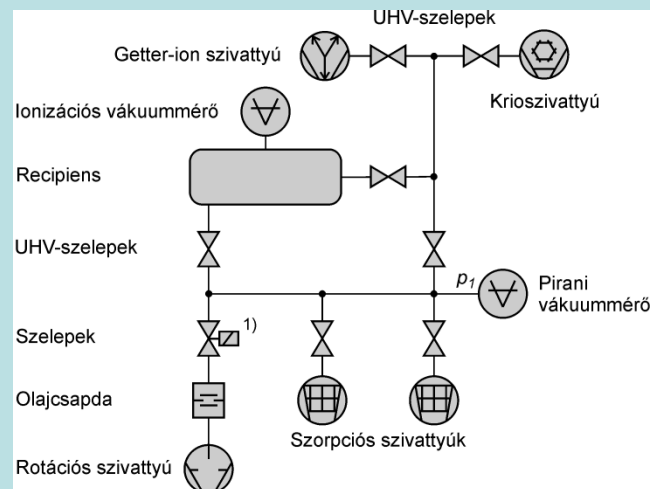


# VÁKUUMTECHNIKA

*Bohátka Sándor és Langer Gábor*

## 10. TECHNIKAI ISMERETEK

## 11. VÁKUUMRENDSZEREK FELÉPÍTÉSE, ÜZEMELTETÉSE



## **10. TECHNIKAI ISMERETEK**

### **10.1. VÁKUUMTECHNIKAI ANYAGOK**

**Az anyagokat mechanikai, elektromos és egyéb tulajdonságaik mellett vákuumtechnikai anyagként a következők szerint minősítjük:**

**Elsősorban:**

- gáztömörségük (lyukasságuk, azaz a megengedett gázszivárgás függ az alkalmazástól, de pl.  $10^{-7}$  mbar nyomáshoz  $<10^{-9}$  mbar $\cdot$ s $^{-1}$ )
- felületi gázleadásuk – párolgás (gőznyomás), deszorpció;
- kigázosodásuk (diffúzió az anyag belsejéből a felületre, majd onnan deszorpció);
  - eleve kevés gázt tartalmazzon (vákuumban olvasztott fémek);
  - könnyen kigázosítható legyen;
- gázáteresztésük – permeáció;
- gázmegkötésük – ad- és abszorpció, kémiai kötés.

**További szempontok:**

- korrózióállóság;
- tiszta felületek;
- magas olvadás- és forráspont;
- mechanikai szilárdság;
- környezetéhez illeszkedő hőtágulási együttható.

- A vákuumtechnikában gyakran használt anyagok:  
fémek, kerámiák, üvegek, műanyagok, gumik, zsírok, olajok.

### **Legfontosabb fémek és fémötvözetek**

- Lágyacélok csak  $10^{-6}$  mbar felett ajánlhatók.
- Rozsdamentes acél (korrózióálló még a kikályházáskor is)  
nem mágnesezhető fajták pl. analizátorokhoz, gyorsítókhoz.
- Speciális ötvözetek alacsony hőtágulási együtthatóval  
kötésként üveghez, kerámiához (Kovar, Fernico, Vacon, Nilo-K)
- Alumínium (inkább elő- és nagyvákuumra, ritkábban UHV-ban)  
porózus felületi oxidréteg, nagy hőtágulás, jó hővezető,  
tömítésre csak 100 °C-ig.
- Réz (jó elektromos és hővezető, oxigén törékennyé teszi)  
OFHC (oxigénmentes, nagy vezetőképességű) réz tömítésnek  
kb. 300 °C-ig.
- Arany és ezüst (tömítés önállóan, bevonat tömítésen, csavaron,  
forraszanyag alkotóeleme)
- Indium (lágy, olvadáspontja 156 °C, tömítésre használják)
- Wolfram, tantál, molibdén, grafit (magas olvadáspont)
- Titán (Zr, Ba, Mo) tisztán és ötvözetben jó getter anyag

## Üvegek

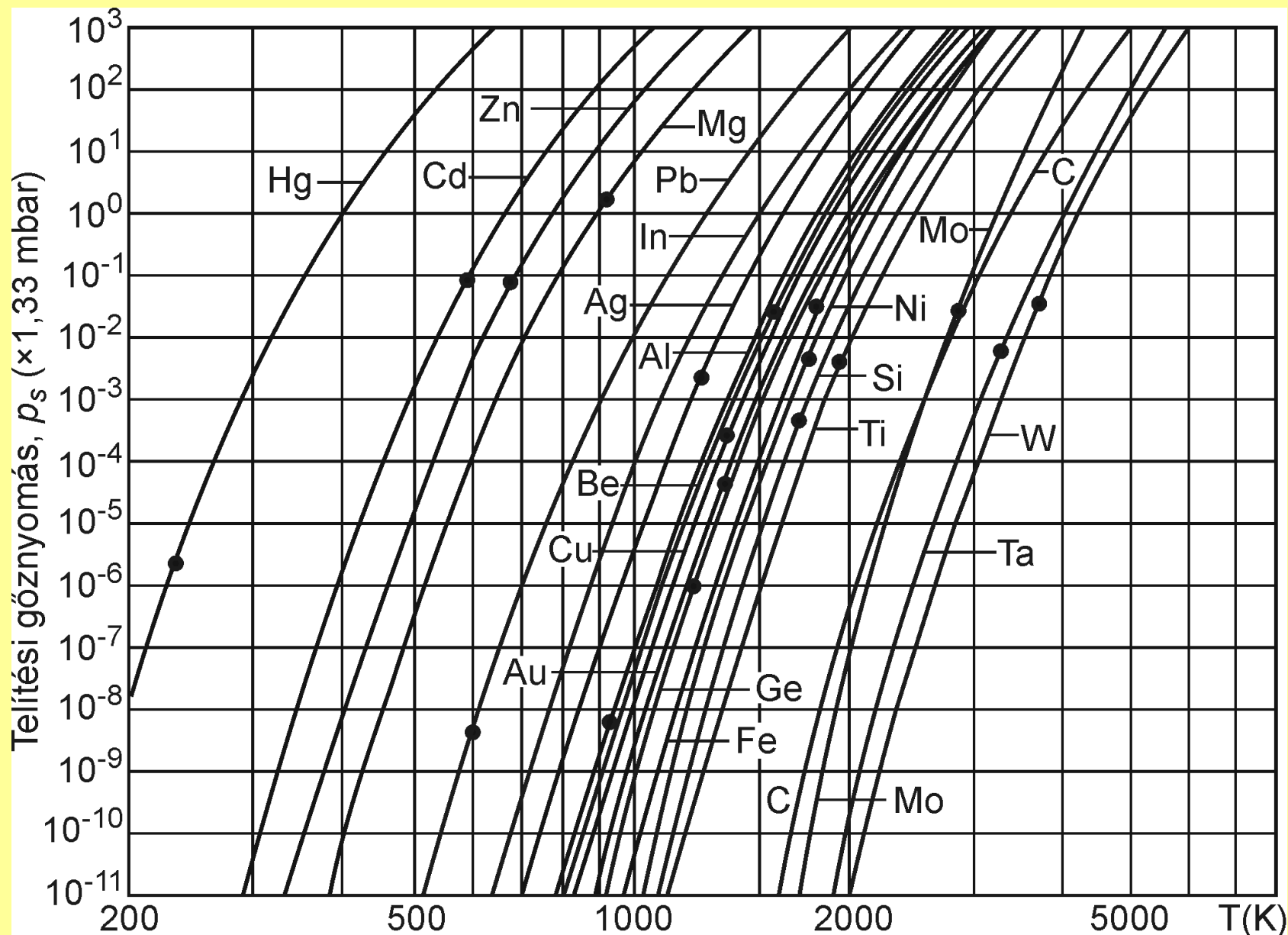
- Lágýűveg ( $\text{SiO}_2$  70% alatt, a többi rész tipikusan alkálifém-oxid)  
lineáris hőtágulási együttható:  $\alpha = (60 - 120) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ,  
érzékeny a hőingadozásra, jó elektromos szigetelő, alacsony permeabilitás  $\text{H}_2$  és He gázra.
- Keményűveg ( $\text{SiO}_2$  70% felett – hőálló üvegek, pl. Pyrex, Duran)  
 $\alpha < 50 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ .
- Kvarcűveg (100%  $\text{SiO}_2$ )  
 $\alpha \approx 5 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , hőingadozásoknak ellenáll, kb. 1050 °C-ig használható, alkáli fém szennyeződéstől óvni kell. Nagy permeabilitás  $\text{H}_2$  és különösen He gázra.

## Kerámiák

Nemfémes szervetlen anyagok, amelyeknek 30%-nál nagyobb része kristályos. Szigetelésre használjuk (feszültség-, áram, hűtővíz-bevezetők).

- Szilikát kerámiák (tipikusan porcelán), kb. 1000 °C-ig.
- Tiszta oxid-kerámiák (Al-, Be-, Zr-, Mg-oxid), legelterjedtebb az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , kb. 1800 °C-ig használható. UHV-ben is kiválóak.
- Üvegkerámiák (kristályos kerámiák, pl. Macor, Corning 9658):  
előnye a megmunkálhatóság, kb. 1000 °C-ig használható, hőtágulása a lágýűvegéhez hasonló.

# VÁKUUMTECHNIKAI ANYAGOK GŐZNYOMÁSA



10.1.1. ábra. Néhány vákuumtechnikailag fontos anyag gőznyomása a hőmérséklet függvényében [L2] és [W1] adatai nyomán.

**10.1.1. táblázat. Mechanikus (1-7) és diffúziós (8-13) szivattyúk olajainak gőznyomása és két jellemzője [EV4] adatai nyomán. \*280 °C felett bomlik→ toxikus gázok.**

|    | Típus          | Gőznyomás (mbar)     |                     |                     | Molekula<br>tömege (u) | Öngyulla-<br>dás (°C) |
|----|----------------|----------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
|    |                | 20 °C                | 100 °C              | 150 °C              |                        |                       |
| 1  | Ultragrade 15  | $5,8 \cdot 10^{-6}$  | $3 \cdot 10^{-2}$   |                     | 385                    | 355                   |
| 2  | Ultragrade 19  | $1 \cdot 10^{-8}$    | $1,0 \cdot 10^{-3}$ |                     | 420                    | 355                   |
| 3  | Ultragrade 70  | $2,1 \cdot 10^{-7}$  | $3 \cdot 10^{-3}$   |                     | 600                    | 360                   |
| 4  | Fomblin 06/6   | $4 \cdot 10^{-6}$    | $5 \cdot 10^{-3}$   |                     | 1900                   | nincs*                |
| 5  | Fomblin 25/6   | $4 \cdot 10^{-8}$    | $6 \cdot 10^{-5}$   |                     | 3300                   | nincs*                |
| 6  | Krytox 1506    | $5,2 \cdot 10^{-7}$  | $1,3 \cdot 10^{-3}$ |                     | 2400                   | nincs*                |
| 7  | Krytox 1525    | $1,3 \cdot 10^{-7}$  | $3,9 \cdot 10^{-5}$ |                     | 4600                   | nincs*                |
| 8  | Apiezon AP201  | $5 \cdot 10^{-6}$    | $2,4 \cdot 10^{-2}$ | $6,5 \cdot 10^{-1}$ | 310                    | 305                   |
| 9  | Szilikon DC702 | $6,7 \cdot 10^{-7}$  | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | $<10^{-1}$          | 530                    | 500                   |
| 10 | Szilikon DC704 | $1,3 \cdot 10^{-8}$  | $2,6 \cdot 10^{-4}$ | $1,3 \cdot 10^{-2}$ | 484                    | 500                   |
| 11 | Szilikon DC705 | $2,6 \cdot 10^{-10}$ | $1,3 \cdot 10^{-5}$ | $<10^{-3}$          | 546                    | 500                   |
| 12 | Santovac 5     | $2,6 \cdot 10^{-10}$ | $6,5 \cdot 10^{-6}$ | $4 \cdot 10^{-4}$   | 446                    | 590                   |
| 13 | L9             | $7,8 \cdot 10^{-10}$ | $2,6 \cdot 10^{-5}$ | $2,3 \cdot 10^{-3}$ | 407                    | 370                   |

