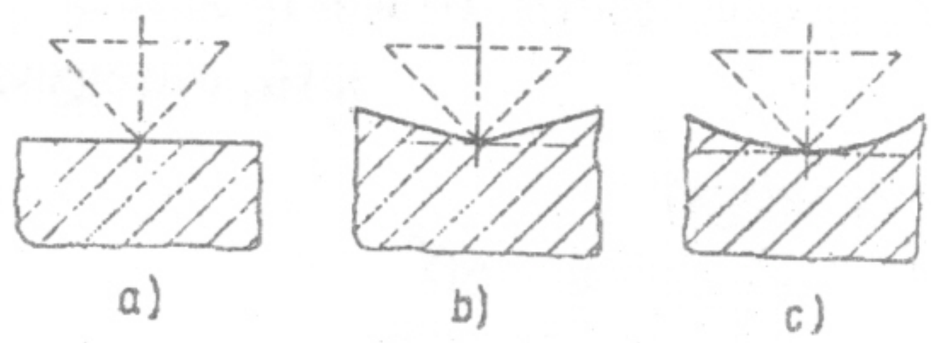
6.33. ábra **Háromszögletű élek rögzítése**
a) oldalirányban állítható b) oldalirányban és magasságban állítható



6.34. ábra **Lapos szelvényű élek rögzítése**
a) csavarozással, b) ékeléssel

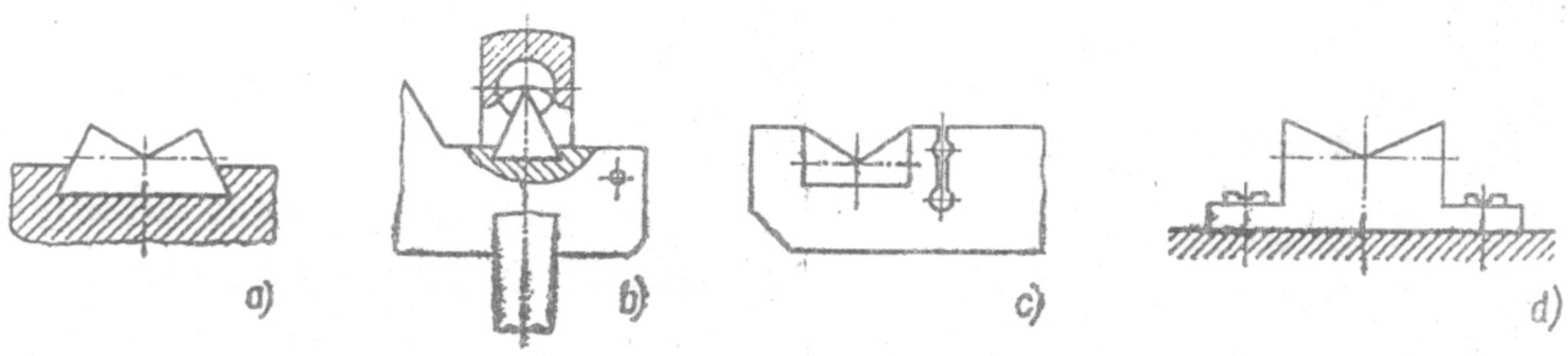
Az ágy szerkezeti alakjai

A sík felületű ágy (*6.35.a* ábra) mozgással szembeni ellenállása a legkisebb, de az él helyzetét nem képes önműködően biztosítani. (precíziós mérlegekben alkalmazzák). A kereskedelemben használt mérlegekben V alakú ágyakat (*6.35. b ábra*) használnak. Ezek az él helyzetét merőlegesen az él irányára egyértelműen biztosítják. Egy harharmadik típus a hengeres felületű ágy. (*6.35. c ábra*)



6.35. ábra **Ágyak alapformái**

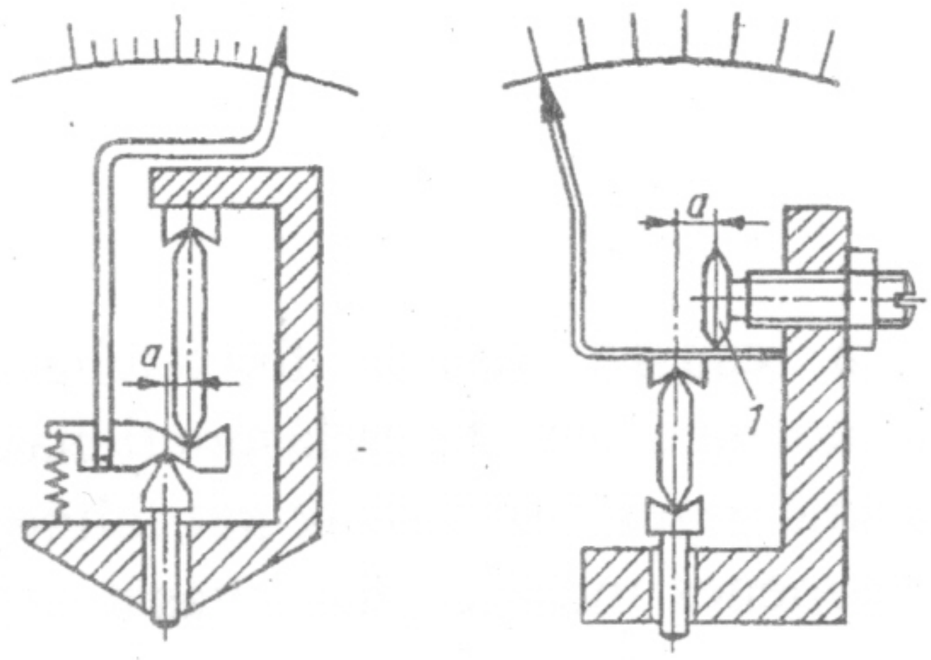
Az ágy rögzítése



6.37. ábra **Ágyak rögzítési módjai**

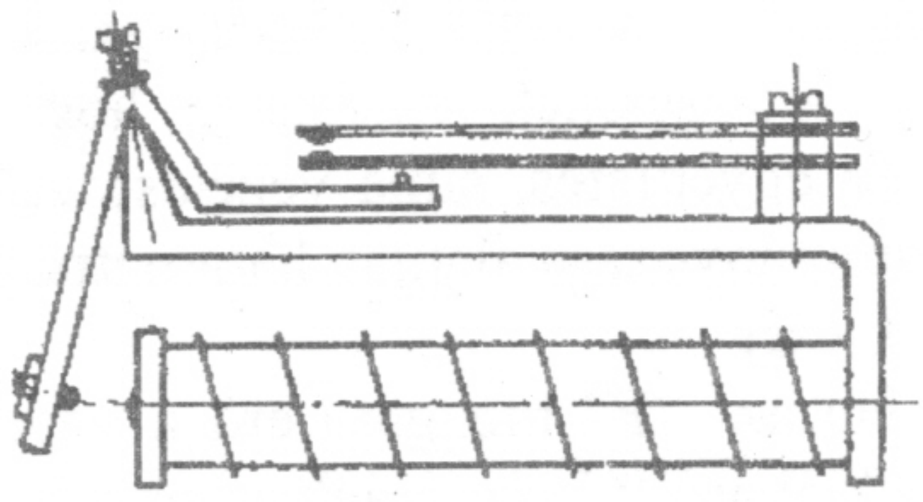
Az ágyat az ágytartón a külső alakhoz alkalmazkodóan rögzítik besajtolással (a és b ábra), betapasztással, befeszítik csavarral, vagy tartótestben vágott résben kúpos csapszeggel (c ábra), vagy hozzácsavarozzák az ágytartóhoz (d ábra).

Alkalmazások



6.37. ábra **Élágyazások mutatós mérőműszerekben**

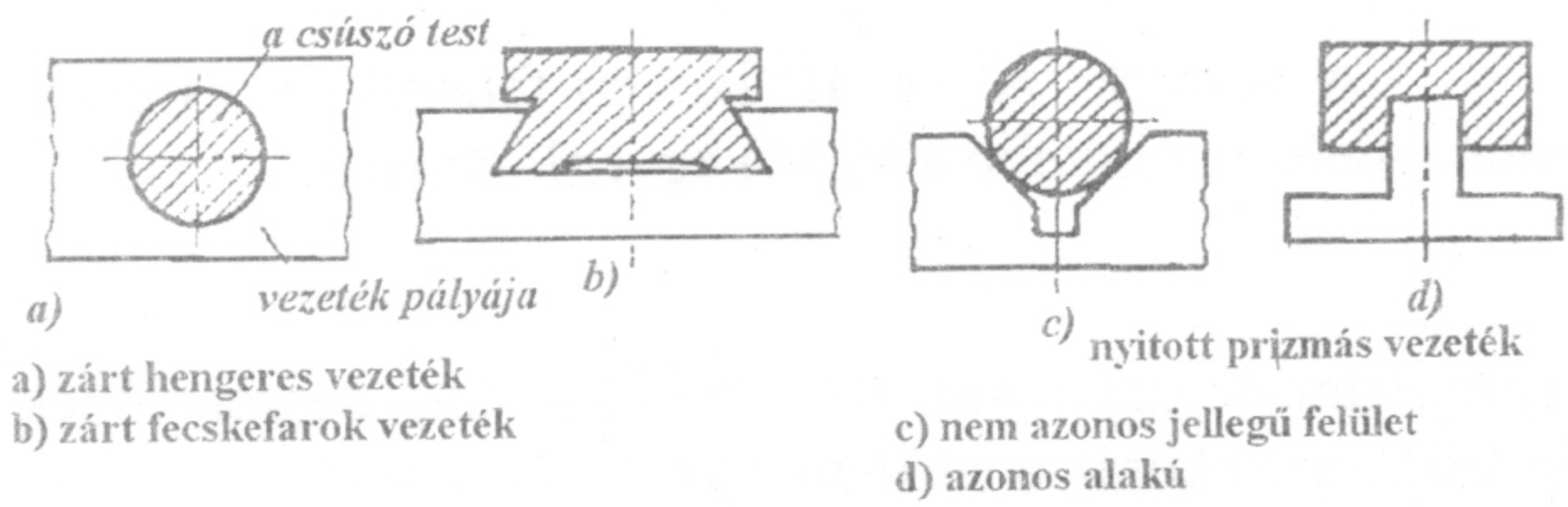
Az élágyazások legfontosabb területe a mérleggyártás. A mérőműszerek gyártásában (*6.37. ábra*) nagy áttételek egyszerűen megoldhatók kis 'a' tengelytávolsággal játékmentes csapágyazással. Kissé átalakított formában megtalálható az élágyazás a jelfogókon is (*6.38. ábra*).



6.38. ábra **Jelfogó ágyazása**

6.5. Vezetékek

Vezetéken általában olyan ágyazást (ágyvezetéket) értünk, amely a tetszőleges terhelés alatt álló rendszernek a házhoz viszonyított többé-kevésbé súrlódásos elmozdulását teszi lehetővé egy előírt pályán. A következők egyenes vezetékekre vonatkoznak.



6.39. ábra **Vezeték fajták**

Megkülönböztetünk a pálya keresztmetszetére vonatkozóan zárt és nyitott vezetéket (*6.39.ábra*). A zárt vezetéknél a vezető pálya rögzíti a siklótestet az eltolás irányára merőleges összes irányban. A nyitott vezeték csupán kitüntetett, az eltolás irányára szintén merőleges, irányokban történő rögzítésre szorítkozik.

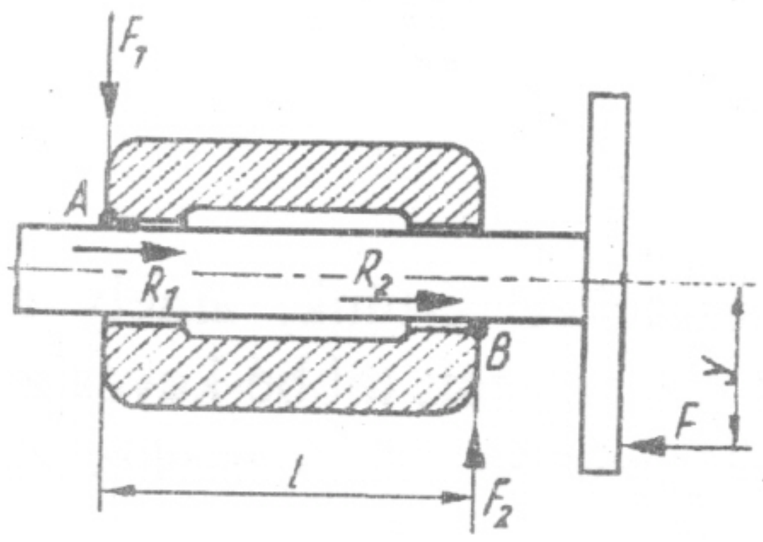
A vezetékeket kialakításuk alapján három nagy csoportba osztjuk:
6.5.1. Csúszó vezetékek
6.5.2. Gördülő vezetékek
6.5.3. Rugós vezetékek

6.5.1. Csúszó vezetékek

A csúszó vezetékek jósága függ a csúszó testek felületeinek minőségétől, a vezeték hosszúságától és a mozgató erő támadáspontjának helyétől. A vezetékek feladata az, hogy akadásmentesen biztosítsák két felület között az egyenletes, sima vezetést. Az akadásmenes mozgás biztosítását két eset tanulmányozása alapján határoztuk meg.

