

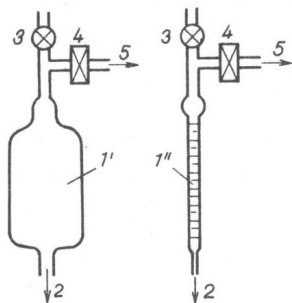
Měření proudu plynu

$$I = Sp \text{ [Pa m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$I = G(p_2 - p_1)$$

- Pomocí průtokoměru (plovákový, elektronický)
- Pomocí prvku se známou vakuovou vodivostí
- Pomocí kalibrované byrety a pracovní kapaliny

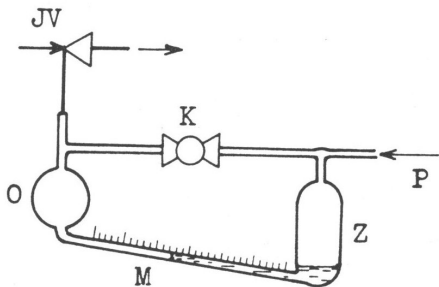
Plynová byreta



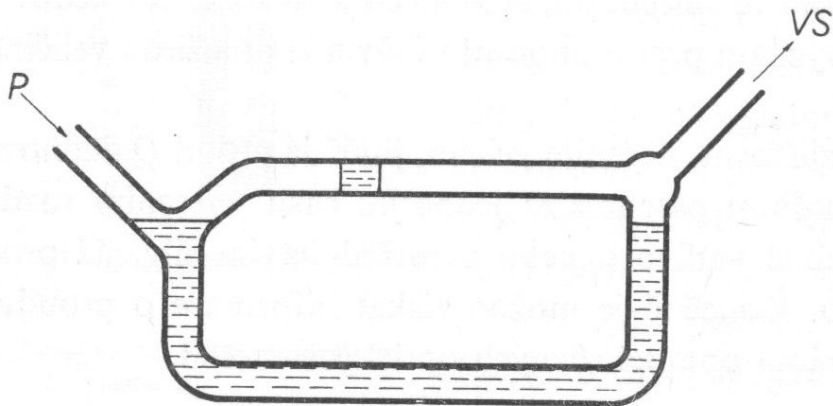
Obr. 5.94. Jednoduché zařízení na měření a přípravu určitého proudu plynu
 $1'$ – zásobník; $1''$ – trubice; 2 – k nádobě s kapalinou; 3 – kohouty; 4 – vypouštěcí kohouty; 5 – k vakuové aparatuře

Obr. 13: Plynová mikrobyreta:

M - měrná kapilára s dělením podle objemu; Z - zásobník kapaliny; O - ochranná nádobka; K - kohout (pro vyrovnání tlaků), P - přívod plynu; JV - jehlový ventil pro řízené napouštění plynu do vakua.



J.Král: Cvičení z vakuové techniky, ČVUT Praha 1996

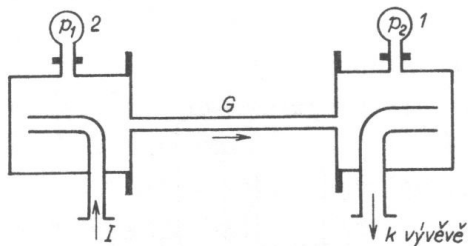


Obr. 7-43b. Měření objemu plynu cirkulující kapkou

P — vpouštěný plyn

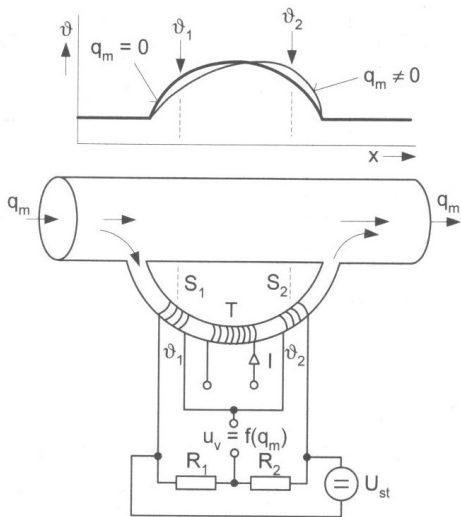
VS — vakuový systém, do něž se vpouští plyn.