### 10.1.2. táblázat. Fontosabb műanyagok ([L2] és [J1] adatai nyomán).

|    | Kereskedelmi név                | Szerkezete                                                      | DIN ISO 1629   | Jellemzői                                 | Vákuumtechnikai alkalmazása                                   |
|----|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. | Tygon,<br>Vinylite,<br>Astralon | Polivinil-klorid                                                | lágypvc        | Kémiaileg ellenálló,<br>olcsó             | Hajlékony vezeték,<br>$p > 10^{-3}$ mbar                      |
| 2. | Perbunan N                      | Butadién akril-nitril gumi<br>(nitril-kaucsuk)                  | NBR            | Mechanikailag jó,<br>olajálló, olcsó      | Tömítés (O-gyűrű)<br>$p > 10^{-7}$ mbar<br>-25 – +80 (110) °C |
| 3. | Neoprén                         | Poliklór-butadién                                               | CR             | mint a 2.                                 | mint a 2.                                                     |
| 4. | Sziloprén                       | Szilikongumi                                                    | MVQ            | +150 °C-ig                                | Ritkán használják                                             |
| 5. | Viton                           | Vinilidén fluorid-hexafluor-propén kopolimer<br>(fluor-kaucsuk) | FPM            | -10 (-20) – +200 °C között stabil         | $p > 10^{-8}$ mbar<br>tömítés                                 |
| 6. | Teflon,<br>Hostaflon,<br>Halon  | Poli-tetrafluor-etilén                                          | PTFE           | +300 °C-ig stabil,<br>kis kigázosodás     | Tömítés, szigetelés<br>HV és UHV-ban                          |
| 7. | Kel F                           | Poliklór-trifluor-etilén                                        | CFM<br>(PCTFE) | mint a 6., nagyon hidegben is             | Szeleptömítés<br>hidegtechnikában                             |
| 8. | Kalrez                          | *<br>Perfluor-kaucsuk                                           |                | +300 °C-ig stabil,<br>kémiaileg ellenálló | O-gyűrű, cső,<br>lemezek                                      |

(\*Tetrafluor-etilén és perfluor-metil vinil éter kopolimer)

### 10.1.3. táblázat. Vákuumzsírok ([EV4], [L2] és [J1] adatai nyomán).

| Típus                                   | Alkalmazás                                         | Gőznyomás<br>20°C-on, mbar | Max. hőmérséklet<br>°C                |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| AP101                                   | Tág hőmérs. tart., ideális<br>laboratóriumi haszn. | $<10^{-5}$                 | Op. $> 200\text{ °C}$                 |
| Apiezon T                               | Üveg és általános haszn.                           | $<10^{-8}$                 | Op. $125\text{ °C}$                   |
| Apiezon W wax                           | Csatlakozások<br>szigetelése nagyvák.-ban          | $10^{-8}$                  | $80\text{-}90\text{ °C}$ -on<br>lágyl |
| Lithelen                                | Csiszolatok és csapok<br>$< 10^{-2}$ mbar          | $10^{-10}$                 |                                       |
| Apiezon L,<br>AP100                     | Csúszó, forgó tömítések                            | $<10^{-10}$                | $10 - 30$<br>(Op. $47\text{ °C}$ )    |
| Apiezon PFPE 501<br>(perfluor-poliéter) | Csúszó, forgó tömítések                            | $1,7 \cdot 10^{-12}$       | 250                                   |
| Szilikon<br>nagyvákuum zsír             | Csiszolatok, csapok<br>$< 10^{-2}$ mbar            |                            | 180                                   |
| Diffelen                                | Forgó átvezetők                                    | $2 \cdot 10^{-9}$          | 120                                   |
| Ultratherm 2000                         | Kenés                                              | $< 10^{-9}$                | min. 150                              |



## VÁKUUMTECHNIKAI ANYAGOK KIGÁZOSODÁSA

A vákuumba helyezett anyagokban oldott gázok kidiffundálnak az anyag felületére, onnan a vákuumtérbe deszorbeálódnak. Az anyagban oldott gázok időben csökkennek: kigázosodás.

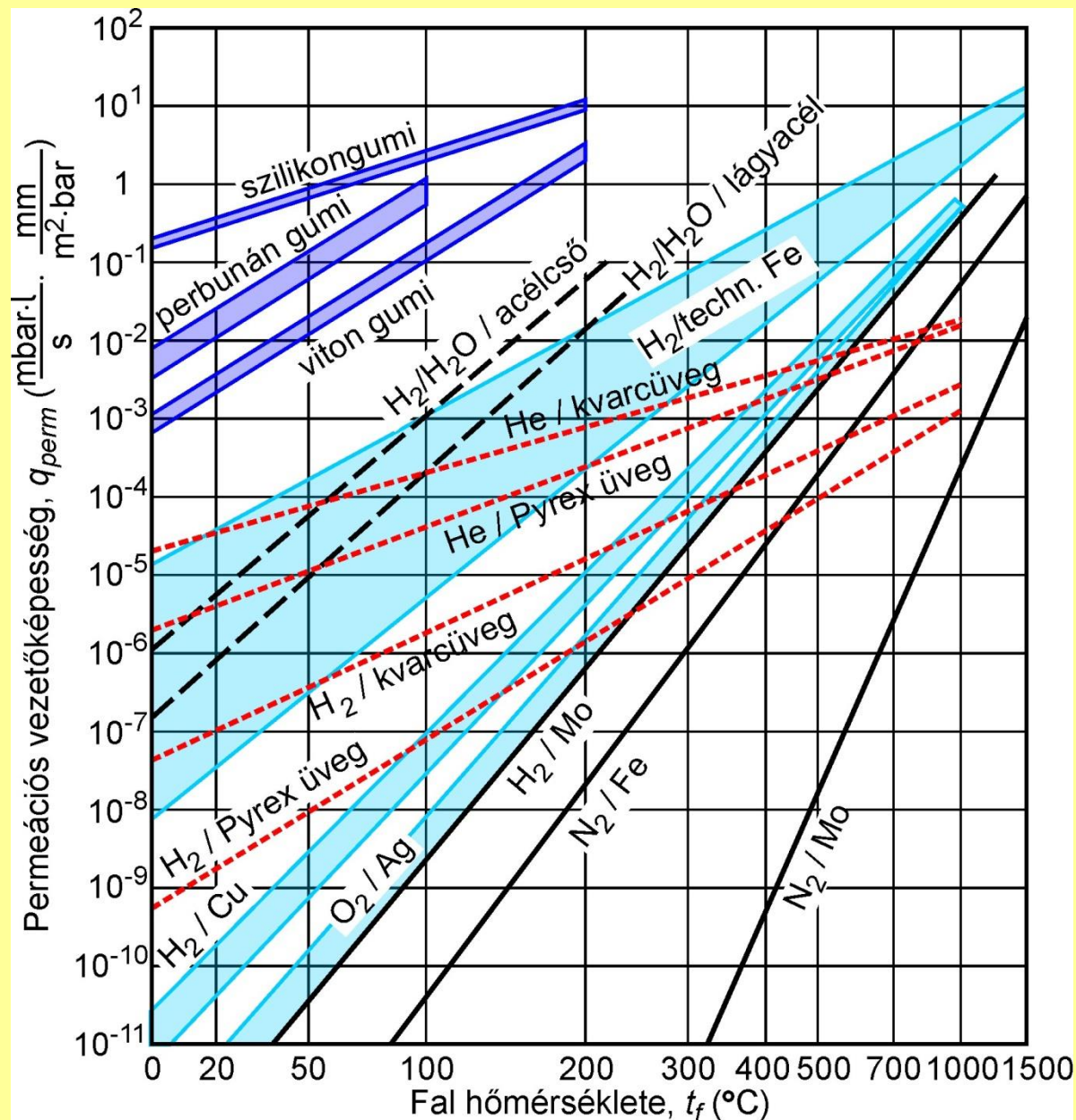
10.1.4. táblázat. Néhány anyag kigázosodása [W1] adatai alapján  
 $10^{-9}$  mbar $\cdot$ s $^{-1}$ cm $^{-2}$  egységben.

| Al      | Duralu-<br>minium    | Au<br>huzal     | Cu               | OFHC Cu    | sárgaréz      | Mo           | Ti            |
|---------|----------------------|-----------------|------------------|------------|---------------|--------------|---------------|
| 6,3     | 170                  | 15,8            | 3,5 - 40         | 1,9 - 18,8 | 400           | 5,2          | 4 – 11,3      |
| lágycél | rozsdam.<br>acél     | polieti-<br>lén | poliszti-<br>rol | teflon     | Pyrex<br>üveg | pirofilit    | araldit       |
| 540     | 1,7; 13,5;<br>90-175 | 120 -<br>340    | 270 -<br>560     | 300        | 6,2 – 7,4     | 200 -<br>210 | 120 -<br>8000 |

10.1.5. táblázat. Néhány anyag kigázosodása a leszívási idő függvényében [W1]  
adatai alapján,  $10^{-9}$  mbar $\cdot$ s $^{-1}$ cm $^{-2}$  egységben – hozzávetőleges értékek.

|              | $10^2$ min           | $10^3$ min           | $10^4$ min           | $10^5$ min               |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Fém          | 100 - 1000           | 10 - 100             | 1 - 10               | 0,1 - 1                  |
| Perbunán     | $(2 - 7) \cdot 10^4$ | $(2 - 3) \cdot 10^4$ | $(2 - 7) \cdot 10^3$ | $(0,3 - 1) \cdot 10^3$   |
| Szilikongumi | $1 \cdot 10^5$       | $(2 - 7) \cdot 10^4$ | $(3 - 4) \cdot 10^3$ | $(0,8 - 1,5) \cdot 10^2$ |
| Viton        | $(5 - 9) \cdot 10^3$ | $(1 - 2) \cdot 10^3$ | $(3 - 6) \cdot 10^2$ | $(0,6 - 1) \cdot 10^2$   |

# VÁKUUMTECHNIKAI ANYAGOK PERMEÁCIÓJA



**$q_{perm}$  jelentése: a falon keresztül érvényesülő  $pV$  gázmennyiség-áram,**

**ha a falfelület:  $A = 1 \text{ m}^2$   
és vastagsága:  $d = 1 \text{ mm}$ ,  
a fal két oldalán a  
nyomás: 1 bar, ill. 0 mbar.**

**A  $pV$  gázmennyiség-áram  
kiszámításához  $q_{perm}$   
értékét  $\Delta p \cdot A / d$ -vel kell  
megszorozni ( $\text{bar} \cdot \text{m}^2 / \text{mm}$   
egységben).**

**10.1.2. ábra. Néhány gáz permeációs vezetőképessége ( $q_{perm}$ ) különböző anyagokra [W1] adatai nyomán.**

## **PÉLDÁK A PERMEÁCIÓ HATÁSAIRA:**

- Viton tömítés: belső átmérője: 55 mm, keresztmetszetének átmérője: 5 mm, ezt egy közgyűrűvel megvezetve összenyomjuk 3,9 mm vastagságúra. Keletkezik egy radiálisan ~5 mm vastag, átlagosan kb. 800 mm<sup>2</sup> külső felületű viton gyűrű.

Ennek a permeációja radiálisan: kb.  $1 \cdot 10^{-6}$  mbar·ℓ·s<sup>-1</sup> levegőbeszivárgás (a 10.1.2. ábra adataival szobahőmérsékleten számolva).

Egy átlagosnak számító  $S = 100$  ℓ·s<sup>-1</sup> szívósebességgel szívott kamrában csupán ennek az egyetlen viton gyűrűnek a permeációja  $p = Q/S = 1 \cdot 10^{-8}$  mbar parciális nyomást eredményez. Perbunán gumival a beömlés legalább másfélszeres.

Ezt a beömlést ugyan számottevően csökkenti, hogy a gumit a belső oldalán a fém közgyűrű határolja, de érthető az üzenet:

**ha sok gumitömítést alkalmazunk, akkor  $1 \cdot 10^{-7}$  mbar alatti nyomáson a gumitömítéseken keresztüli permeáció önmagában is a végvákuumot korlátozó tényező.**

- Nagynyomású gáztartály, pl. nagy tisztaságú gáz palackja

- porózus vagy lyukas: **a kiáramlás révén a benne lévő tiszta gáz veszteséget szenved, de az erős kiáramlás megakadályozza a külső gázok bejutását.** A gáztartály nem szennyeződik.