I. eset

Ha az "F" mozgató erő a vezeték középvonalával párhuzamosan (és annak síkjában) 'y' távolságban támad, zárt vezeték esetén a *6.40. ábra* szerint a játékkal készült vezeték mindaddig nem akad meg, amíg a mozgató erő nagyobb a R_1, R_2 súrlódó erőknél.



6.40. ábra

$F \rangle R_1 + R_2$ (6.8)

Ebben az esetben $F_1 = F_2$,

$R_1 = R_2 = F_1 \cdot \mu$ és

$F \cdot y = F_1 \cdot l$ (6.9)

A fenti egyenletből és egyenlőtlenségből megkapjuk az akadás nélküli vezetés követelményét: $\frac{1}{y} \rangle 2 \cdot \mu$ (6.10)

A vezeték 'A' és 'B' helyen fekszik fel és annál biztosabban akadásmentes, mennél nagyobb a (6.10) egyenlőtlenség.

II. eset

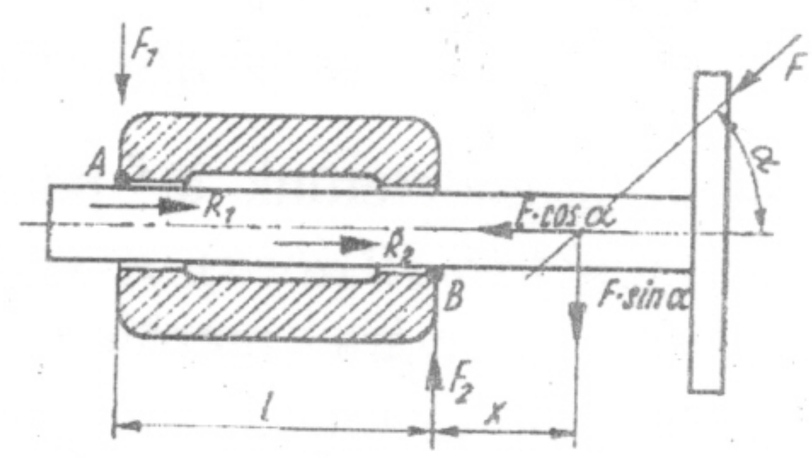
Ha az "F" külső erő ferdén támad, úgy a mozgás irányában ható összetevőnek nagyobbnak kell lennie, mint amekkorák a súrlódó erők (*6.41. ábra*)

$F \cdot \cos\alpha \rangle R_1 + R_2$ (6.11) Ezenkívül:

$R_1 = F_1 \cdot \mu$

$R_2 = F_2 \cdot \mu$

$F_2 = F_1 + F \cdot \sin\alpha$



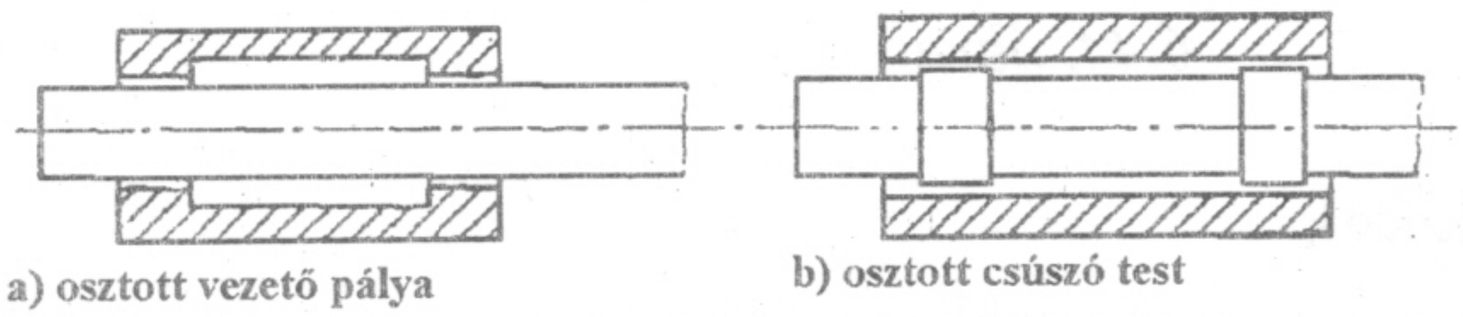
6.41. ábra

Ha az 'R_1' és 'R_2' értékeket az "F" és 'μ' függvényében fejezzük ki és a (6.11) egyen-

lőtlenségbe behelyettesítjük, akkor az akadás nélküli vezetés követelménye: $\frac{1}{x} \rangle \frac{2 \cdot \mu}{\operatorname{ctg} \alpha - \mu}$ (6.12)

Az ágyvezetékek kivitele

a) Hengeres vezetékek

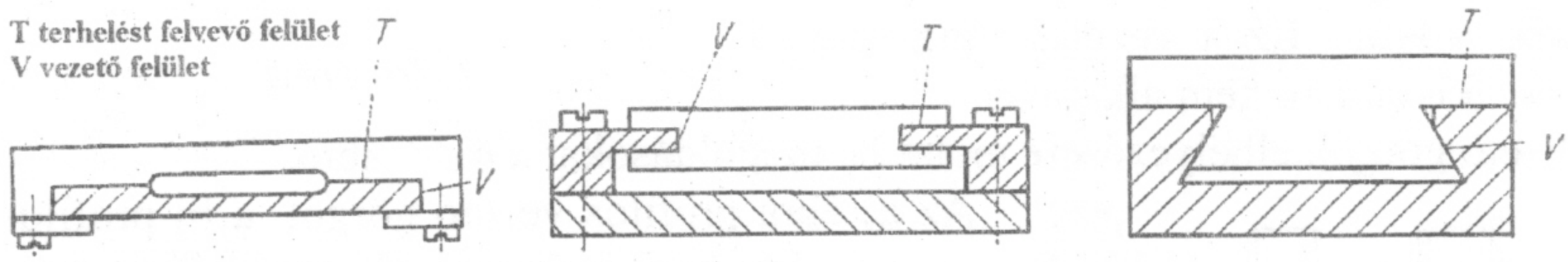


6.42. ábra **Kétszeres vezetékek**

Hengeres vezetékek igen könnyen létesíthetők. Egy illesztett furatba helyezett tengely is vezetéket határoz meg. A gyártás során hosszú vezető felületek nagypontosságú előállítása igen nehéz, a pontatlanság pedig méretváltozást okoz, ami befeszülést eredményezhet. A hosszú vezető felületek nagyobb súrlódást is eredményeznek, ezért a hengeres vezetéket úgy képezzük ki, hogy vagy a furatba belül alámunkálást készítünk, vagy pedig a tengelyen két vállat képezünk ki, amelyek a vezetést biztosítják. Ilyen megoldásokat mutat be a *6.42. ábra.* A két lehetőség kombinációját kerülni kell, mert a vezetés 'l' hossza üzem közben megváltozik.

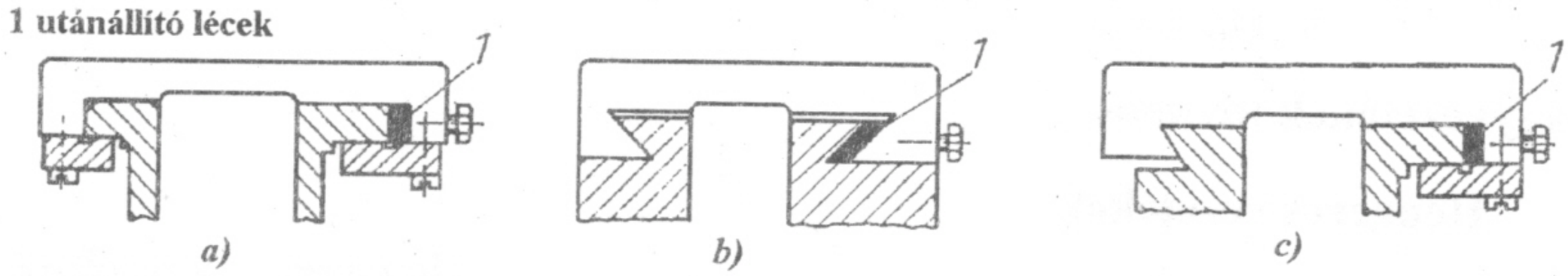
b) Lapos és fecskefarok vezetékek

Ezeket viszonylag nagy terhelésre alkalmazzák. A terhelést azok a "T" támasztófelületek veszik fel, amelyek a terhelés irányára merőlegesen helyezkednek el. Az oldalsó vezetést a "V" felületek veszik át (*6.43. ábra*)



6.43. ábra

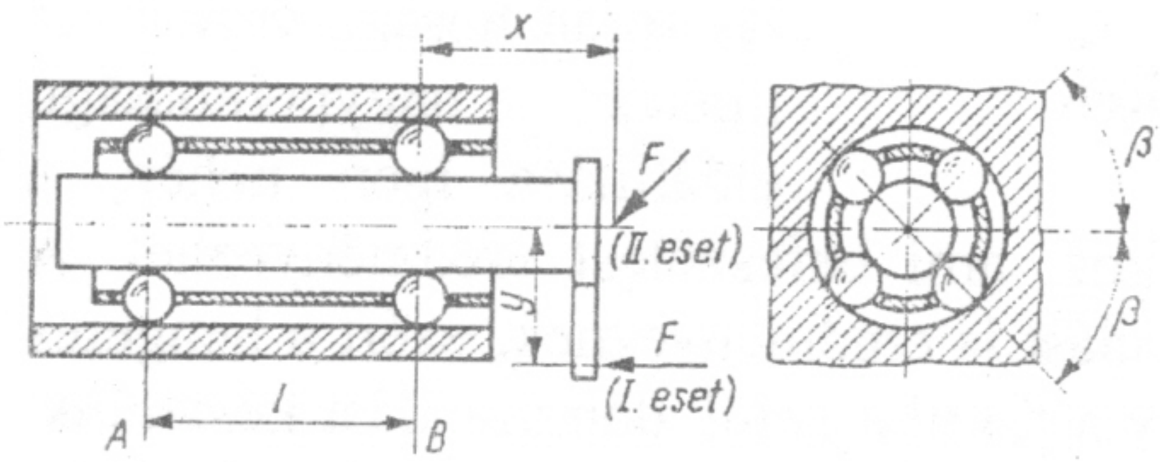
A kopás miatt a vezetékben keletkező játékváltozás kiegyenlíthető utánállító lécek beépítésével (*6.44. ábra*)



6.44. ábra

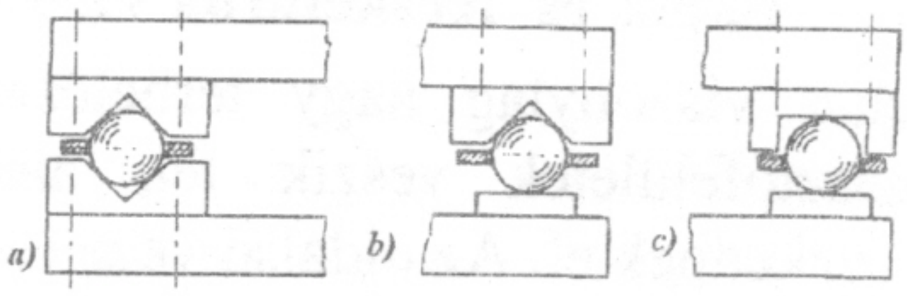
6.5.2. Gördülő vezetékek

A súrlódás csökkentése végett a vezetékben gördülő testeken vagy gördülő csapágyakon vezetett ágyazásokat alkalmaznak. Az akadás elkerülésének feltételei a kisebb súrlódás következtében kedvezőbbek. Ilyen gördülő vezeték megoldást mutat be a *6.45.* ábra.