Měření pomocí vodivosti



Obr. 5.95. Vakuové zařízení pro měření proudu plynu
 $I, 2$ – vakuometry; G – trubice se známou vodivostí

$$I = G(p_1 - p_2)$$



S.Ďad'o, L.Bejček, A. Platil: Měření průtoku a výšky hladiny, Ben, Praha 2005

Vakuové tuky a tmely

Druh materiálu	užití	max T [°C]	P_p [Pa] při 25 °C
maz L	zábrus	30	$10^{-5} - 10^{-7}$
maz M	zábrus	30	$10^{-3} - 10^{-5}$
maz N	kohout	30	$10^{-4} - 10^{-5}$
maz T	zábrus	110	10^{-5}
tmel Picein	spoje	60	$10^{-2} - 10^{-3}$

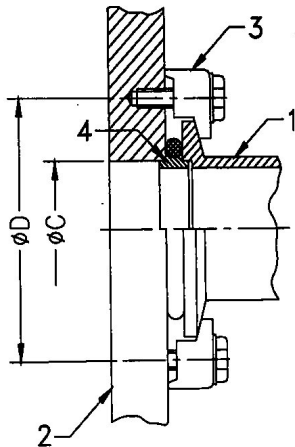
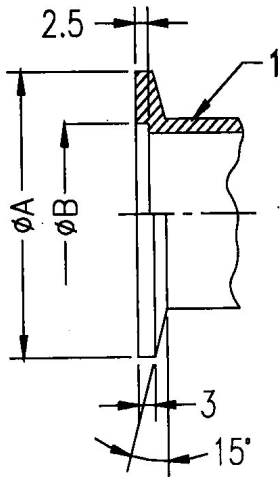
Vakuová hygiena

Čistota povrchů, odmašťování, vyčištěných dílů se dotýkat pouze v rukavicích.

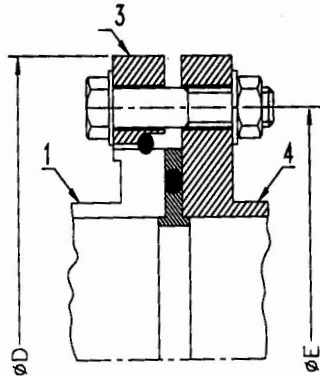
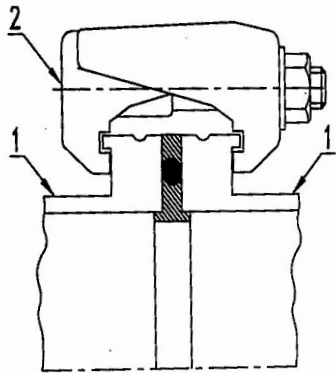
Rozebirateľné spoje

- ISO-KF (NW) - 10, 16, 25, 40, 50
- ISO-K - 63, 80, 100, 160, 200, 250, ...
- CF - 16, 25, 40, ... , 350

ISO-KF

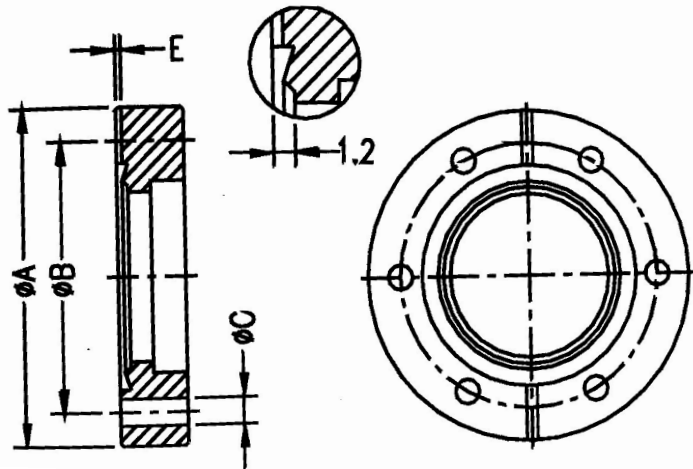


ISO-K



firemní materiály firmy Pfeiffer

CF



firemní materiály firmy Pfeiffer

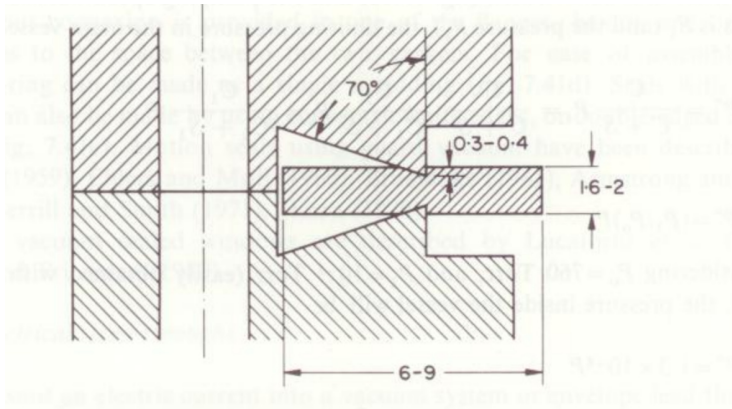
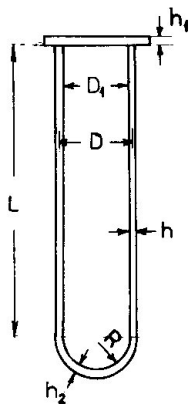


Fig. 7.39 The Conflat seal (Varian). After Wheeler and Carlson (1962).