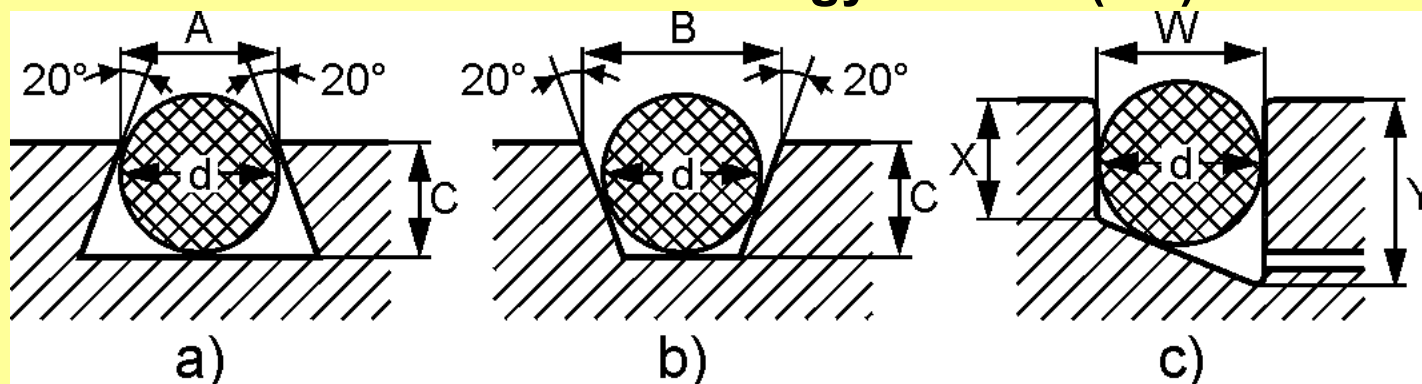
- nem lyukas, de műanyag/gumi tömítést tartalmaz (pl. az elzáró szelep): **nincs számottevő veszteség, de elszennyeződik a műanyag alkatrészen keresztül (pl. oxigénnel), mivel a permeációt a parciális nyomáskülönbség hajtja.**

- Tiszta, túlnyomásos kamra műanyag kesztyűt tartalmaz kézi műveletekhez: **a kesztyűkön keresztüli permeáció miatt folyamatosan szennyeződik a kamra olyan gázokkal, amelyekre nézve nincs tisztítás a kamrában (főleg N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>).**

## 10.2. KÖTÉSEK, TÖMÍTÉSEK, CSATLAKOZÓK, ÁTVEZETŐK

### 10.2.1. Oldható kötések

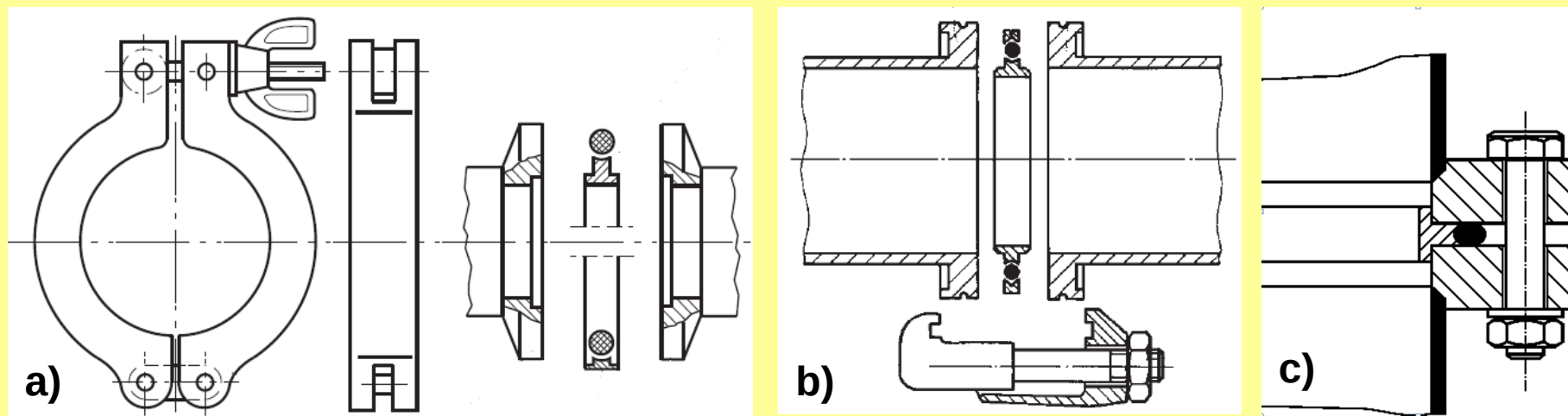
Gumi – elővákuum és nagyvákuum (HV) használatra



$$\begin{aligned}C/d &\approx 0,7; \\A/d &\approx 0,85; \\W &\approx 0,95 \cdot d; \\X &\approx 0,6 \cdot d; \\Y &\approx 1,2 \cdot d.\end{aligned}$$

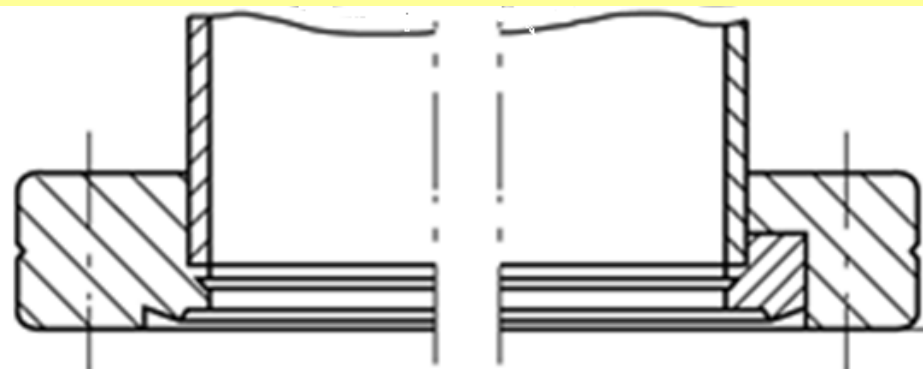
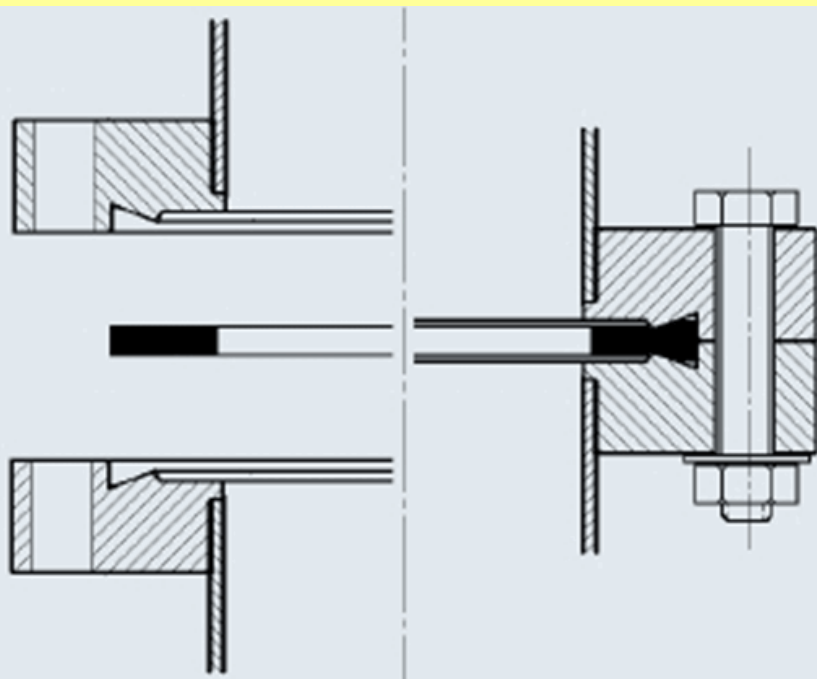
10.2.1.1. ábra. Trapéz alakú ülés gumi O-gyűrűs tömítéseknek [E3].

**A nem mozgó elemek gumitömítését nem szabad olajjal, zsírral kenni!**



10.2.1.2. ábra. Gumi O-gyűrűs tömítés tájológyűrűvel. Kisebb peremhez gyorsbilincses rögzítéssel (a, ISO-KF csatlakozás), nagyobb peremekhez körmös (b, ISO-K) és csavaros (c, ISO-F) rögzítéssel [L2].

## Fémtömítés – UHV használatra



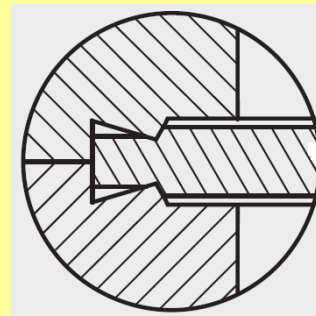
**10.2.1.3. ábra. ConFlat (Varian) fémtömítés rajza [P3], valamint fix és laza karimás perem kiképzése csővégen, illetve egy vakperem fényképe [OL2]. A perem rozsdamentes acél.**

**Tömítés: tiszta (OFHC) réz (400 °C-ig kikályházható) vagy alumínium (100 °C-ig melegíthető) karika.**

**Ha a tömítő él szöge nagyobb, az él tartósabb [L2].**

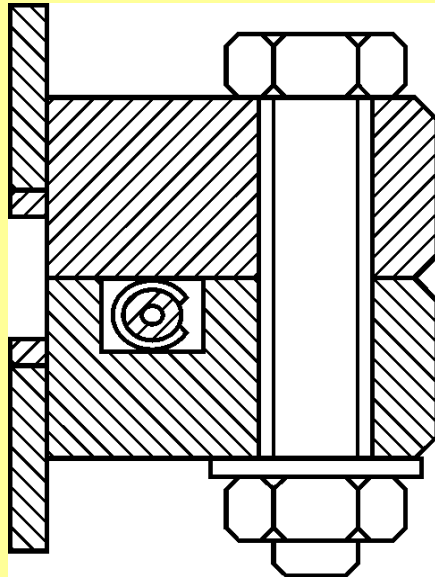
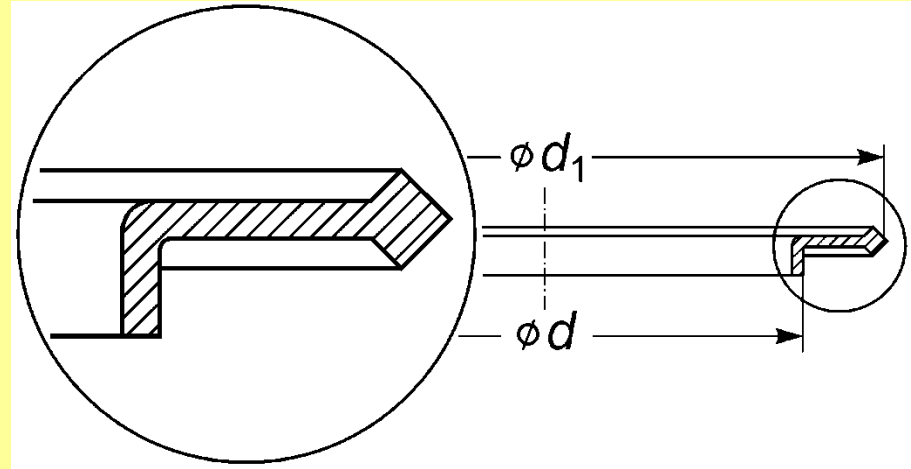
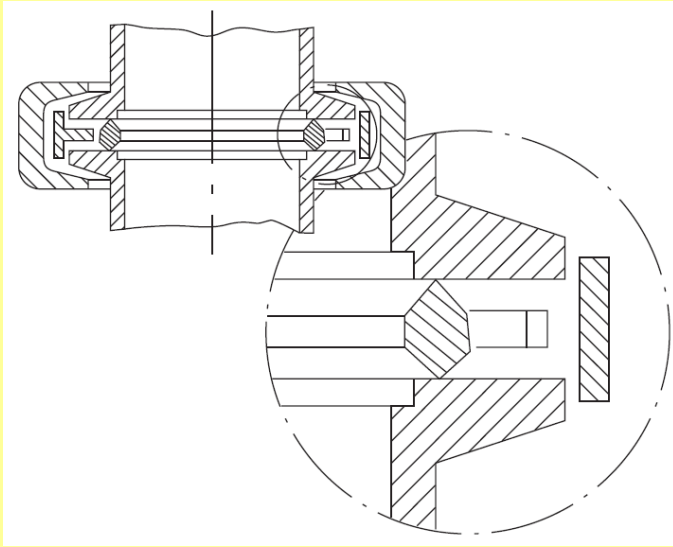