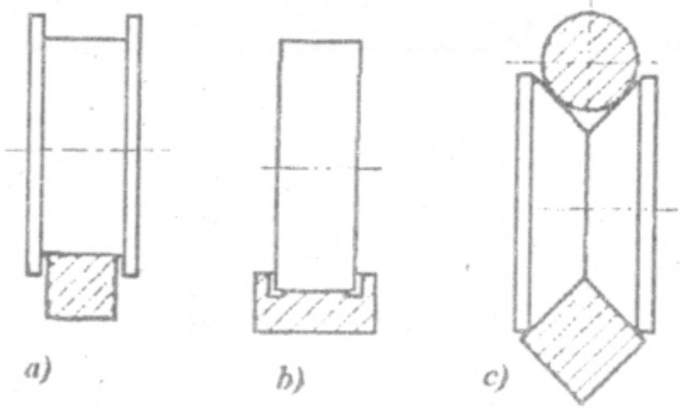
6.45. ábra

Hornyos golyós vezetékben két sor golyó van. Az egyik sor nyitott és ez végzi a tulajdonképpeni vezetést (*6.46.a. ábra*). Minden golyó itt négy helyen kap terhelést. A második golyósor, amelyet a *6.46.b.,c.* ábra szemléltet, biztosít elfordulás ellen és hordozza a terhelés egy részét is. Az említett vezetés játék nélküli. Ez a vezetés oldal irányú erők felvételére nem alkalmas.



6.46. ábra

Vezető görgők elhelyezésére mutat be megoldásokat a *6.47.* ábra.



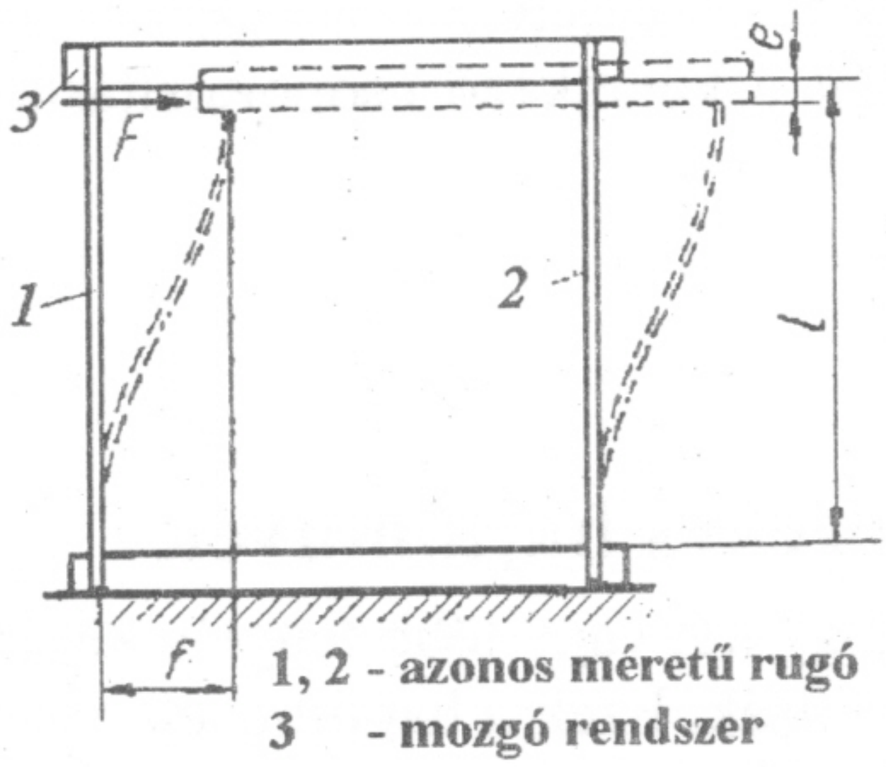
6.47. ábra

Az a) ábra profilos vezető görgőt, a b) profilos vezető sint, a c) játék nélküli profil kialakítást mutat be.

A vezető görgő ágyazásában az axiális játék és a vezető felület, valamint a vezető görgő közötti keresztirányú játék rontja a vezetést.

6.5.3. Rugós vezetés

A rugós vezetést hosszanti mozgást végző rendszerek játék- és súrlódásmentes vezetésének megvalósítására alkalmaznak. Ilyen megoldás látható a *6.48.* ábrán.



6.48. ábra

Az azonos méretű rugók a házba és a mozgó rendszerhez van kapcsolva. Ha "F" erő a rendszert "f" értékkel elmozdítja, a háztól mért távolsága 'e' értékkel csökken. Az 'l' hosszúságú rugón F/2 erő hat. Két rugóval kialakított rendszerrel az elmozduláshoz szükséges erő

$$F = \frac{24 \cdot E \cdot I}{l^3} \cdot f . \qquad (6.13)$$

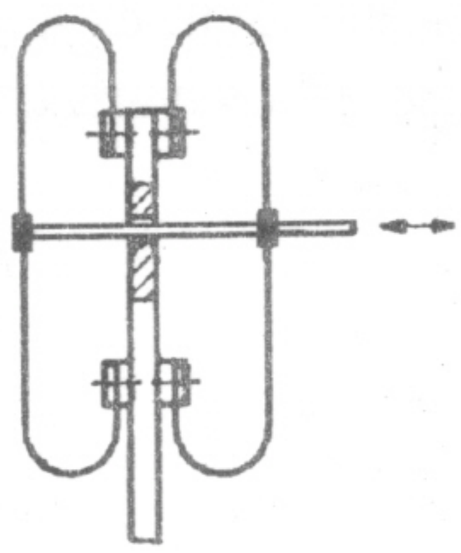
Ha az egyes rugók szélessége "b" , vastagsága "h"

$$F = \frac{24 \cdot E \cdot h^3 \cdot b}{l^3} \cdot f . \qquad (6.14)$$

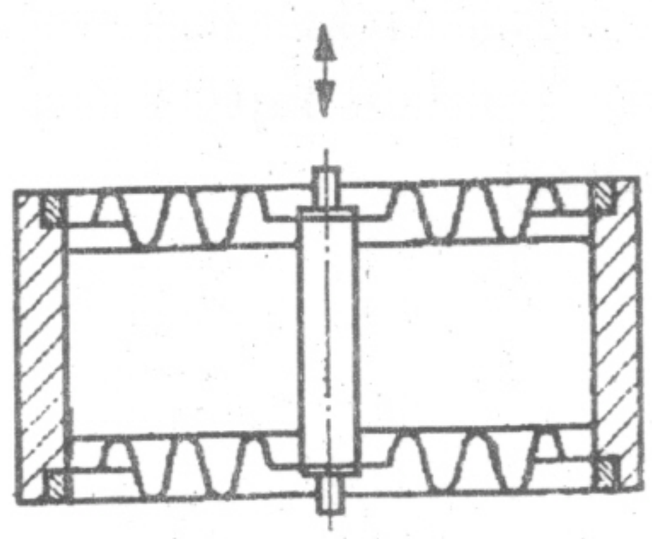
A függőleges elmozdulás pedig $e = \frac{3 \cdot f^2}{5 \cdot l}$ (6.15)

Az elmozduló rész pályája megközelítőlen parabola. A nemkívánatos 'e' keresztirányú elmozdulás miatt az effajta rugócsuklós vezetést csak kisebb elmozdulásokhoz lehet alkalmazni. Pontos egyenesvonalú vezetésre nem alkalmas.

A rugós vezetés alkalmazására mutat be megoldásokat a *6.49.* és *6.50.* ábrák.



6.49. ábra **Kengyelrugós vezetés**



6.50. ábra **Membrános rugóvezetés**

7. Átalakító elemek

Az átalakító elemek feladata valamely működési folyamatban a jellemző mennyiségeket, elmozdulást vagy forgásszöget, sebességet vagy gyorsulást nagyság és irány tekintetében a kitűzött feladatnak megfelelően átalakítani. Az átalakító elemek vagy hajtóművek ismertetését a következő csoportosításban fogjuk végezni:

7.1. Fogaskerekek és fogaskerekes hajtóművek
7.2 .Dörzskerekes hajtóművek
7.3. Csavarhajtások

7.1 Fogaskerekek és fogaskerekes hajtóművek

A fogaskerekes hajtóművek rendeltetése az, hogy két vagy több tengely között a fordulatszámot és a forgatónyomatékot átalakítsák. Ezek a hajtóművek olyan fogazott keréktestekből, fogaskerekekből tevődnek össze, amelyek alakpárosítás útján kényszerű és csúszásmentes mozgás- és erőátvitelt tesznek lehetővé.

A gépgyártással ellentétben, a finommechanikában alkalmazott hajtóművek fogaskerekeit 1 mm-nél kisebb modullal gyártják.

A mozgás átszármaztatásának jellemzésére a fogaskerekes hajtóműveknél az 'i' módosítást a hajtókerék szögsebességének a hajtott kerék szögsebességéhez való viszonyaként határozzuk meg: $i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$

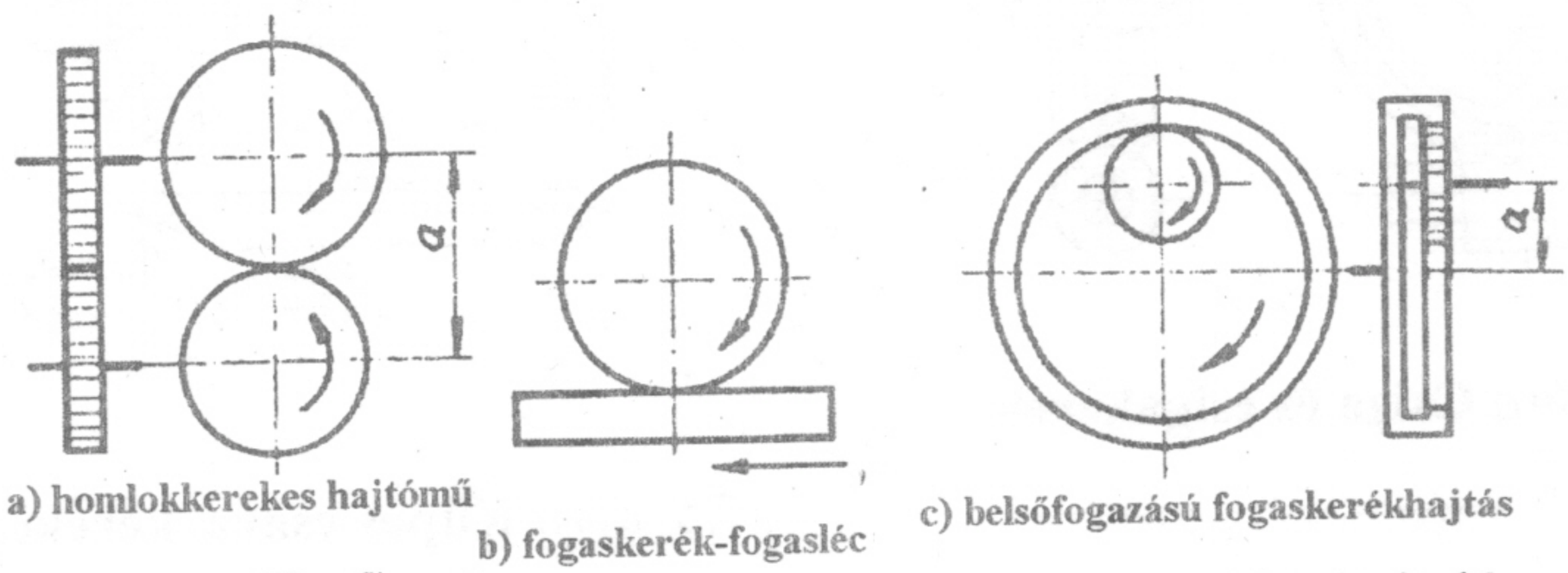
A kerek legördülési vonalú keréktestekre ezen kívül érvényes a közepes áttétel (módosítás): $i = i_{köz} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z}$ ahol 'z' a kerék fogszáma, 'n' a tengely fordulatszáma.

A fogaskerekes hajtások feloszthatók a tengelyek helyzete és a kapcsolatban álló kerekek fajtája szerint gördülő hajtóművekre és csavarhajtásokra. (*7.1. táblázat*)

7.1. táblázat

A hajtómű fajtája		A gördülő pontok sebessége	A fogaskerék fajtája	A tengelyek helyzete	Geometriai alapalak	A fogaskerekek érintkezése
gördülőhajtóművek		$V_1 = V_2$	homlokkerék	párhuzamos	2 henger	vonalas
			kúpkerék	egymást metsző	2 kúp	vonalas
csavarhajtások	keresztezett (érintkezés a tengelynormálisban)	$V_1 \neq V_2$	csavarkerék (homlok)	egymást keresztező	2 henger	pontszerű
			csiga és csigakerék		henger és globoid vagy 2 globoid	vonalas
	kitérő (érintkezés a tengelynormálison kívül)		csavarkerék (kúp)		2 kúp	pontszerű

A *gördülő hajtóművek* tengelyei vagy párhuzamosak egymással (homlokkerekes hajtóművek, *7.1. ábra*), vagy metszik egymást (kúpkerekes hajtóművek,



a) homlokkerekes hajtómű

b) fogaskerék-fogasléc

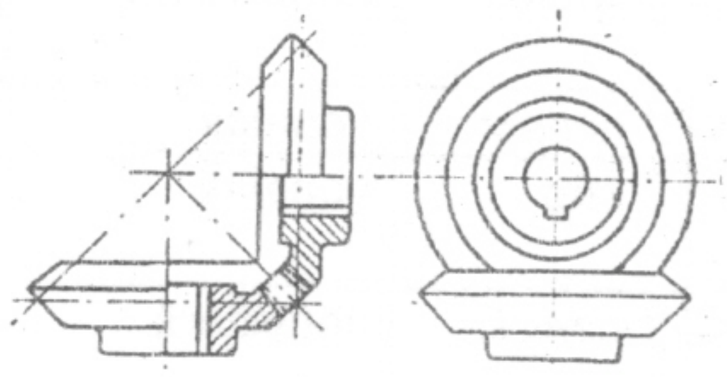
c) belsőfogazású fogaskerékhajtás

d) ferde fogazású fogaskerék

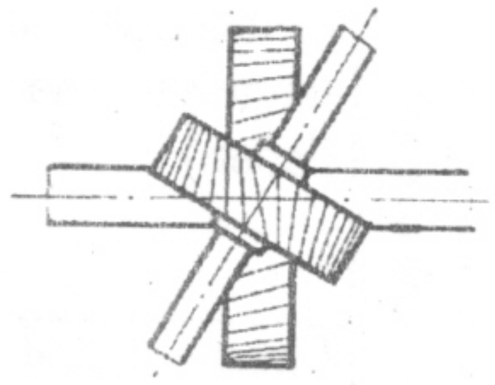
7.1. ábra

7.2.ábra). A mozgás átvitelére az elképzelt gördülő hengerek vagy gördülő kúpok legördülnek egymáson anélkül, hogy csúszás lépne fel. A fogak oldalai között járulékos csúszó mozgás játszódik le. A fogak oldalai vonalmentés érintkeznek egymással.

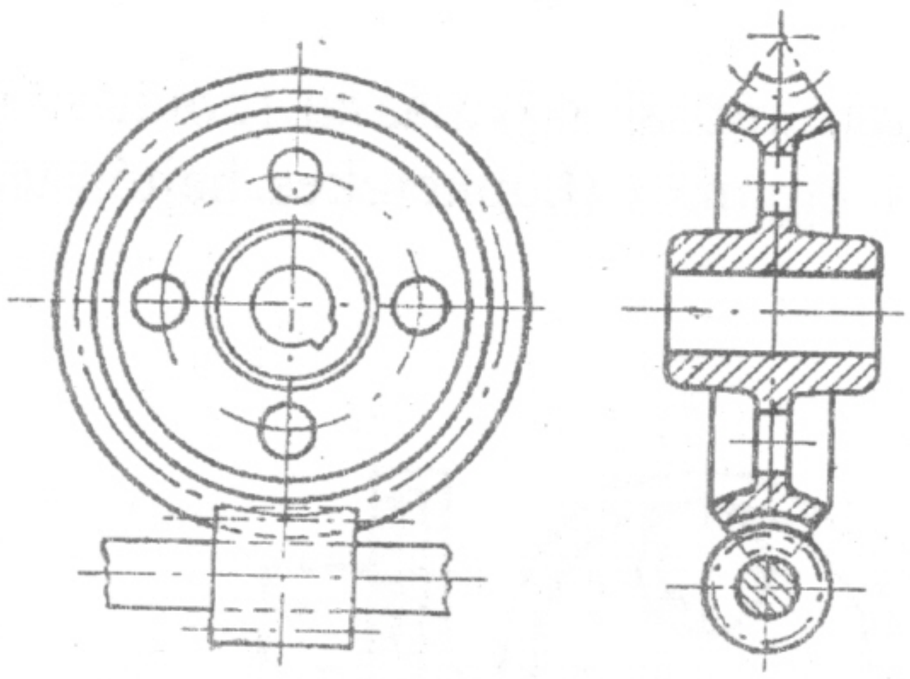
A csavarhajtások tengelyei keresztezik egymást. Párosítani lehet két azonos menetemelkedésű ferdefogazású homlokkereket (csavarkerekes hajtómű, *7.3. ábra*), csigát és csigakereket (csigakerekes hajtómű, *7.4. ábra*), vagy kétkúpos csavarkereket (*7.5. ábra*). A mozgás átadásakor ezeknél a fogaskerekeknél a legördüléseken kívül a fogak között még csúszó mozgás is fellép, a fogoldalak irányában. Az együttműködő fogoldalak, a csigakerekes hajtóművekben általában vonalmentén, a csavarmenetes homlok- és kúpkerekes hajtóművekben pedig pontszerűen érintkeznek.



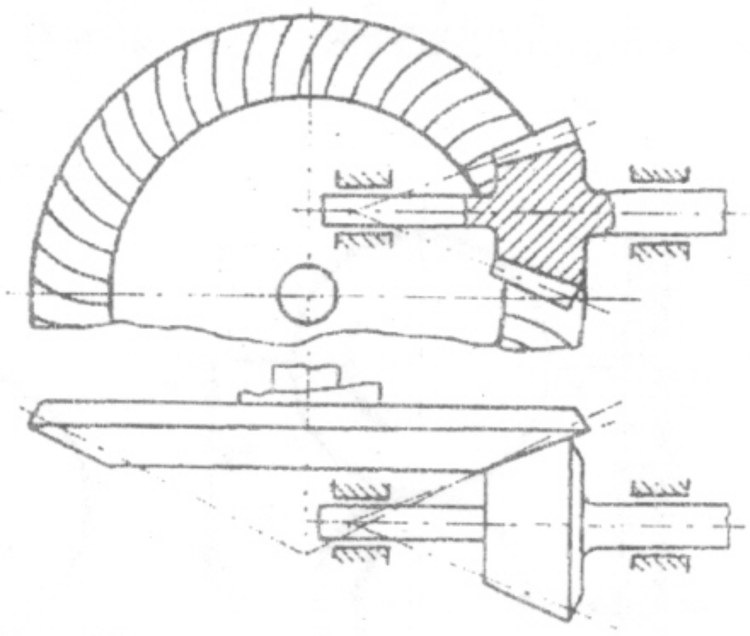
7.2. ábra **Kúpkerekes hajtómű**



7.3. ábra



7.4. ábra **Csiga és csigakerék**



7.5. ábra **Kúpos csavarkerekes hajtómű**

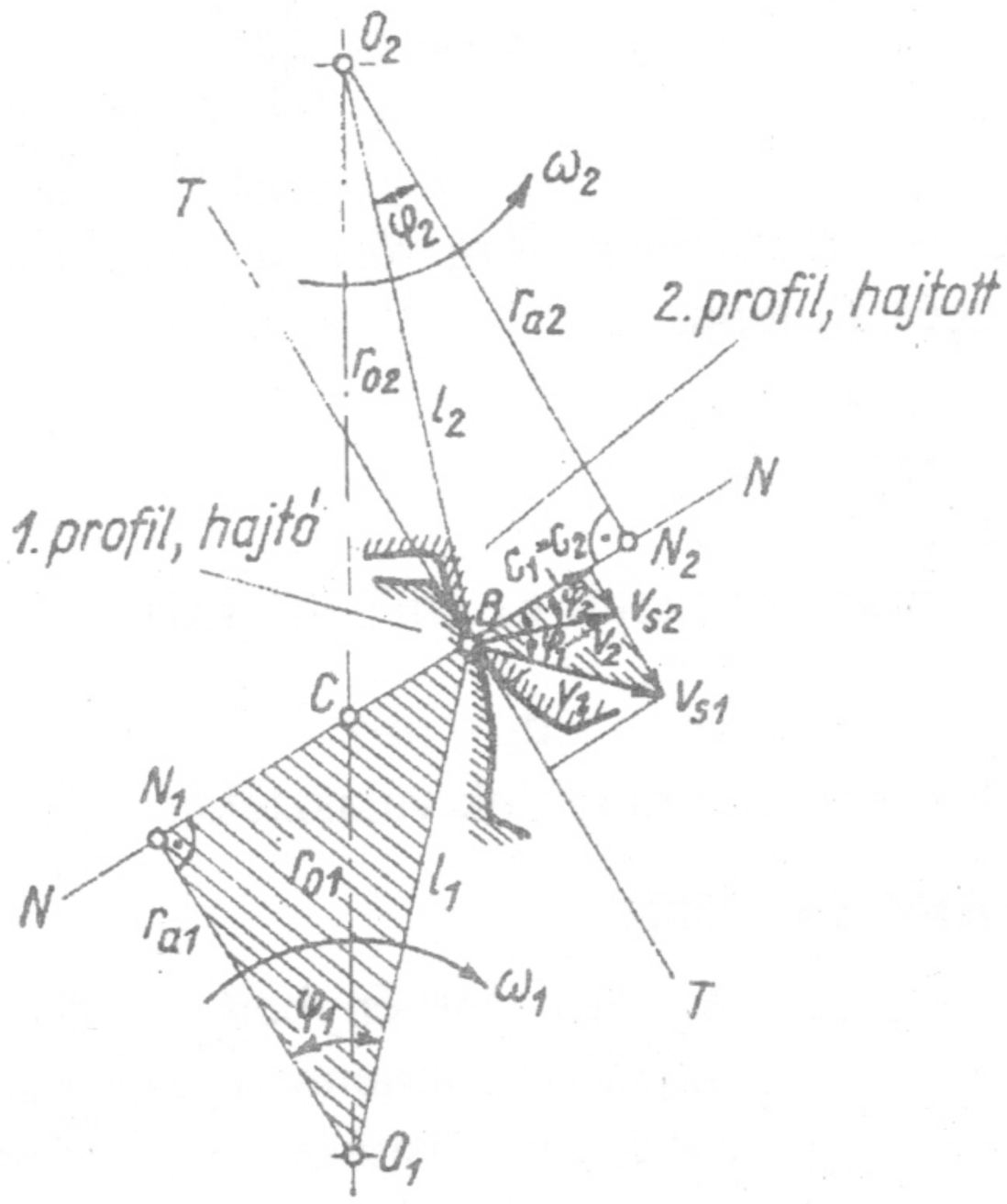
A hajtómű fajtájától függően a kerekeket meghatározott fogazattal kell ellátni, amelyet a profil alakja és a fogoldal alakulása egyértelműen meghatároz. A profil alakja a fogazás geometriájának törvényszerűségeiből adódik.

A hajtóművek gyártásakor még sok egyéb követelményt is ki kell elégíteni. Ilyenek pl. a mozgás átvitelének pontossága, a megengedhető fogoldaljáték, a hajtómű zajtalansága, a szabályozási és gyártási költségek. A teljesítményveszteség ezeknél a hajtóműveknél jelentékeny szerepet játszik, ezért a hajtóművek elemeit a legnagyobb pontossággal kell gyártani.

7.1.1. A fogazás első törvénye

A fogaskerekek lényegileg párosításos elemek, vagyis csak akkor teljesítik funkcionális feladatukat, ha a két kerék párosítása kinematikailag kifogástalan. Ezért a fogaskerekek felépítése és kialakítása nem lehet tetszés szerinti, hanem meg kell felelniük a fogazás törvényszerűségéből származó feltételeknek.

A 7.6. ábra szemléltet két egymással kapcsolódó fogprofilt, amelyek a 'B' pontban érintkeznek. Az '1' profil ω_1 szögsebességgel forog 'O_1' körül, a '2' profil ω_2 szögsebességgel forog 'O_2' körül. Eközben a 'B' pont aszerint, hogy melyik profilhoz tartozik $v_1=\omega_1 l_1$ vagy $v_2=\omega_2 l_2$ kerületi sebességgel körpályán mozog. Ezek a kerületi sebességek felbonthatók két merőleges összetevőre, amely összetevők közül egyik a fogmerőleges (NN) irányába esik. Ezeket 'c_1' és 'c_2' –vel jelöljük. Ha feltételezzük, hogy a két fogprofil egymással állandóan érintkezik, a kapcsolódás alatt 'c_1' = 'c_2'.