**Meghúzás: fokozatosan, a peremek párhuzamosan tartásával!**

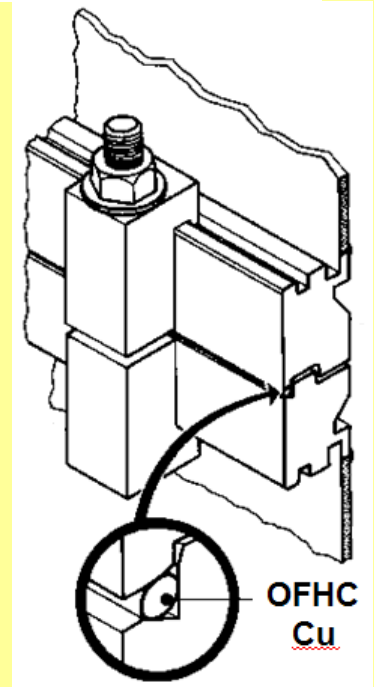




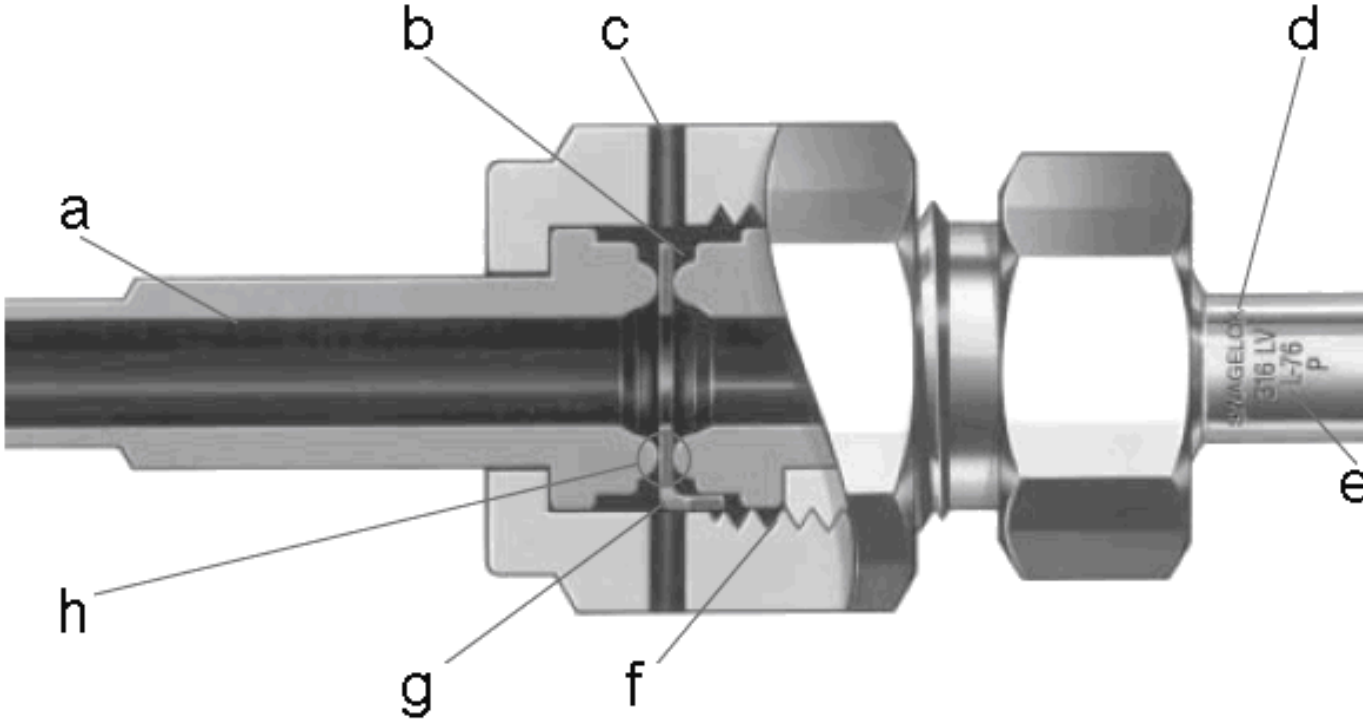
## Egyéb fémtömítések



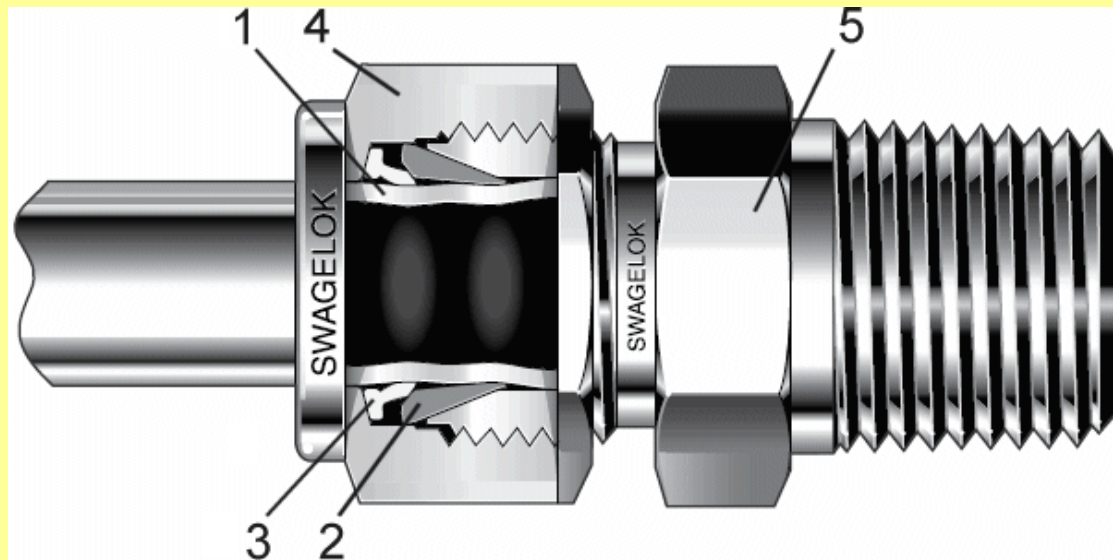
10.2.1.4. ábra. Sima rozsdamentes perem fémtömítése élben végződő alumínium gyűrűvel (fent) és belülről rugóval feszített alumínium csöves tömítés (Helicoflex), valamint rézdrótos fémtömítés (lent) [L2].



- Sima felületek közé szorított Au, Ag és In huzallal is tömítenek.
- Az In alacsony op.-je (156 °C) révén a legkülönbözőbb formákba is beolvasztható, kötése melegítéssel oldható.



**10.2.1.5. ábra. A VCR tömítés elemei [S1];**  
**a: csatlakozó csővég,**  
**b: oldalról is becsúsztható tömítés, c: két furat a lyukkereséshez,**  
**d: gyártásazonosító jel, e: anyagazonosító jel, f: menet (a könnyű szerelés érdekében ezüstözött),**  
**g: pontosan megmunkált, tájoló tartófüllel ellátott tömítés (b és g a tömítések két különböző változata), h: virtuális lyuk nélküli tömítés tartománya.**



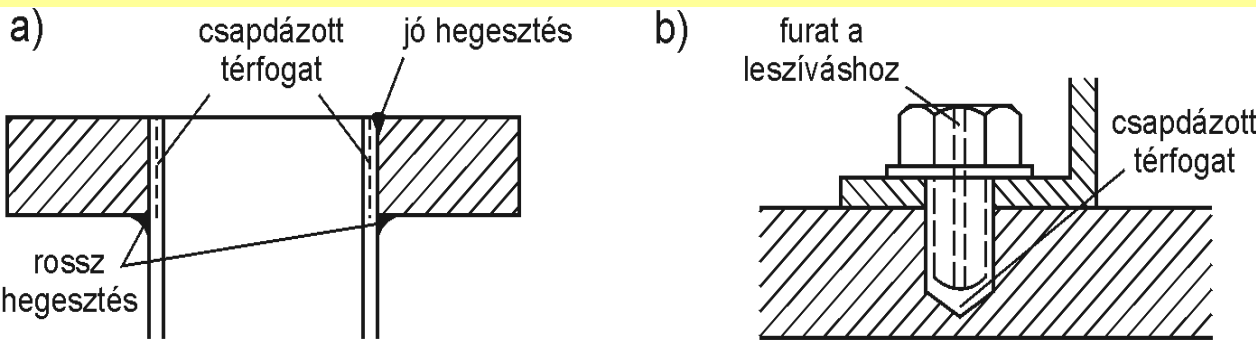
**10.2.1.6. ábra.**  
**Roppantógyűrűs csőcsatlakozás szabad csővégek befogására [S1].**  
**1: cső, 2: első gyűrű (ferrule),**  
**3: második gyűrű, 4: anya,**  
**5: befogadó idom.**

### 10.2.2. Állandó kötések

**Forrasztás:** lágy forraszok csak durva- és közepes vákuumra, kemény forrasztás ( $T > 600\text{ °C}$ ) nagyvákuumra.

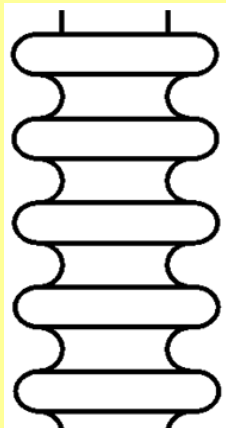
**Hegesztés:** nagy- és ultranagy-vákuumra. Ar védőgáz, elektronsugaras és lézeres hegesztés.

**Zárványok, porózus oxidált felületek, illékony segédanyagok kerülendőek!**

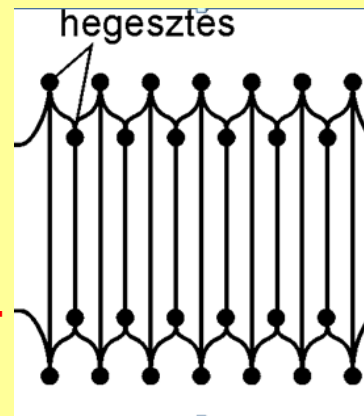


**10.2.2.1. ábra. a) A vákuum felől kell hegeszteni, b) a zsákfuratokba zárt gázok leszívását meg kell könnyíteni!**

### 10.2.3. Csatlakozások, átvezetők



**Hajlékony csatlakozó elemek. Illesztésre, mozgásbevezetésre.**

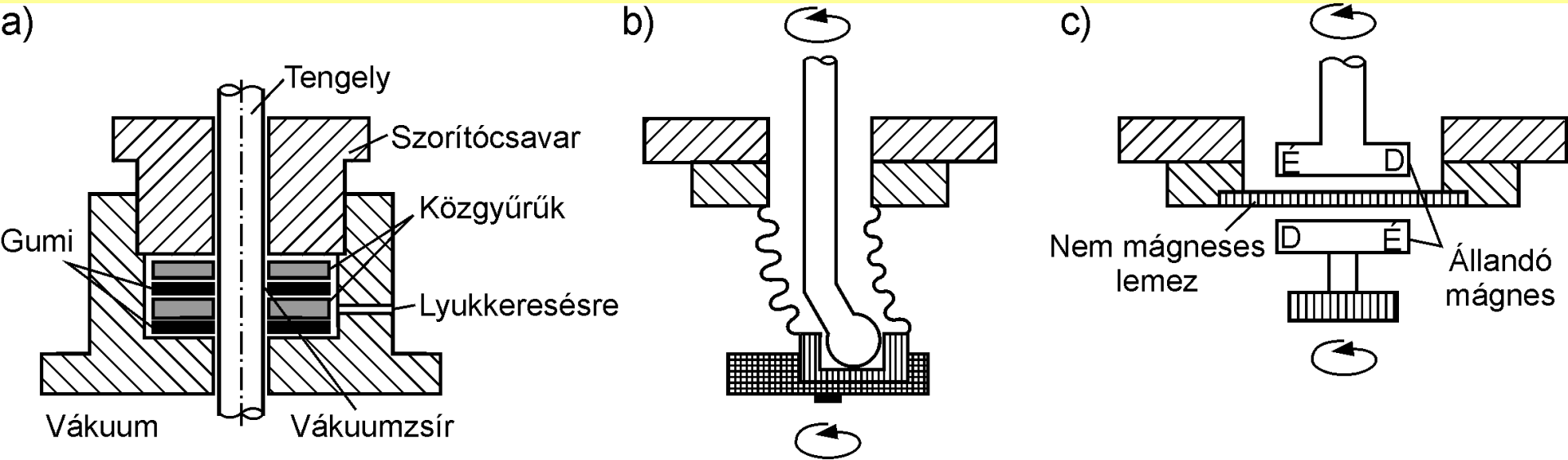
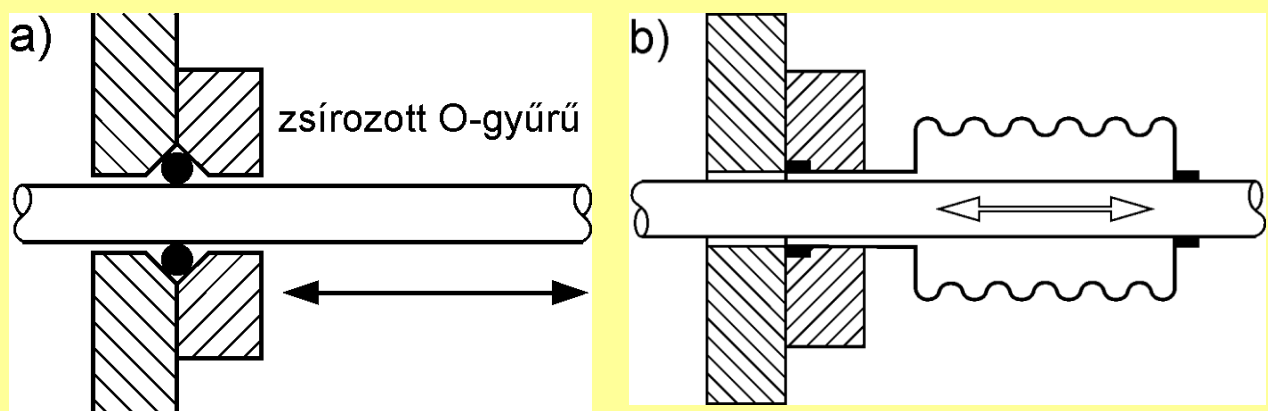


**10.2.3.1. ábra. Hullámos (csőből hidraulikusan nyomott, nagyobb erővel változtatható) és élben hegesztett (lágyabb) csőmembrán [KL1].**

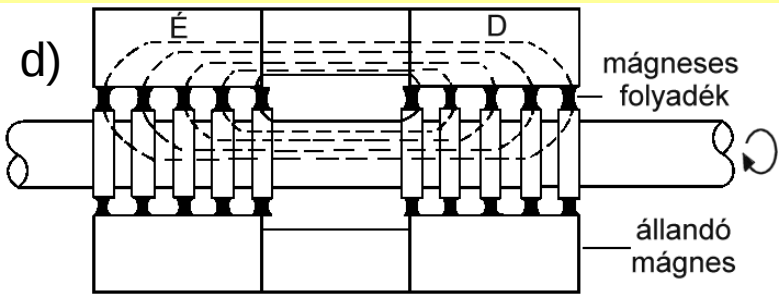


**Mozgásátvezetők**

**10.2.3.2. ábra.**  
**Hosszanti**  
**mozgásbevezető**  
**a) O-gyűrűs és**  
**b) csőmembrános.**



**10.2.3.3. ábra. Forgásbevezetők:** a) zsírozott gumilapokkal (Wilson-tömítés) – ma inkább O-gyűrűvel; b) ingadozó csőmembránnal; c) permanens mágnessel, zárt lapon keresztül; d) mágneses folyadékkal alkotott O-gyűrűkkel (ferromágneses szuszpenzió olajban).