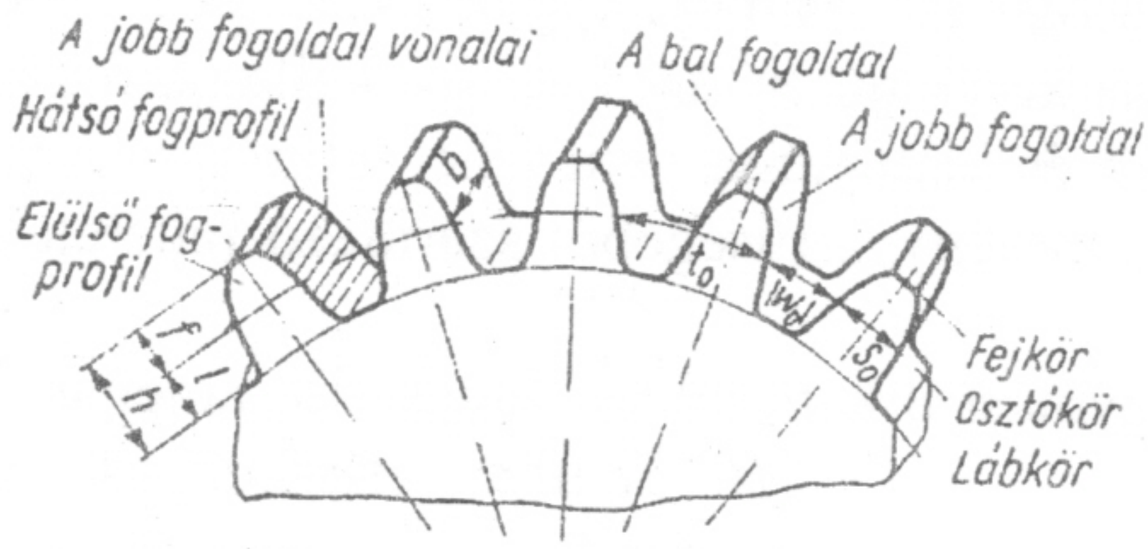


7.6. ábra

A geometriai összefüggések részleteinek mellőzésével a fogazás első törvényét a következőképpen fogalmazhatjuk meg:

Állandó $i = \omega_1/\omega_2$ módosítású fogazat és ezáltal egyenletes mozgásátvitel létesítéséhez az egymással érintkező két fogprofilt úgy kell kialakítani, hogy azok közös normálisa (fogmerőlegese) minden helyzetben egy változatlan ponton, a „C" gördülési ponton (főponton) haladjon át és így az O_1O_2 összekötő egyenes állandó r_{02}/r_{01} viszonynak megfelelően legyen felosztva.

7.1.2. A fogaskerekek fő méretei



7.9. ábra

h – fogmagasság
f – fogfej magassága
l – fogláb magassága
b – fogszélesség
t_0 – osztókör osztása
s_0 – fogvastagság
w_0 – fogárok
z – fogszám

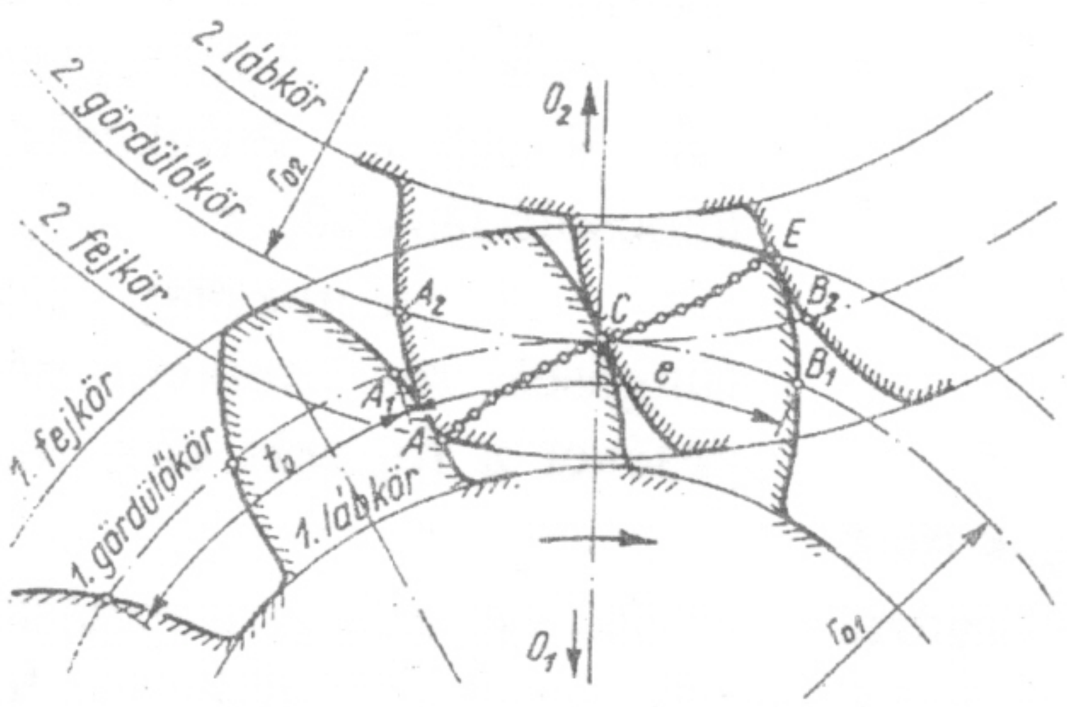
A *7.9. ábra* egy egyenes fogazású homlokkerék legfontosabb méreteit mutatja be. Az osztókör d_0 átmérője, a t_0 osztás és a z fogszám között az alábbi összefüggés áll fenn,

$$d_0 \cdot \Pi = t_0 \cdot z \text{ ill. } \qquad d_0 = \frac{t_0 \cdot z}{\Pi}$$

A $\frac{t_0}{\Pi}$ viszonyszámot modulnak nevezzük és „m" –el jelöljük. Ennek segítségével $t_0 = m \cdot \pi$ és $d_0 = m \cdot z$

Az MSZ 434 meghatározza a normális modulok választékát.

7.1.3. A fogazás második törvénye



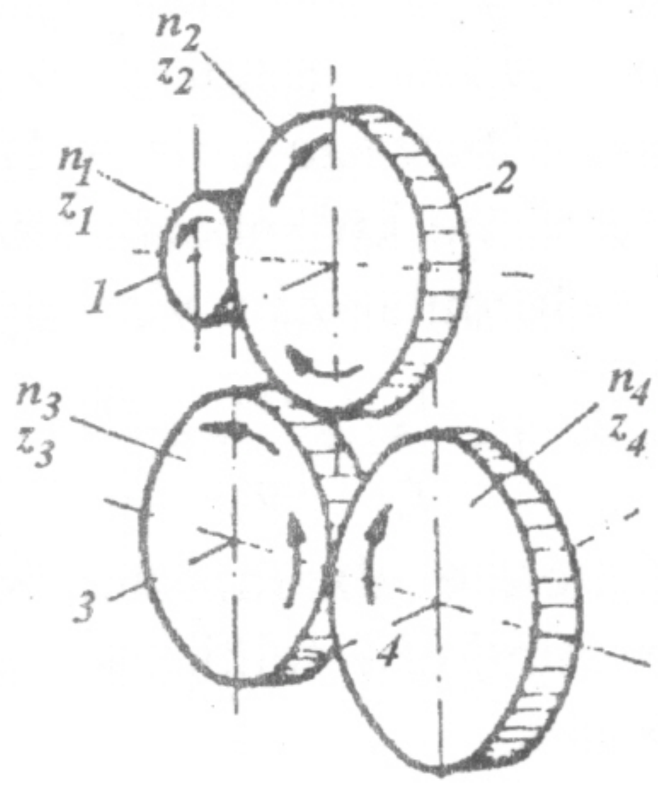
7.8. ábra

Az első törvényben megfogalmazottakon túlmenően a fogazat állandó módosítása megkívánja azt is, hogy két fogaskerék együttműködésénél egy fogoldalpár mindig kapcsolatban legyen. A *7.8. ábrán* látható fogazatnál ennélfogva az a követelmény, hogy A_1B_1 = e kapcsolási ívnek, amely a gördülőkörön a kapcsolódás kezdetétől a végéig befutott körív, egyenlőnek kell lennie a t_0 osztással vagy annál nagyobbnak kell lennie. Az 'e' kapcsolóívnek és a t_0 osztáshoz való viszonya a kapcsolószám és 'ε' –nal jelöljük. $\varepsilon = \frac{e}{t_0} \geq 1$

7.1.4. Fogaskerék rendszerek

A fogaskerekek általában fogaskerékrendszerekké összeépítve fordulnak elő. Az összeépítés módja szerint megkülönböztetünk:

- Soros hajtást, amikor a fogaskerekek sorban egymás után hozzák létre a kapcsolatot (*7.9.* ábra). Ha felírjuk páronként az áttételi viszonyokat:



7.9. ábra

1-2 kerékpárra: $\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow n_1 = n_2 \frac{z_2}{z_1}$ (7.1)

2-3 kerékpárra: $\frac{n_2}{n_3} = \frac{z_3}{z_2} \Rightarrow n_2 = n_3 \frac{z_3}{z_2}$ (7.2)

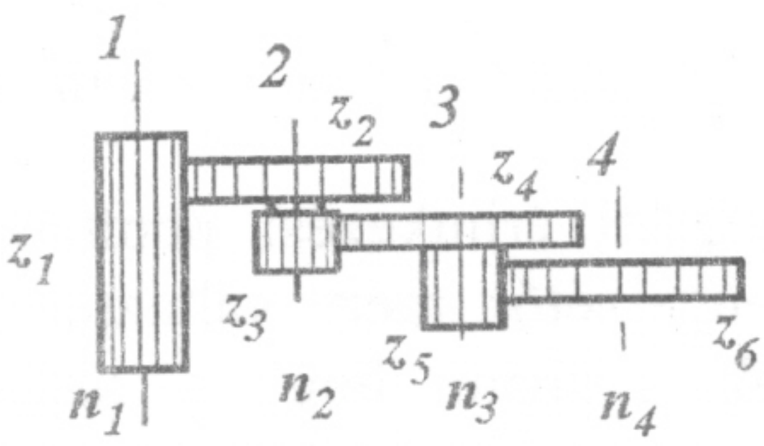
3-4 kerékpárra: $\frac{n_3}{n_4} = \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow n_3 = n_4 \frac{z_4}{z_3}$ (7.3)

és behelyettesítjük 7.3-at 7.2 képletbe, majd 7.1-be

$$n_1 = n_4 \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_3}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_1} = n_4 \frac{z_4}{z_1} \quad (7.4)$$

vagyis sorosan kapcsolt kerekeknél a közvetetítő kerekek az áttételt nem befolyásolják csak a forgás irányát.

- Közvetítő kerekes áttétel, amikor a fogaskerékpárok úgy kapcsolódnak egymással, hogy az egyik fogaskerékpár tengelyére van ékelve a következő pár meghajtó kereke (*7.10. ábra*)



7.10. ábra

Írjuk fel páronként az áttételi viszonyokat.

1-2 tengelyre: $\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow n_1 = n_2 \frac{z_2}{z_1}$ (7.5)

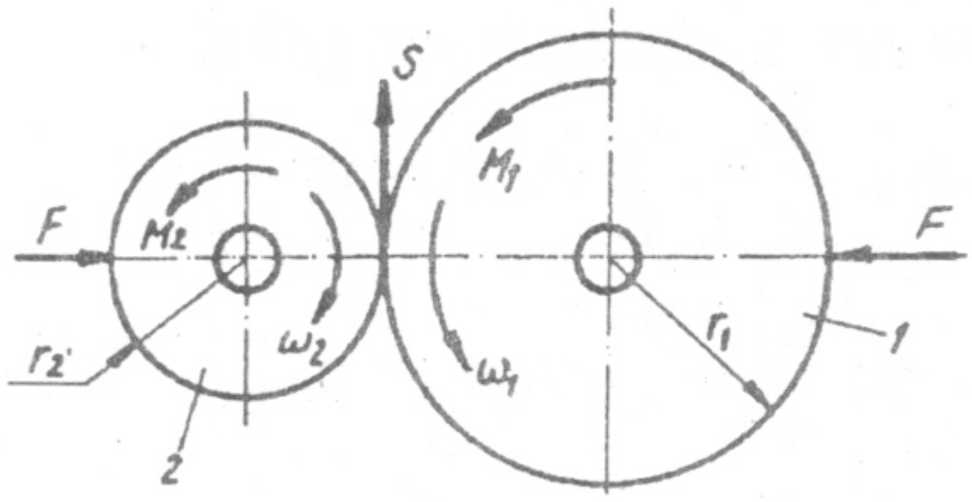
2-3 tengelyre: $\frac{n_2}{n_3} = \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow n_2 = n_3 \frac{z_4}{z_3}$ (7.6)

3-4 tengelyre: $\frac{n_3}{n_4} = \frac{z_6}{z_5} \Rightarrow n_3 = n_4 \frac{z_6}{z_5}$ (7.7)

A képleteket egymásba helyettesítve $n_1 = n_4 \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_2}{z_1}$ (7.8)

7.2. Dörzskerekes hajtóművek

Ha két tárcsát F_{sz} szorító erővel összenyomunk, és az egyik tárcsára nyomatékot fejtünk ki, akkor a súrlódóerő hatására a másik tárcsára nyomaték származtatható át. (*7.11. ábra*) Ezt a hajtást súrlódó- vagy dörzshajtásnak nevezzük.