## Szigetelt átvezetők

Fém-kerámia átmenettel: a csatlakozás fém, a szigetelő kerámia ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

### - Elektromos

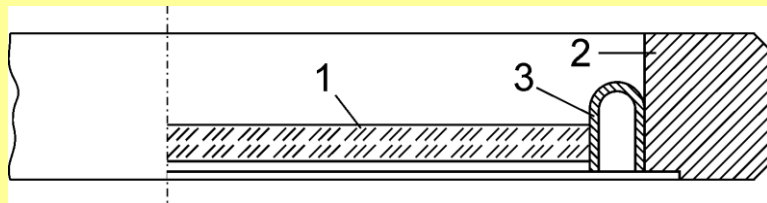
- nagy áramra nagy átmérőjű (lehetőleg réz) vezető,
- nagy feszültségre a kúszóáramok ellen nagy felületi úthosszú (hullámosított) szigetelő.

### - Folyadék (pl. hűtővíz) bevezetése

olyan mint az elektromos, csak az átvezető nem rúd, hanem cső.



10.2.3.4. ábra. Szigetelt átvezetők [KL1].

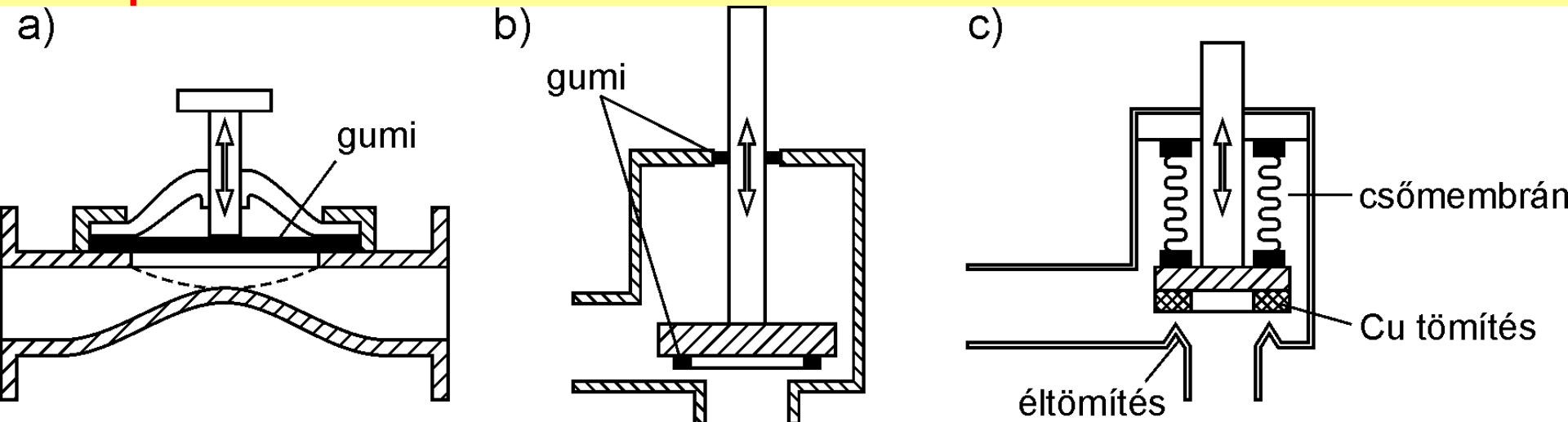


10.2.3.5. ábra. Betekintő ablak elvi rajza (1: üveg, 2: rugalmas lemez, hőtágulása átmenet a perem és üveg között, 3: rozsdamentes perem) és fényképe [KL1].

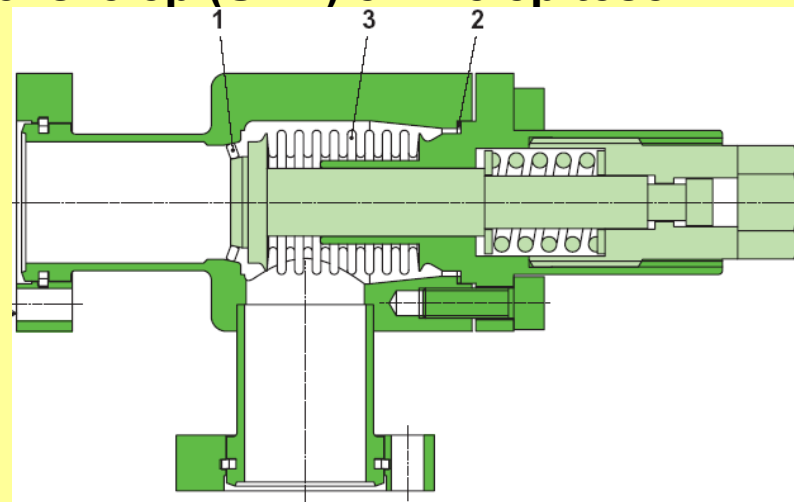
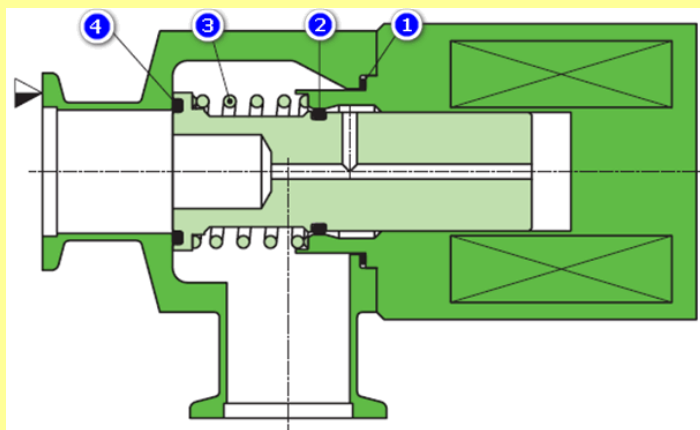


## 10.3. VÁKUUMTECHNIKAI ALKATRÉSZEK, ELEMÉK

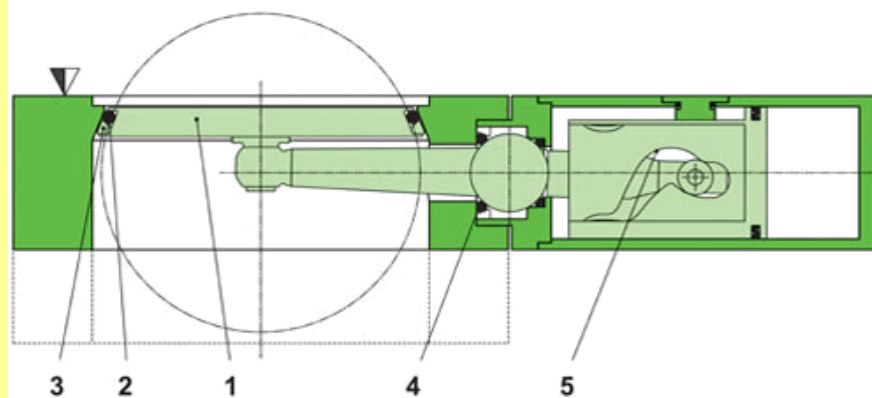
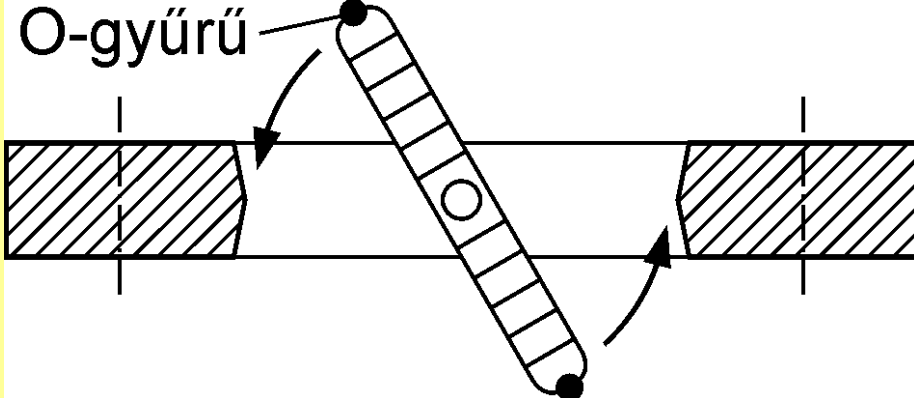
### Szelepek



10.3.1. ábra. a) Gumimembrános szelep (durvavákuum), b) gumi O-gyűrűs (nagyvákuum) és c) fémtömítéses sarokszelep (UHV) elvi felépítése.

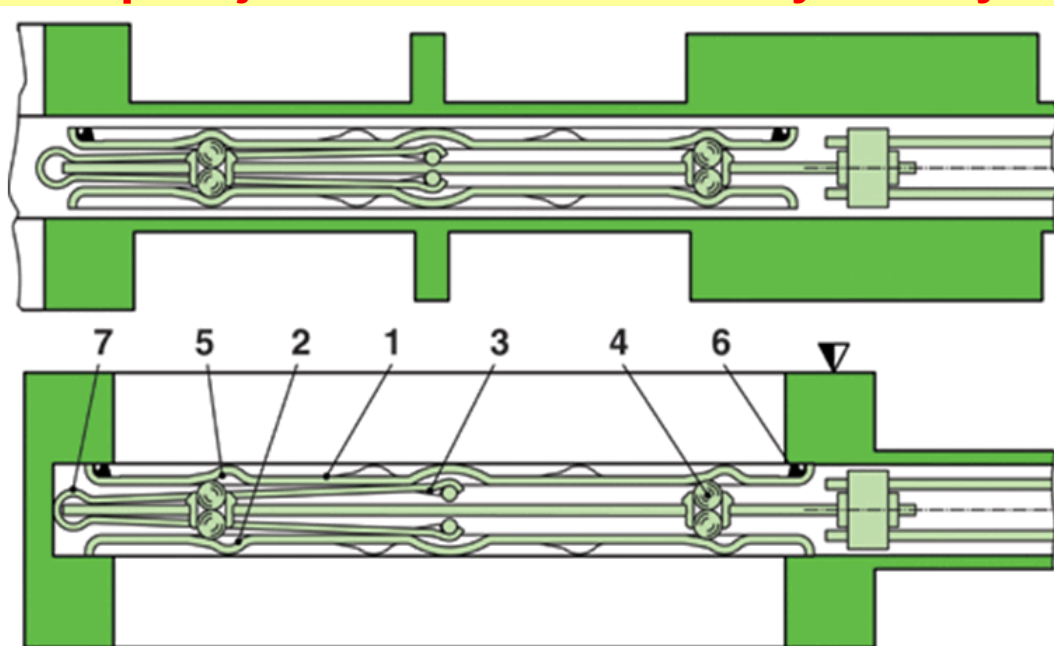


10.3.2. ábra. Gumitömítéses (nagyvákuumra; 1,2,4: tömítés; 3: zárórugó) és fémtömítéses (UHV-ra; 1: speciális fémtömítés – Vatrings; 2: ház tömítése; 3: csőmembrán) sarokszelep elektromágneses, ill. kézi működtetéssel [V2].



10.3.3. ábra. Balra: **pillangószelep** (butterfly valve) vázlata. Jobbra: egy Vatterfly pillangószelep [V2] rajza. 1: zárótárca, 2, 4: tömítések, 3: tartógyűrű, 5: spirális mechanizmus. Különlegessége: előbb kiemelkedik a tárcsa a szeleppülésből, azután fordul el: kicsi a súrlódás, kevés a kopás (100.000 zárás garantált, szivárgás:  $< 10^{-9}$  mbar $\cdot$ s $^{-1}$ , nyomástartomány:  $10^{-9}$  mbar – 2 bar.