7.11. ábra

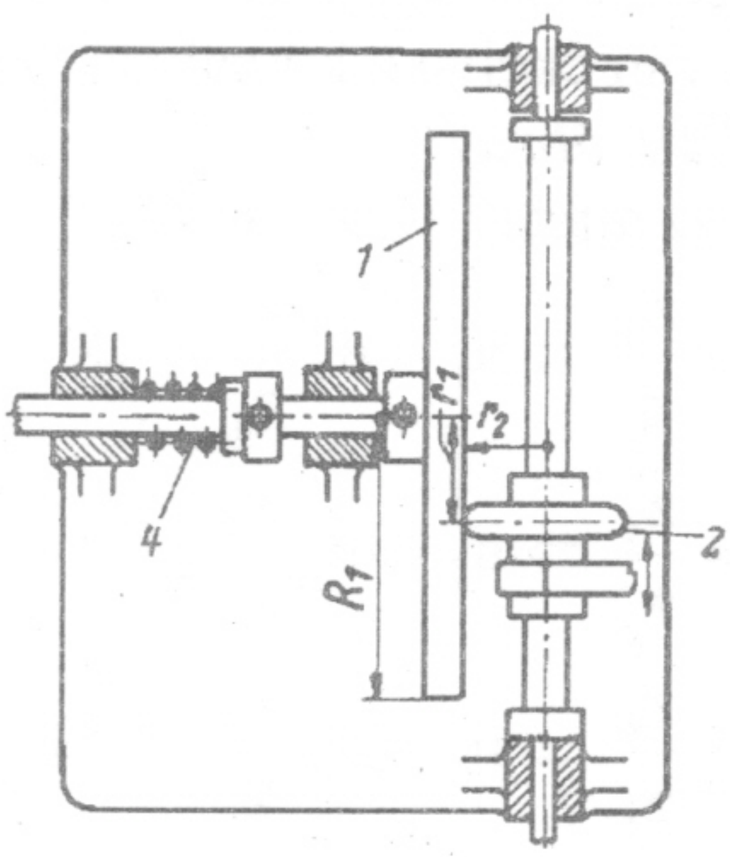
A két forgó elem között, ha megcsúszás nincs, akkor mindkét forgó elem kerületi sebessége azonos. Ha a két elem átmérője különböző, akkor az áttételi és fordulatszám viszonyok a következők: $i = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$

A súrlódóhajtások kisebb teljesítmények átvitelére alkalmasak. Számolnunk kell a megcsúszás veszélyével, amely az érintkező felületek nagy mértékű kopása miatt jön létre és általában nem kívánatos.

7.2.1. Súrlódó hajtások megoldási módjai

A súrlódó hajtások állandó és fokozatmentes átvitelek megvalósítására, valamint irányváltásra alkalmazhatók. A 7.12. ábra két egymásra merőleges tengelyű fokozatmentes súrlódó hajtást mutat be. Ha a '1' síktárcsát hajtjuk meg, akkor a hajtás áttétele

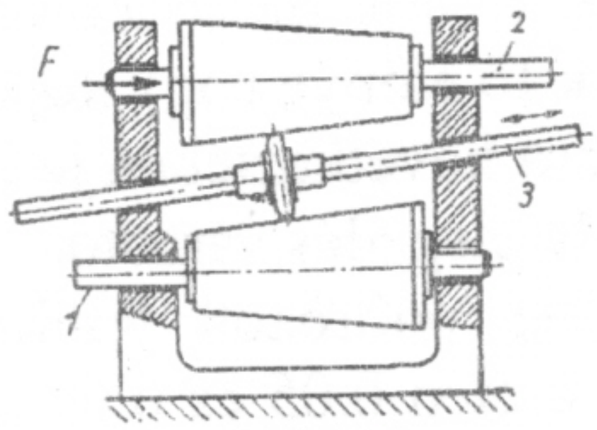
$i = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ahol r_1 –el a súrlódó görgő-síktárcsa közötti érintkezési pontnak a síktárcsa forgástengelyétől mért változtatható távolságát jelöljük. Látható, hogy a súrlódó görgő eltolásával az áttétel széles határok között változtatható és ha a súrlódó görgőt a síktárcsa forgástengelye fölé toljuk irányváltást is megvalósíthatunk.



1,3 - síktárcsa
2 - eltolható súrlódó görgö
4 - szorító erőt előállító rugó

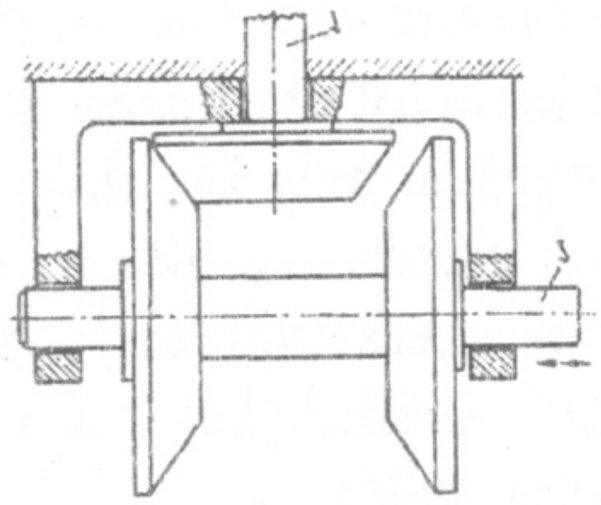
7.12. ábra

A *7.13. ábrán* két kúpos henger között elhelyezett állandó átmérőjű közvetítő elemet helyeztünk el és a tengely irányában történő elmozdításával a két

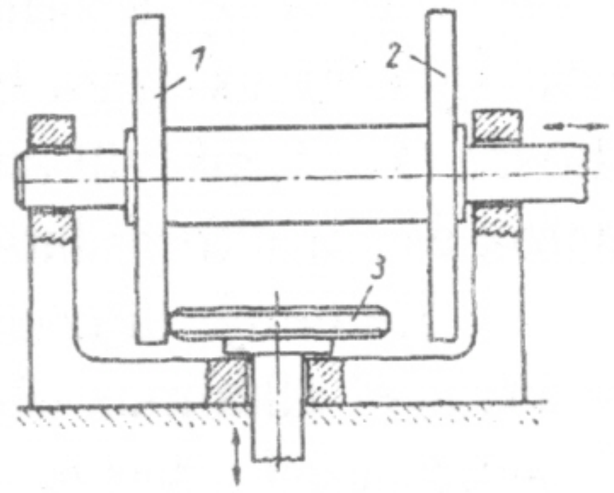


1,2 - súrlódó kúp
3 - súrlódó görgő

7.13. ábra



7.14. ábra



7.15. ábra

kapcsolódó kúphenger átmérőinek aránya fokozatmentesen változik.
A *7.14.* ábrán egy állandó áttételű, de irányváltásra alkalmas megoldást mutatunk be. A *7.15.* ábra irányváltóval egybeépített fokozatnélküli súrlódóhajtást ábrázol.

7.2.2. Dörzskerekek szerkezeti anyagainak párosítása

A dörzskerekes hajtásokhoz felhasznált szerkezeti anyagoknak néhány alapvető feltételt kell kielégíteniük, a biztos működés és a nagy élettartam követelményeinek megfelelően. A dörzskerekeknek lehetőleg nagy legyen a súrlódási tényezője, igen kopásállóak legyenek és a nyomóerők hatására igen csekély maradó alakváltozást szenvedjenek. Ezek a követelmények egy anyagpárosítással egyidejűleg optimálisan sohasem elégíthetők ki. Ennek megfelelően két anyagcsoportot különböztetünk meg, a lágy és a kemény dörzskerékanyagokat.

A lágy dörzskerékanyagok súrlódási tényezője nagy, úgyhogy meghatározott erő átviteléhez a dörzskerekek között viszonylag kis nyomások szükségesek. További előnyük, hogy az ilyen dörzsanyagok nagyon csendes járást biztosítanak. Fő hátrányuk viszont, hogy az érintkezési helyen nagy a rugalmas alakváltozás és a kopásállóság kicsi. Az alakváltozás a működés közben fellépő gyúrási munka miatt nagy felmelegedést okoz és ennek megfelelően a hatásfok kicsi. Ezért a lágy szerkezeti anyagokból készült dörzskerekes hajtások nagyobb teljesítményekre csak feltételesen használhatók.

Lágy dörzskerekek anyagául 80. . . 90 Shore keménységű speciális gumi bizonyult megfelelőnek. Gumin kívül néha-néha még bőrt, speciális azbeszt anyagokat, fibert, textolitot és vulkollánt használnak.

A kemény szerkezeti anyagoknak a lágy anyagokhoz képest kicsi a súrlódási tényezőjük. Az előbbi esettel összehasonlítható kerületi erők tehát csak viszonylag nagy szorítóerő alkalmazásával vihetők át. Ennek megfelelően a csapágyterhelés nagyobb. A kemény szerkezeti anyagok fő előnye nagy kopásállóságuk. Ezenkívül az érintkezési hely kis alakváltozása következtében jó hatásfok és nagy fordulatszámok esetén is csak csekély felmelegedés várható.

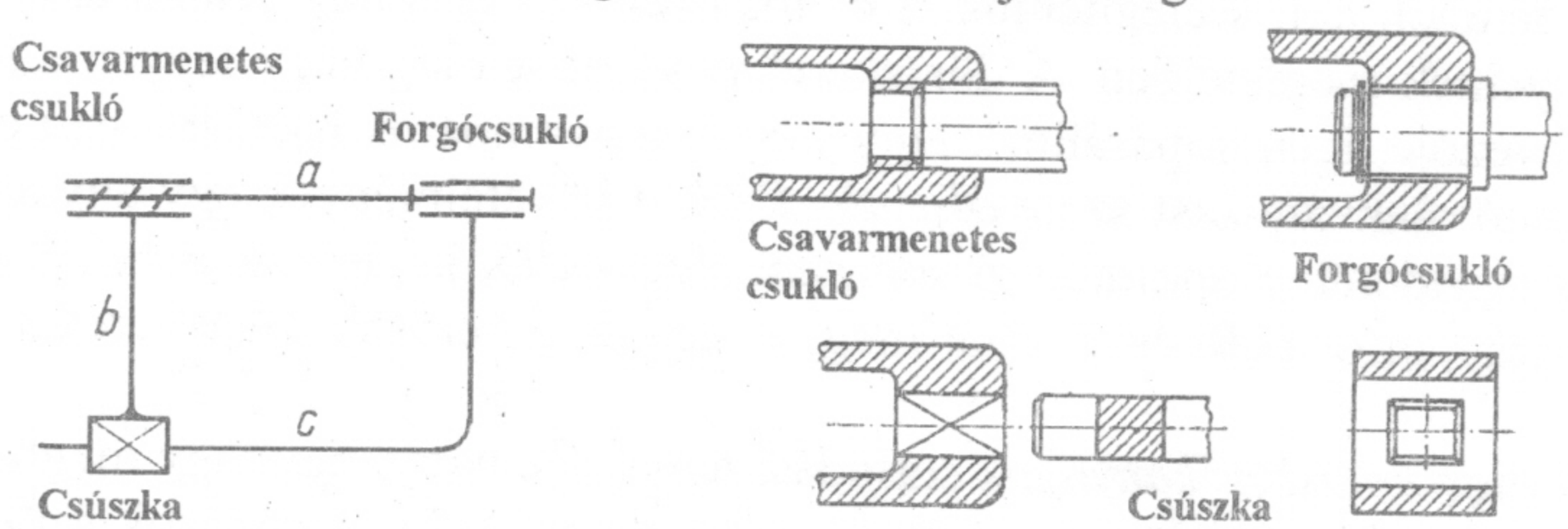
Kemény dörzskerekek szerkezeti anyagául főleg polírozott felületű, edzett acél alkalmas olaj alatt. Acélkerekek párosítása esetén 0,05 és 0,01 közötti súrlódási tényező értékek érhetők el.

7.3. Csavarmenetes hajtás

A csavarmenetes hajtómű olyan mechanizmus, amely legalább egy, üzemszerűen mozgásban lévő csavarmenetes alkatrészt tartalmaz. A csavarmenetes hajtás lehetővé teszi kölcsönösen a forgás, csavarodás és a hosszanti elmozdulás egyenletes átalakítását.

A hajtómű rendszerint három tagból áll.

A *7.16. ábrán* látható leggyakrabban alkalmazott egyszeres csavarmenetes hajtómű egy csavarmenetes csuklóból, egy forgócsuklóból és egy csuszkából áll. A hajtómű minden tagja elemenként két elempárt tartalmaz, így az ábrának megfelelően a következő tagokat különböztetjük meg:



7.16. ábra

a tag csavar- és forgóelemmel
b tag csavar- és csúszóelemmel
c tag forgó- és csúszóelemmel

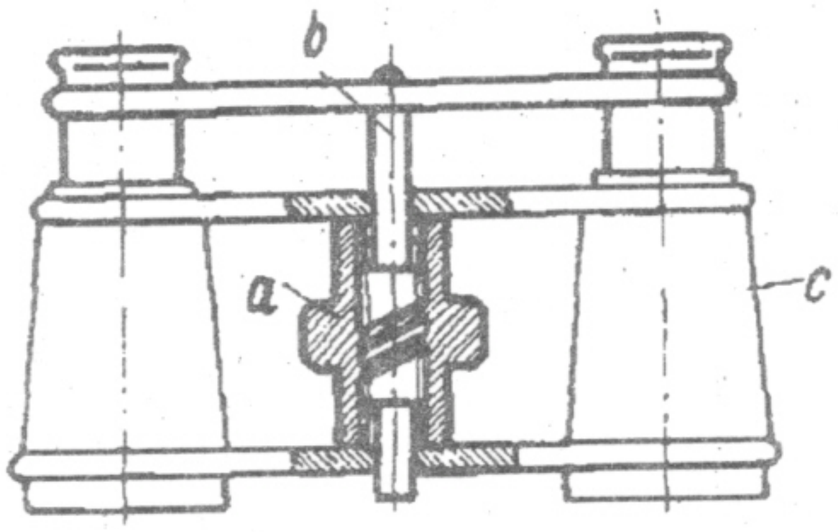
Az elempárok mindegyike tömör- és üreges részből áll, amelyek a kényszermozgás befolyásolása nélkül felcserélhetők.

Aszerint, hogy a három tag közül melyiket használjuk hajtó- vagy hajtott tagként, ill. melyiket rögzítjük, a mozgásátalakításra a következő lehetőségek adódnak:

állvány	hajtó	hajtott	mozgásátalakítás
c	*a*	*b*	Forgást elmozdulássá
c	*b*	*a*	Elmozdulást forgássá
b	*a*	*c*	Csavarvonal alakú mozgást elmozdulássá
b	*c*	*a*	Elmozdulást csavarvonal alakú mozgássá
a	*c*	*b*	Forgást csavarvonal alakú mozgássá
a	*b*	*c*	Csavarvonal alakú mozgást forgássá

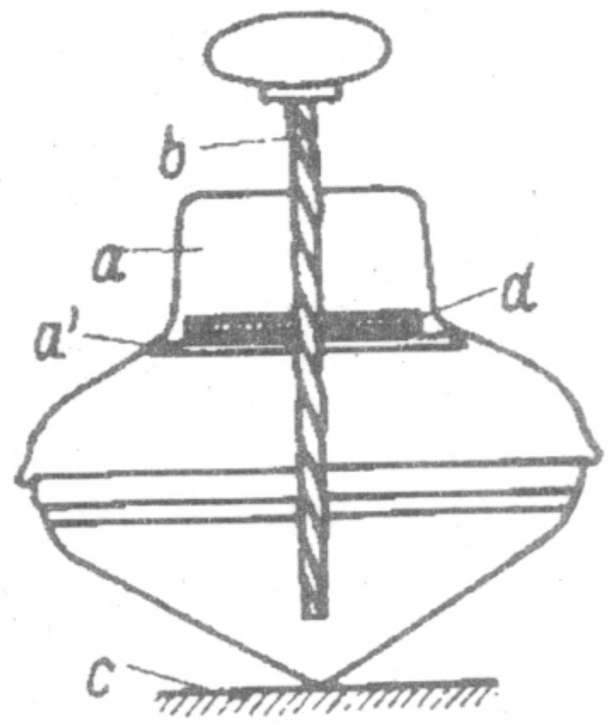
A következőkben egy-egy példát mutatunk be.

A *7.15. ábrán* egy távcső élesre állítása látható. Forgómozgás átalakítása elmozdulássá.



7.17. ábra

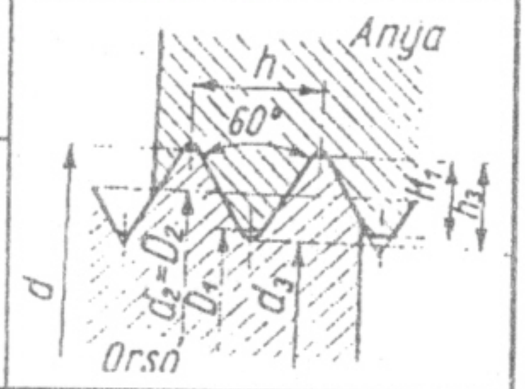
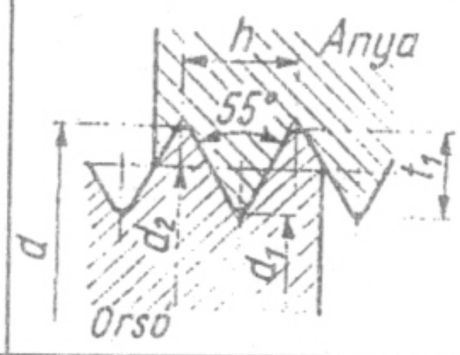
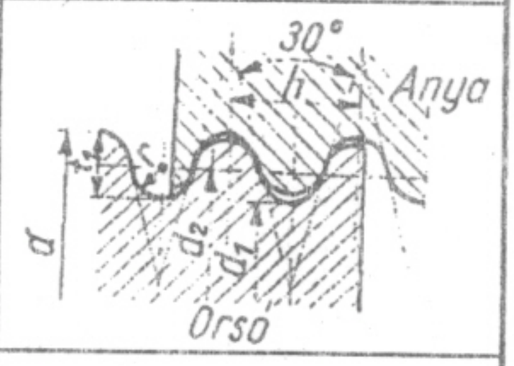
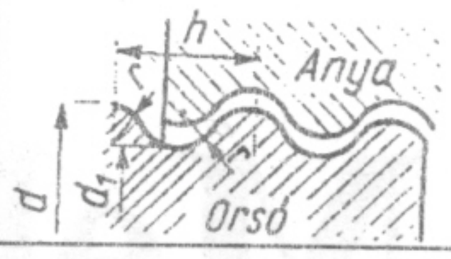
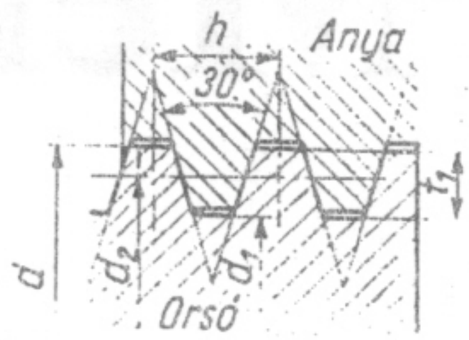
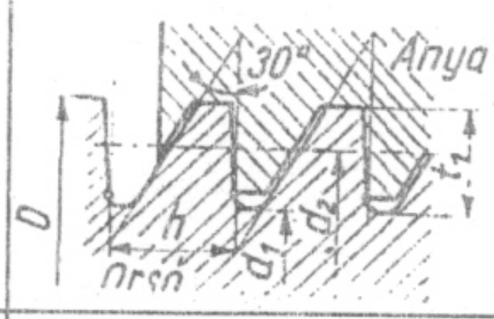
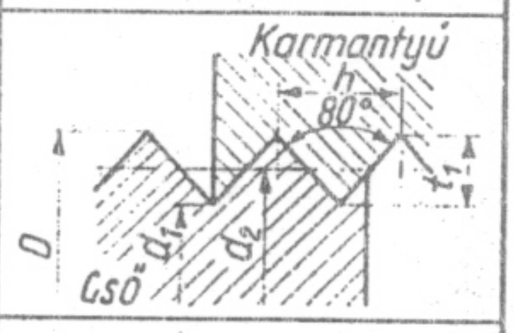
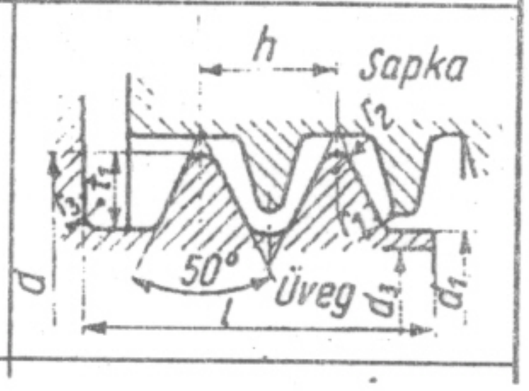
A *7.18. ábrán* egy játékpörgettyű látható, amely a elmozdulás átalakítása forgómozgásra mutat példát.