**Zsilip: teljes keresztmetszetben nyit. Ionnyalábok, tárgyak átvezethetők rajta.**



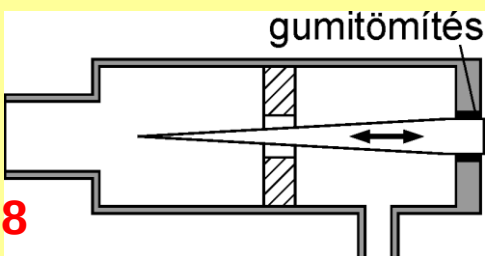
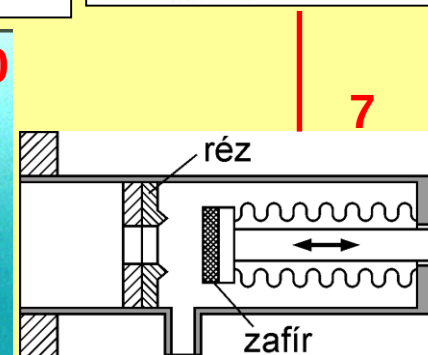
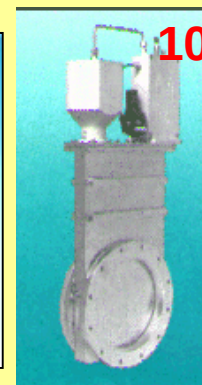
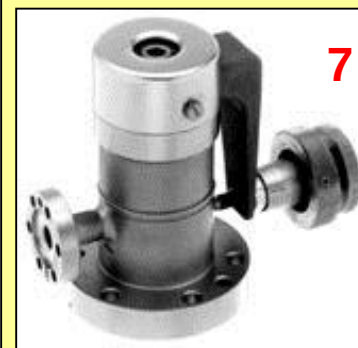
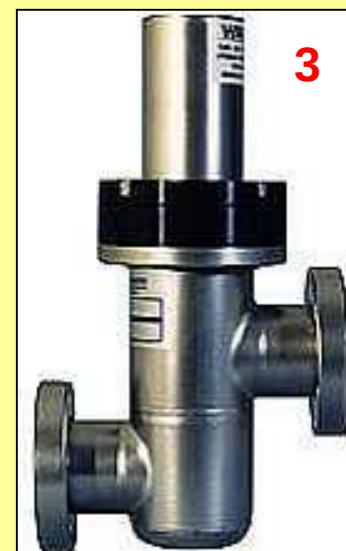
10.3.4. ábra. Egy UHV **zsilip** (gate valve) rajza [V2]. ▼: vákuum-oldal.

**Fent:** a zárótárca visszahúzott helyzetben (a zsilip nyitott torka a rajztól balra nem látszik a rajzon).

**Lent:** zárt helyzet. 1: zárótárca, 2: ellentartó tárcsa, 3: rugók, 4: golyópárok, 5: golyók fészke, 6: tárcsa tömítése, 7: rugóvég. Szivárgása:  $< 1 \cdot 10^{-9}$  mbar $\cdot$ s $^{-1}$ , garantált zárások száma: 50.000.

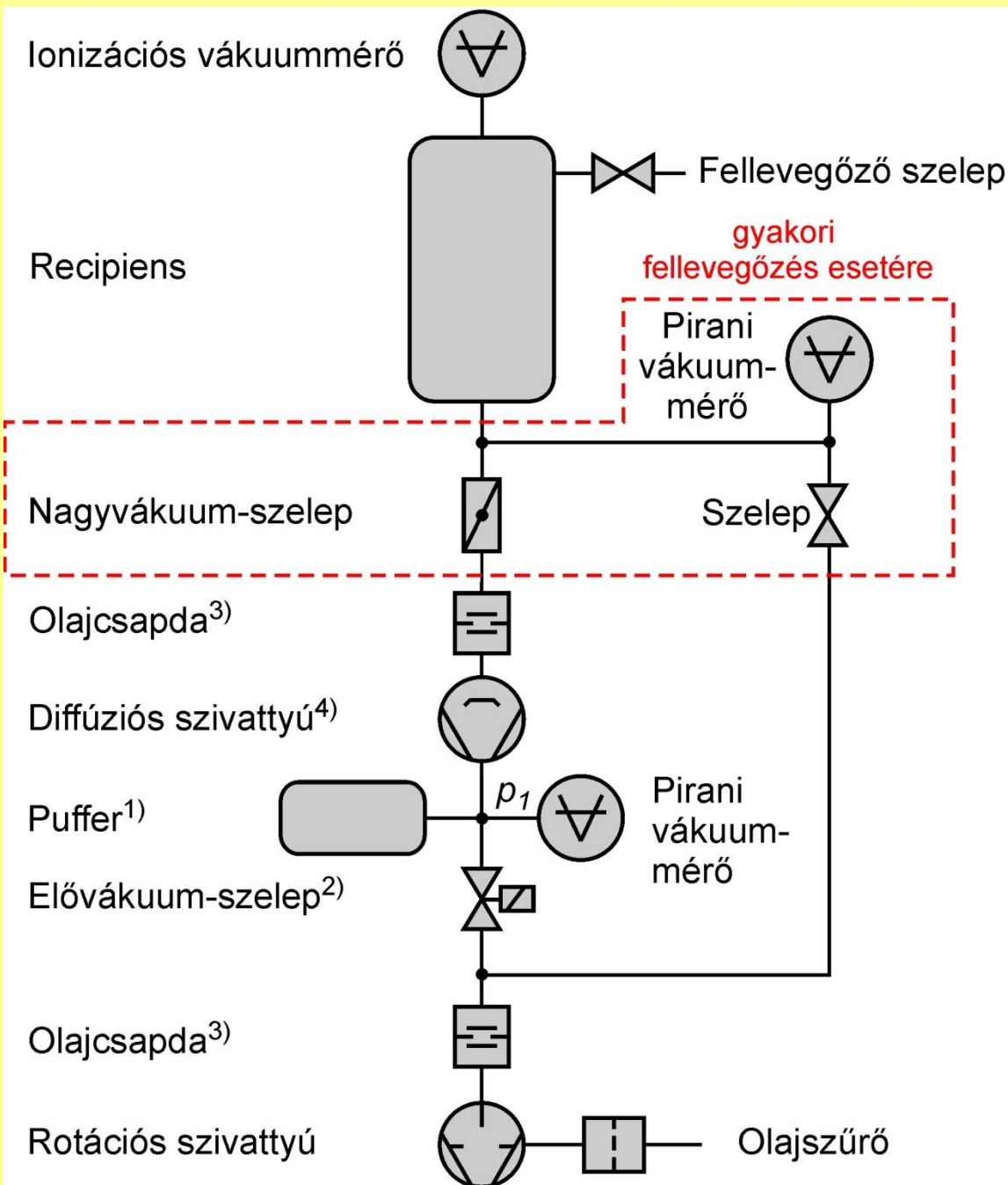
## 10.3.5. ábra. Különböző szelepek, zsilipek fényképe [KL3].

- **1** Zsilip
- **2** Sarokszelep
- **3** Egyirányú sz.
- **4** Átmenő sz.
- **5** Pillangó sz.
- **6** Golyós sz.
- **7** Gázbeeresztő sz.
- **8** Tűszelep
- **9** Fellevegőző sz.
- **10** Vezetőképes szabályzó





# 11. VÁKUUMRENDSZEREK FELÉPÍTÉSE, ÜZEMELTETÉSE



## 11.1.

### VÁKUUMRENDSZEREK

- Összeállítunk néhány gyakorlati szempontból is fontos, lehetséges vákuumrendszert.
- Felhívjuk a figyelmet üzemeltetési szempontokra.

11.1.1. ábra. Egy lehetséges nagyvákuum-rendszer diffúziós szivattyúval.

- 1) Ha kicsi az elővákuum-vezeték térfogata.
- 2) Csak akkor nyit, ha a rot. sziv. működik.
- 3) Igényesebb rendszerben.
- 4) Csak akkor kapcsoljuk be, ha  $p_1 \sim 5 \cdot 10^{-2}$  mbar és a hűtése már megy.