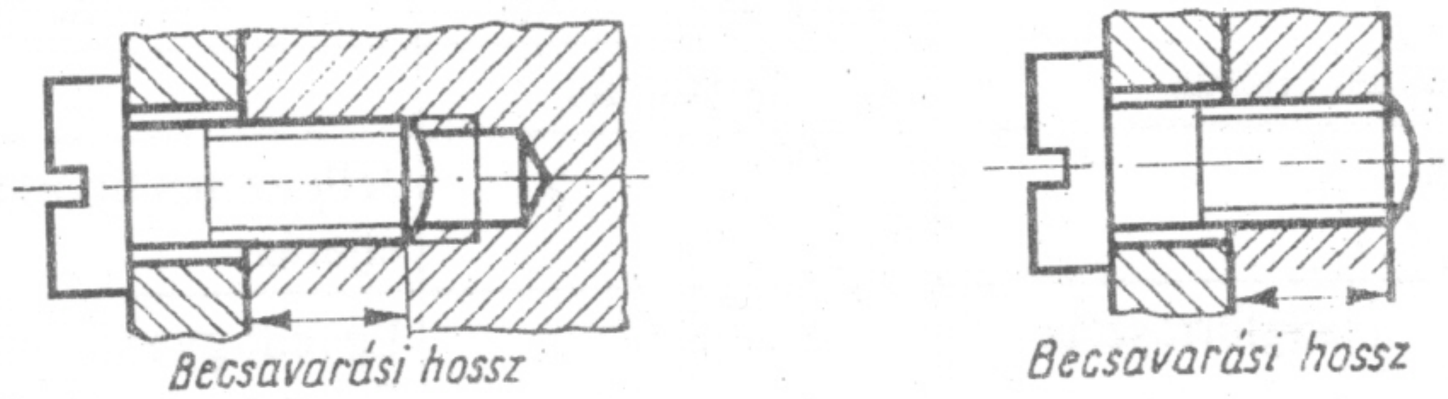
7.18. ábra

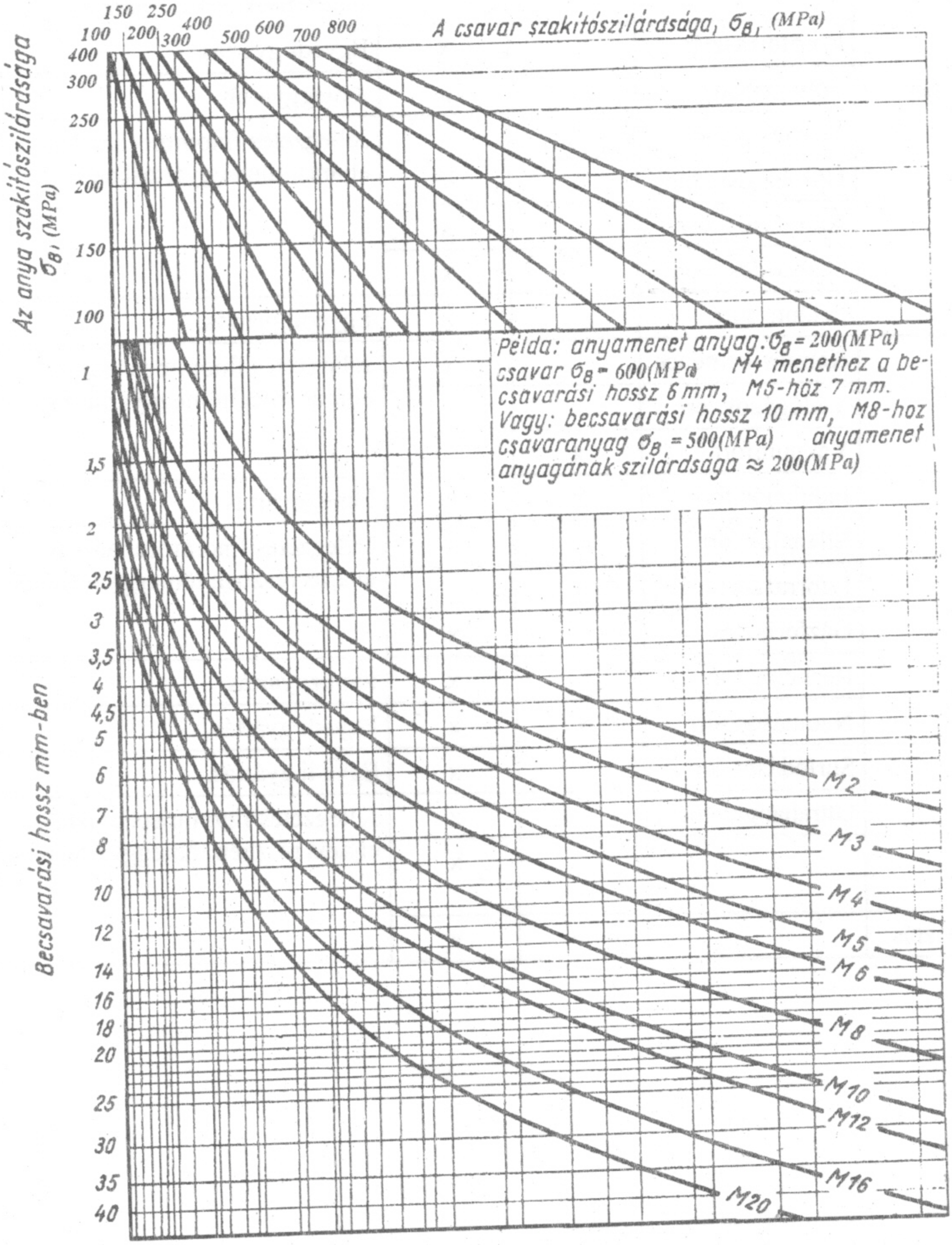
Mellékletek

I.sz. melléklet Szabványos menetek

A menet típusa	Alkalmazás	Szelvény
métermenet MSZ 203,204	*rögzítéshez*	
finom métermenet MSZ203,205	*kis menetemelkedéshez; pl.lencsefoglalatok, csapágycsavarok, vékony falú csövek*	
Whitworth menet MSZ202	*szerelvények, kábel-vezetékek, menetperemek szereléséhez*	
zsinórmenet MSZ208	*kopást vagy szennyeződést akadályozó szerelvénygyártás*	
elektromenet	*biztosítékok, foglalatok, lámpaaljazatok*	
trapézmenet MSZ207	*mozgató menetekhez*	
fűrészmenet MSZ209	*azonos irányban ható menetekhez, pl. orsók*	
acélpáncél csőmenet	*átmenő szerelvényekhez, kábel bevezéshez*	
menetek védőüvegekhez, porcelán és öntött sapkákhoz	*zárófedelekhez és sapkákhoz*	

II.sz. melléklet **Diagram a becsavarási hossz meghatározására**





III.sz. melléklet **Forrasztási eljárások és alkalmazási területeik**

Forrasztási eljárás		Kemény forrasztás	Lágy forrasztás	Alkalmazási terület
Forrasztópákával			x	Jellegzetes finommechanikai eljárás
Lángforrasztás	lángforrasztás	x	x	Egyedi gyártás, Jellegzetes finommechanikai eljárás
	kenőforrasztás		x	Egyedi gyártás
Kádforrasztás	Sófürdőben		x	tömeggyártás
	Merítéses forr.	x		Jellegzetes finommechanikai eljárás, tömeggyártásban is
	Ultrahangos forr.		x	
	Áramlásos forr.		x	
	Olajfürdős forr.		x	
	Felöntő forr.		x	Egyedi gyártás,
Kemence-forrasztás	Kamrás-kemence		x	Jellegzetes finommechanikai eljárás főleg tömeggyártásban
	Védőgázos forr.	x		
	Vákuumforr.	x		
Elektro-forrasztás	Indukciós forr.	x	x	tömeggyártás
	Ellenállásforr.	x	x	Jellegzetes finommechanikai eljárás részben tömeggyártásban
	Ívforrasztás	x		
	Gázforrsztás		x	
	Reakciós forr.		x	tömeggyártás
	Nyomásos forr.	x	x	Egyedi gyártás,
Súrlódásos forrasztás	Súrlódásos forr.		x	Egyedi gyártás,
	Ultrahangos forr.		x	Jellegzetes finommechanikai eljárás részben tömeggyártásban
Diffúziós forrasztás			x	
Hideg forrasztás			x	

IV.sz. melléklet **Finommechanikai működtető elemek**

Az energia	*Munkaelemek*		
	tárolóelemek	*vezető elemek*	*átalakító elemek*
mechanikai	Energiatárolók statikus: rugó súly dinamikus: lendítőtömeg pörgettyű statikus-dinamikus billegő inga Információtárolók: lyukkártya lyukszalag hanglemez	Tengelyek és csapágyazásaik Rudazat, szán és csapágyazásaik	Hajtások: fogaskerekes dörzskerekes húzóelemes csavaros mozgatás emelőkaros bütykös és legördüléses
optikai	Fényforrások: izzólámpa parázslámpa fluoreszkáló testek	Fényvezetése: vákuumban, gázokban, átlátszó testekben	Irányeltérítők: prizma lencse tükör
villamos	Energiatárolók: gavanikus, villamos akkumulátor telep kapacitív: kondenzátor induktív,mágneses tekercs mágnes Információtárolók: mágneses mágnesszalag ferritgyűrű mágneslap stb. elektronikus csöves, tranzisztoros kapcsolások	galvanikus, villamos: fém vezető, kábel kapacitív: dielektromos vezető mágneses: mágneses vezető elektronikus: elektron- és ionsugár villamos-mágneses: üreges vezető	Feszültségátalakítók transzformátor egyenirányító váltóirányító erősítő határoló frekvenciaváltók: frekvenciaosztó frekvencia-sokszorozó fázistoló impulzus-átalakító szűrő

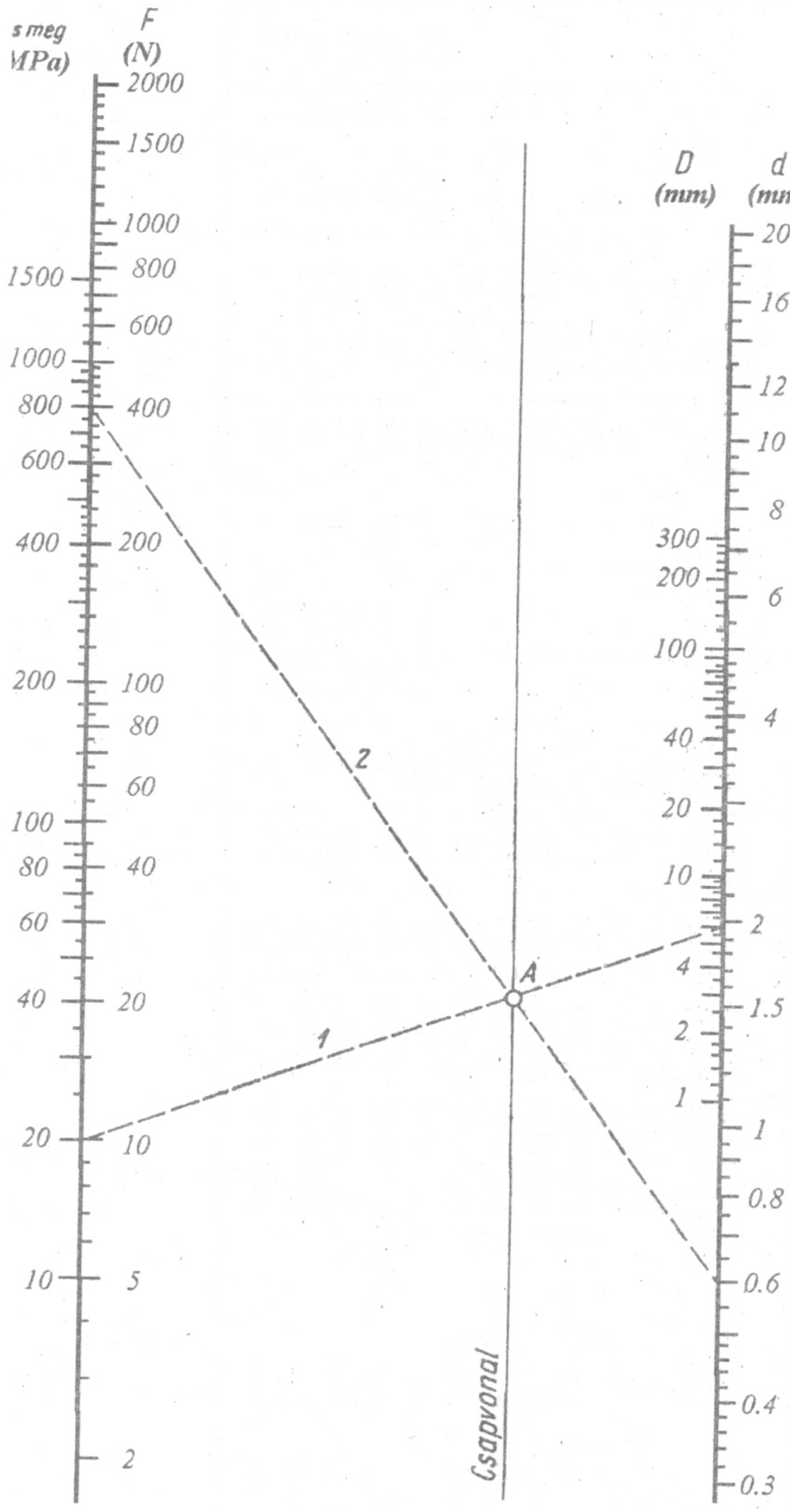
IV.sz. melléklet **Finommechanikai működtető elemek**

Az energia	*Illesztő elemek*		
	nyugalmi elemek	*kapcsolóelemek*	*vezérlő és szabályozó e*
mechanikai	megakasztó szerkezet ütköző fék csillapítás oldhatatlan tengelykapcsoló merev állítható	szakaszos mozgató kapcsolómű oldható tengelykapcsoló	Fékes szabályozók szél-lapátos szabályozó centri-fugális szabályozó gátlós szabályozó
optikai	fényszűrő fényrekesz	Zárszerkezet (központi zár)	Automatikus fényrekeszbeállítás: teljesen automatikus megvilágítás vezérlés
villamos	Ohmos ellenállások: állandó értékű változtatható értékű: mechanikus: potenciométer optikai: fényellenállás villamos: varisztor termikus: termisztor szigetelők	Kapcsolók és érintkezők mechanikus: kapcsoló relé választó elektronikus: cső tranzisztor tunneldióda fotodióda biztosító hőkapcsoló	folytonos: P- szabályozó I- szabályozó PID- szabályozó nem folytonos: kétállású szabályozó mintavételes szabályozó

V.sz.melléklet **Rugóanyagok és terhelhetőségük**

Az anyag megnevezése	Rugalmassági és csúsztató rugalmassági modulus, $*10^7$ [Pa]		Megengedhető igénybevétel, $*10^7$ [Pa]											
			nem megeresztett rugókra						megeresztett rugókra					
			$\sigma_{h\ meg}$			$\tau_{cs\ meg}$			$\sigma_{h\ meg}$			$\tau_{cs\ meg}$		
	E	G	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
órarugó-szalagacél	20 000	8000	180	140	–				180	140	–			
szalagacél, edzett	20 000	8000	75	60	50				100	84	70			
V2-szalagacél, kemény	18 300	7300	40	37	30				48	44	36			
bronzlemez WBz6	10 700	4200	35	30	11				42	36	13			
sziliciumbronzlemez	12 000	4200	18	15	5,5				22	18	6,5			
újezüsz lemez Ns13	12 000	4500	32	27	10				38	32	12			
nikkellemez, kemény	13 500	4800	35	29	11				42	35	13			
sárgalemez, Ms 63	10 000	3500	22	18	6,5				26	22	7,8			
rugóacélhuzal	20 000	8000	85	75	55	60	50	30	120	100	77	84	70	42
V2A-acélhuzal, kemény	18 300	7300	45	40	30	35	30	20	63	56	42	49	42	28
bronzhuzal WBz 6	10 700	4200	40	32	18	23	17	9	56	45	25	32	24	12
újezüsthuzal	12 000	4500	36	29	15	20	14	8	50	40	21	28	18	11
sárgaréz, Ms 63	10 000	3500	24	18	9	16	10,5	5,5	33	25	13	22	14	7,5

VI.sz melléklet **Nomogram húzó- és nyomórugók számításához**



Adott:
a rugóerő F = 1 N;
A közepes menet-átmérő:D = 6 mm.

Keressük a *d* huzalátmérőt és a τ nyírófeszültséget.

Az *F*-ből és *D*-ből adódó *1* egyenes kimetszi a csapvonalon az *A* pontot.

A *2* egyenest tetszés szerint az *A* ponton keresztülfektetve megkapjuk a *d* és $\tau_{cs\ meg}$ értékét.

Például d = 6 mm, $\tau_{cs\ meg}$ > 800 Mpa