**Kvadrupól  
TS mérőfeje**

**Tányérszelep**

**Diffúziós  
szivattyú**

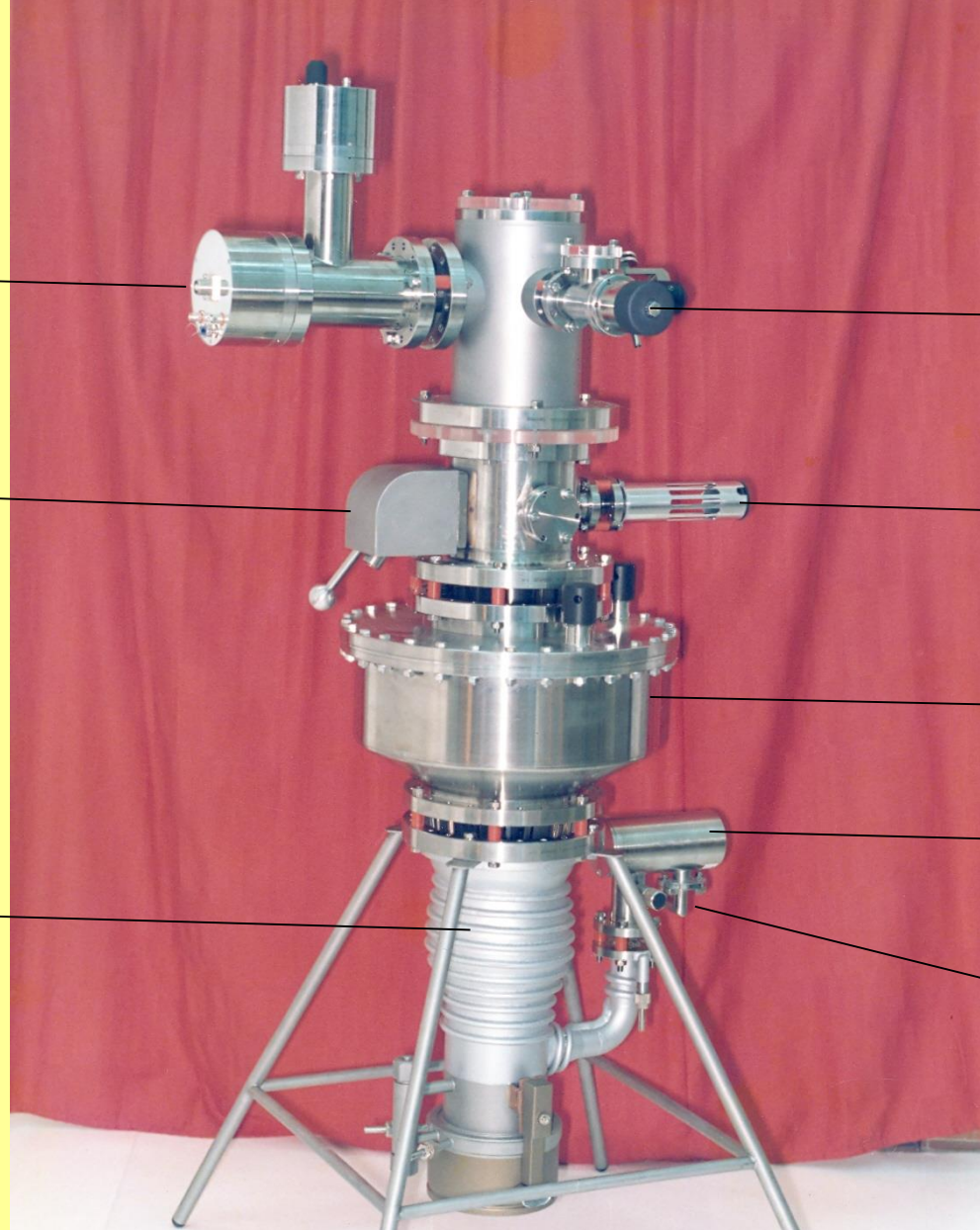
**Gázbeeresztő  
szelep**

**Pirani vm.**

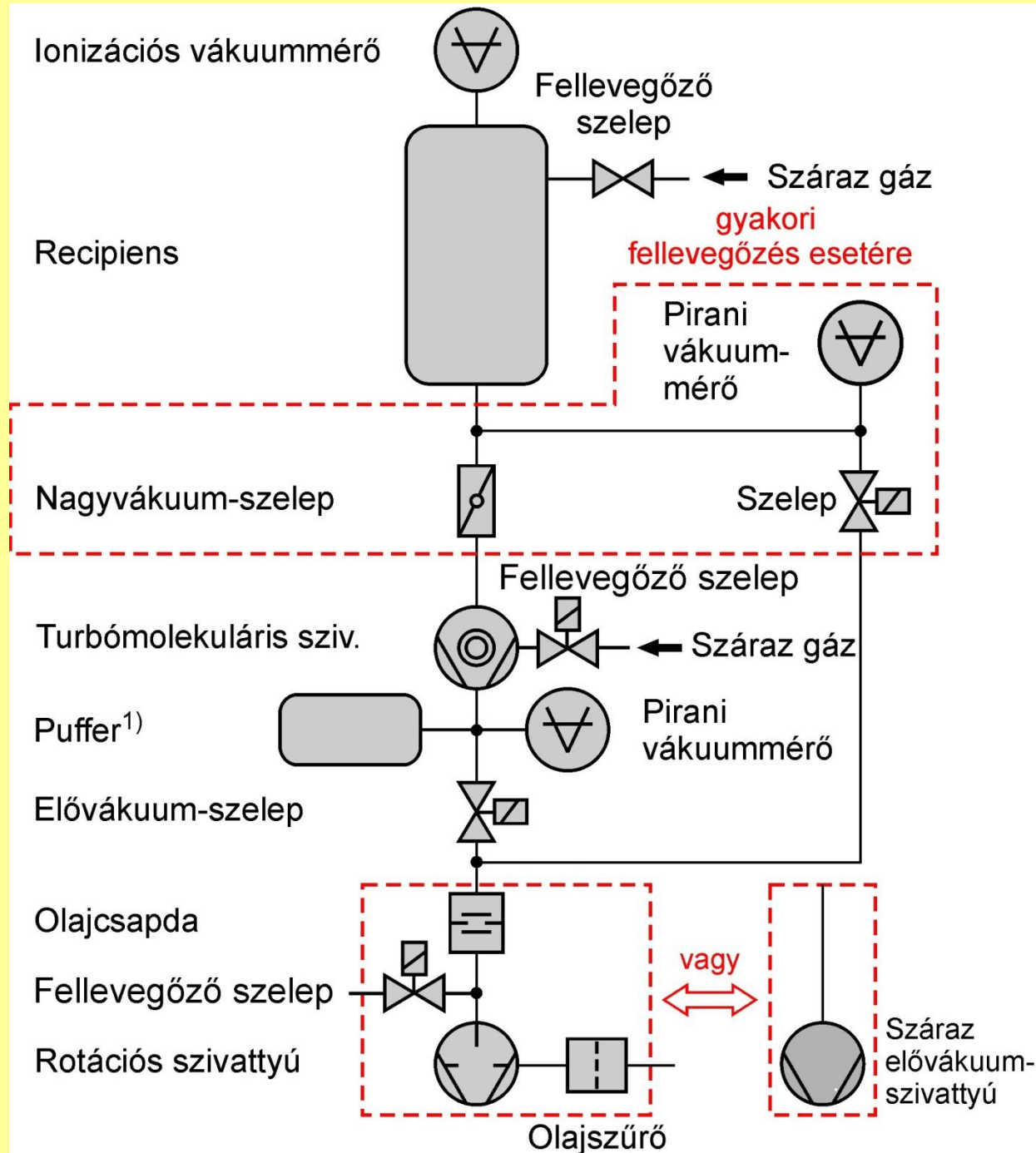
**Kifagyasztó**

**Puffer**

**Elővákuum-  
szivattyúhoz**

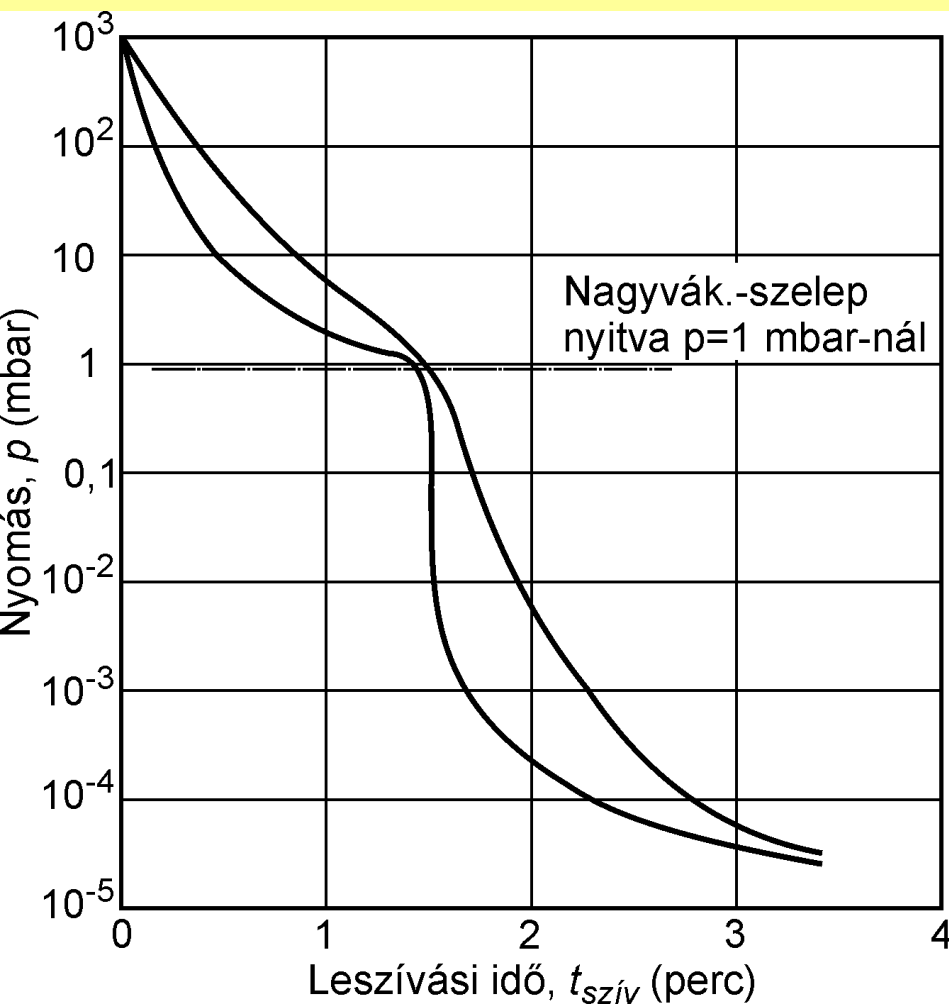


**11.1.1.a. ábra. Egy diffúziós szivattyúval szívott nagyvákuum-rendszer (ATOMKI).  
(A bemutató darabon a nagyobb alkatrészek nem tömítéssel, hanem a betekintést lehetővé tevő laza csatlakozással illeszkednek. Az ionizációs vm. takarásban.)**



**11.1.2. ábra. Egy lehetséges (ultra)nagyvákuum-rendszer turbómol. szivattyúval.**

**1) Ha az elővákuum-vezeték térfogata kicsi.**



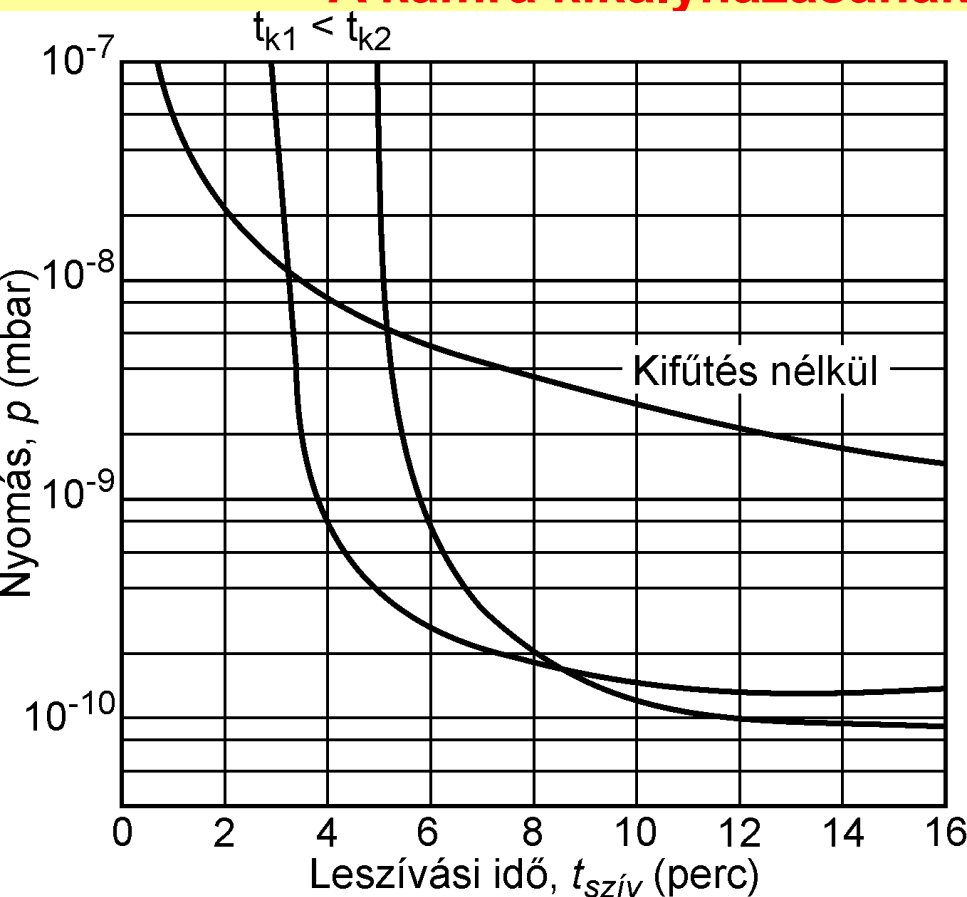
**11.1.3. ábra. Turbómolekuláris szivattyúval szívott kamrák leszívási görbéinek tendenciája. A tényleges értékek a turbószivattyú és elővákuum-szivattyújának szívósebességétől, valamint a kamra méretétől erősen függenek.**

**Bal oldali görbe: a turbószivattyú üzemi fordulaton pörög, nagyvákuum-szelep zárja el a fellevegőzött kamrától; a kamrát az elővákuum-szivattyú kerülőágon szívja le 1 mbar nyomásra, azután nyitjuk rá a működő turbót.**

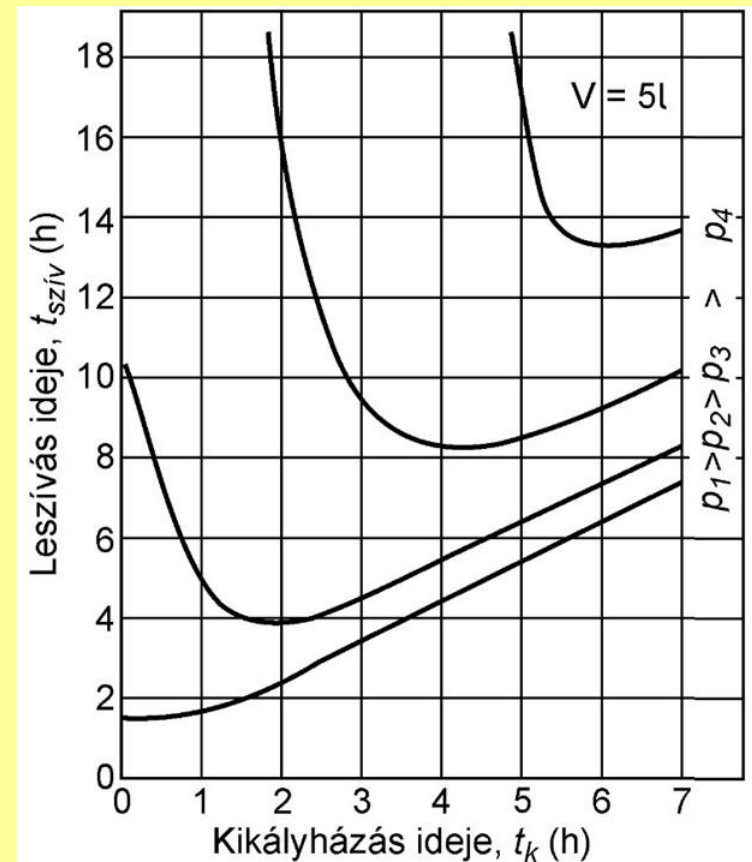
**Jobb oldali görbe: a turbómolekuláris szivattyú és elővákuum-szivattyúja egyszerre indul.**

**A turbószivattyú a teljes fordulátát a mérettől függően 4-8 perc alatt éri el.**

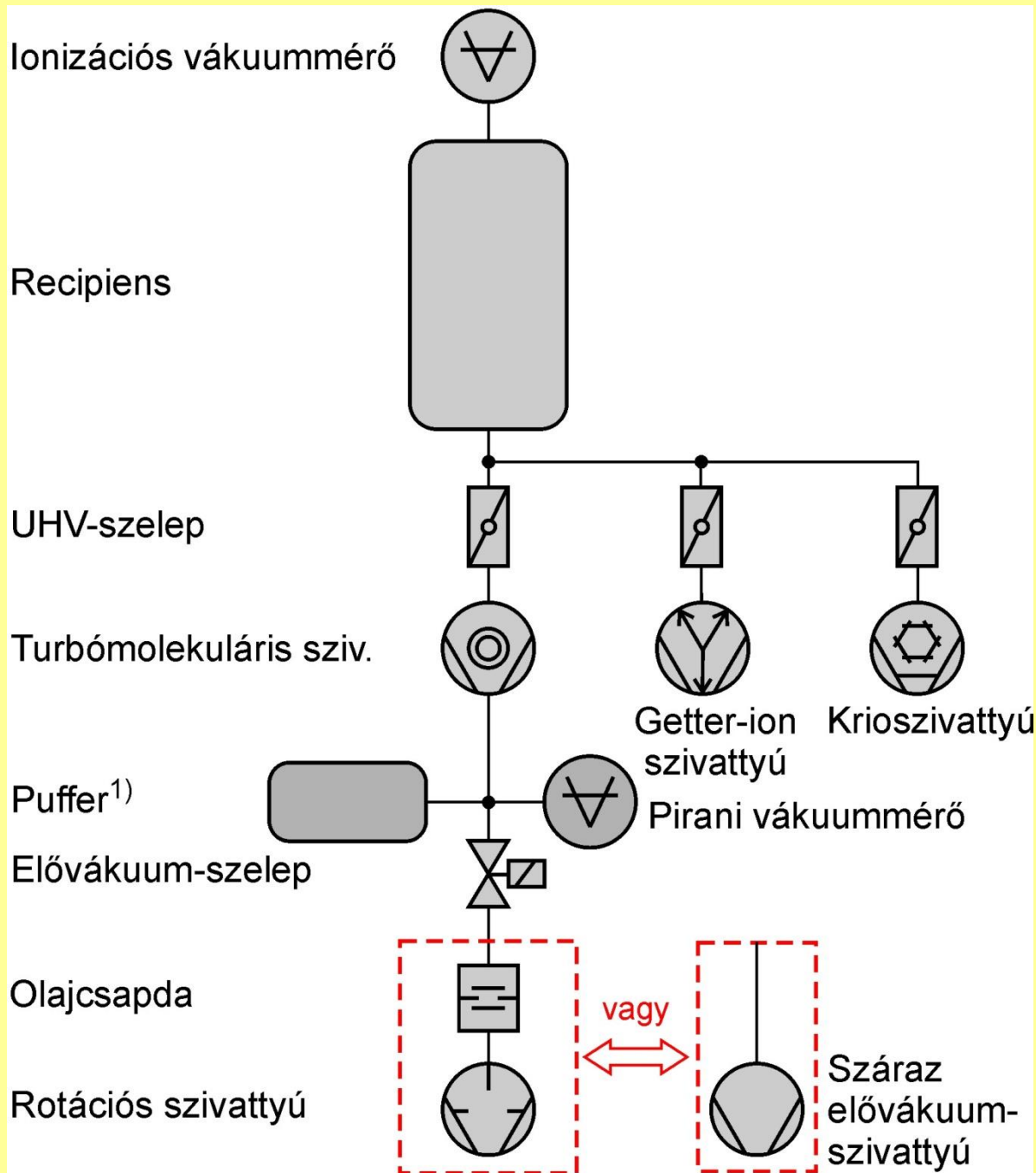
## A kamra kikályházásának hatása a leszívási időre.



**11.1.4. ábra. Egy edény leszívási idejének tendenciája a kifűtés hatására. A kifűtés  $t_k$  idejének növelésével csökken az elérhető végnomás (javul a vákuum). A konkrét értékek a kamra térfogatától, minőségétől és a szivattyúk teljesítményétől erősen függenek.**



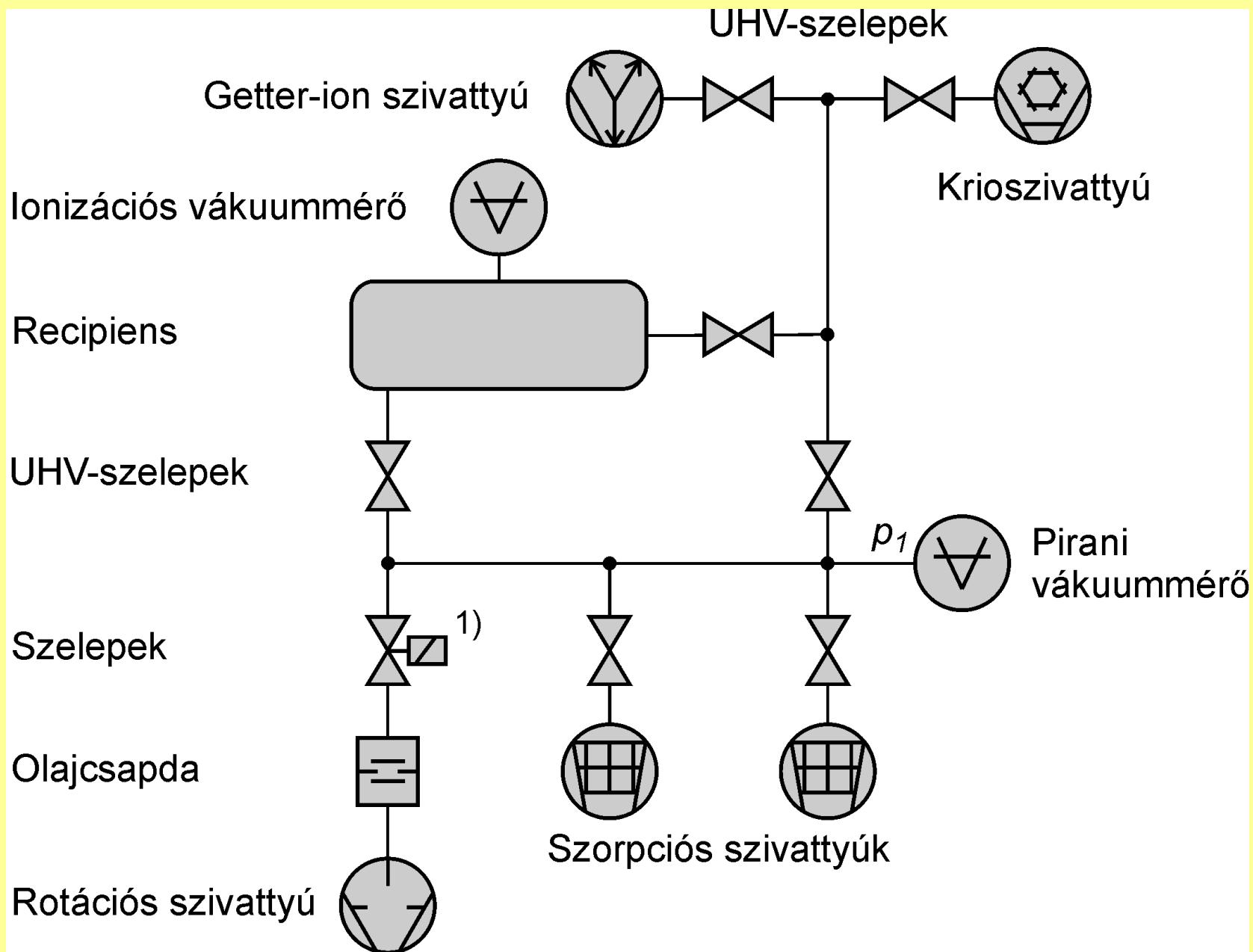
**11.1.5. ábra. A vákuumkamra leszívási ideje és a kikályházás ideje egymásra hatásának tendenciája. Az elérendő végvákuum ( $p_i$ ) igényessége növeli a leszívási időt. A kikályházásnak és a leszívási időnek mindig van egy optimuma. A tényleges értékek a kamrától és a szivattyúktól függenek.**



**11. 1.6. ábra. Ultranagyvákum (UHV) rendszer egy lehetséges felépítése getter-ion szivattyúval és/vagy krioszivattyúval kiegészítve.**

**<sup>1)</sup>Ha az elővákuum-vezeték térfogata kicsi.**

**A nagyvákum-szivattyúk alternatívan vagy egymást kiegészítve párhuzamosan is üzemelhetnek.**



**11.1.7. ábra. Ultranagy-vákuum (UHV) rendszer egy lehetséges felépítése szorpciós szivattyúkkal. 1) A szelep zár, ha  $p_1$  atmoszféráról 50 mbar-ra csökken.**



## **11.2. VÁKUUMRENDSZEREK MŰKÖDTETÉSÉVEL KAPCSOLATOS MEGJEGYZÉSEK**

### **A szivattyú kiválasztása**

- A szivattyú fajtájának kiválasztásakor leglényegesebb szempontok:
  - a végvákuum,
  - szívósebesség,
  - a szívósebesség és a kompresszió függése a gázok fajtájától,
  - az elszívandó gázkomponensek,
  - elővákuum-igény,
  - a működtetés bonyolultsága és költsége,
  - beszerzési ár, karbantartási költségek;
- a legtöbb vákuumtechnikai számítás közelítéseket alkalmaz  
(mindig a biztonság irányába kerekítsünk!),
- maximális gázbeömléssel is legyen meg a kívánt végvákuum és leszívási idő,
- az ideálistól eltérő helyzetekben is garantálni kell a rendszer működését.

Pl.  $H_2$ -re a diffúziós és a getter-ion szivattyú szívósebessége nagyobb, mint nitrogénre, a turbómolekuláris szivattyúké pedig kisebb, ugyancsak kisebb a kompressziójuk is. A krioszivattyúk szivattyúzói kapacitása pedig akár 2 nagyságrenddel is kisebb lehet hidrogénre, mint nitrogénre.

## **Gyúlékony és korrozív anyagok szivattyúzása.**

- Ha alacsony nyomásról szívunk el hidrogén gázt, de a kipufogó oldalon a levegőben a koncentrációja a 4 – 75 térfogat % tartományban van, akkor az erősen robbanásveszélyes. Ilyenkor a szivattyú kipufogó gázát semleges gázzal hígítani kell!
- Tiszta oxigén szivattyúzása szintén robbanásveszéllyel jár!
- Speciális gázok szivattyúzása előtt ki kell kérni az anyag kezelésében jártas szakemberek véleményét!
- A porlasztásos szivattyúknál, porlasztó berendezésekben első ránézésre nem várt reakciók is végbemehetnek, ilyenkor is ajánlatos szaktanácsot kérni!
- Gyúlékony, illetve oxidáló anyagok szivattyúzására használt diffúziós és mechanikus szivattyúknál csak nem gyúlékony olajtöltetet szabad használni!

# **Nagyvákuum-szivattyú elővákuumával kapcsolatos megjegyzések.**

**Nagyvákuum-szivattyúk elővákuumra szívása kötelező!**

**A kellő elővákuum elégtelen volta a nagyvákuum-szivattyút károsítja, sőt tönkre is teheti, ezért ennek betartására nagyon kritikusan kell ügyelnünk!**

- Diffúziós és turbómolekuláris szivattyúk esetében ezt az elővákuumot a szivattyú működésének teljes ideje alatt biztosítani kell, míg a**
- szorpciós, szublimációs, getter-ion és krioszivattyúk esetében csak a bekapcsolásukhoz van szükség előszívásra, a bekapcsolás rövid időszakán túl az elővákuum-szivattyút már egy szeleppel le kell választani az (ultra)nagyvákuum rendszerről.**

## **Diffúziós és turbómolekuláris szivattyúk**

**Az elővákuum üzemi értékét a nagyvákuum-szivattyú elővákuum-tűrése alá kell tervezni. Pl. a diffúziós szivattyúknál ez a határ  $1 \cdot 10^{-1}$  mbar körüli érték, de ajánlott az üzemi nyomást  $5 \cdot 10^{-2}$  mbar alatt tartani.**

**Ha az elővákuum-rendszer rosszul méretezett, a turbómolekuláris és diffúziós szivattyúk kipufogó oldali nyomása meghaladhatja a megengedett értéket.**

**Következménye:**

- diffúziós szivattyú: olajszennyezés a recipiensben;**
- turbómolekuláris szivattyú: túlzottan nagy erők a forgólapáton, a csapágyazást túlterheli, a lapátsor elhajolhat.**

- Szorpciós, getter-ion és krioszivattyúk** esetében a nem kellő előszívás
- a túlzott gázterhelés következtében rontja a szivattyú végvákuumát, regenerálás nélküli élettartamát;
  - illetve a szublimációs getterszivattyúk esetében a getter felületnek egy nem párologó réteggel való bevonását is okozhatja, ami megbénítja a szivattyú bekapcsolását;
  - szorpciós szivattyúkban az adszorbensek túlmelegedhetnek;
  - krioszivattyúkban nagy hőveszteséget okoz (tartályos rendszerben a hűtőközeg fogyása).
- Robbanást okozhat, ha aktív szénnel adszorbeálunk levegőt vagy jelentős oxigén tartalmú gázt nagyobb mennyiségben, pl. közvetlenül légköri nyomáson elkezdett szívással!

A **folyamatos előszívást igénylő szivattyúkat** olyan biztonsági rendszerrel kell ellátni, amelyik leállítja a szivattyút, ha ürítő oldalán a nyomás a határérték felé nő. Ezt a rendszert általában egy elővákuum tartományban mérő vákuummérő (leginkább Pirani vm.) vezérli.

**Turbómolekuláris szivattyúk** esetében a meghajtó motor áramterheléséről vezérelt védelem is ismert. Az utóbbi esetben a szivattyút nem lehet kellő előszívás nélkül felpörgetni.

## **Hűtés**

- A mechanikus szivattyúk (elővákuum-szivattyúk, turbómolekuláris szivattyúk) forgó alkatrészeket tartalmaznak, amelyek termelt hőjét el kell vezetni, akár csak a kompresszoros krioszivattyúk hőjét.
- A diffúziós szivattyúk és szublimációs szivattyúk palástját is hűteni kell.
- Kisebb teljesítmények léghűtéssel, nagyobb teljesítmények vízhűtéssel vihetők el.
- A szivattyúk hatásos hűtéséről gondoskodnia kell mind a tervezőnek, mind a kezelőnek.
- A szivattyút védőkapcsolóval kell ellátni, amely nem engedi bekapcsolni a szivattyút hűtés nélkül (és kikapcsolja, ha kimarad a hűtés)!
- Hűtés nélkül a szivattyút be sem szabad kapcsolni!