A. Roth: Vacuum technology, Elsevier, 1990

těsnění	min. tep. [°C]	max. tep. [°C]
elastomer		
FKM	-15	150
NBR	-25	120
silikon	-55	200
kov		
Cu	-196	200
Cu + Ag	-196	450

Mechanické vlastnosti



Material	Cylinders		End plates		Hemispherical
	D/h	L_c/D	D_1/h_1	$h_1/8$	R/h_2
Copper at 20°C	84	10	52	15	600
Copper at 500°C	58	8.5	—	—	—
Nickel at 20°C	100	11	73	8	780
Nickel at 500°C	90	10.5	—	—	—
Aluminum 20°C	70	9	37	57	470
Aluminum 500°C	62	8.7	—	—	—
Stainless steel 20°C	105	11.6	89	3	830
Stainless steel 500°C	89	10.5	—	—	—
Glass (hard) 20°C	70	9	16	117	470
Neoprene 20°C	2.5	1.7	10	0.2	30
Teflon 20°C	12	3.8	14	9	—
PVC (Tygon)	3.7	2.1	—	—	—
Perspex	—	—	30	—	—
Mica	—	—	58	15	—

A.

Roth: Vacuum technology, Elsevier, 1990

Válec, $D_1 \sim D = 25 \text{ cm}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

	$h[\text{mm}]$	$h_1[\text{mm}]$	$\delta[\text{mm}]$
Cu	3	5	0,33
Al	3,6	6,76	0,12
nerezová ocel	2,4	2,81	0,93
tvrdé sklo	3,6	15,6	0,13
teflon	20,8	17,9	1,88

Vakuové komory

- sklo
- nerezová ocel
- dural
- ...

Vakuové ventily

Dělení podle různých principů

Podle funkčnosti

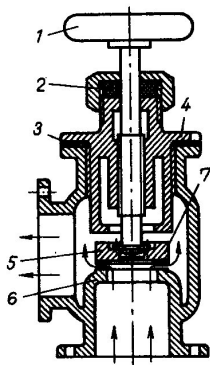
- oddělovací
- napouštěcí
- zavzdušňovací
- omezení čerpací rychlosti

Ovladání

- ruční
- pneumatický
- elektromagnetický

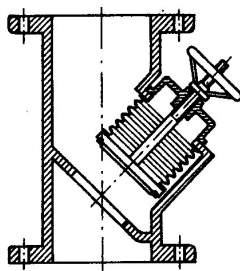
Oblast použití

- hrubé vakuum
- HV vakuum
- UHV, XHV vakuum



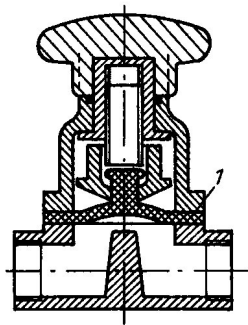
Obr. 6.27. Ventil s talířkem přitlačovaným šroubem

1 – rukojeť; 2 – těsnění; 3 – těsnicí kroužek; 4 – horní příruba; 5 – talířek; 6 – dolní příruba; 7 – těsnění talířku

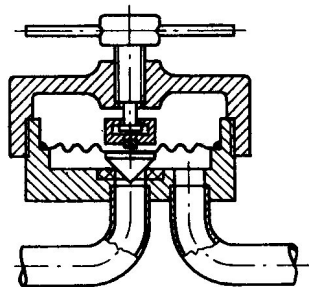


Obr. 6.28. Ventil těsněný vlnovcem

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

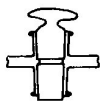


Obr. 6.32. Ventil pro nízké vakuum s membránovým těsněním (firma Leybold)

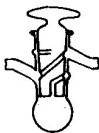


Obr. 6.33. Řez ventilu s kuželovým čepem a membránovým těsněním pro ultravysoké vakuum

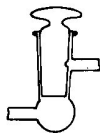
J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



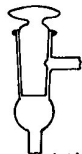
(a)



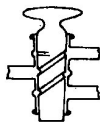
(b)



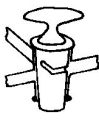
(c)



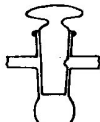
(d)



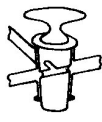
(e)



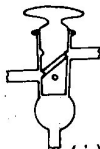
(f)



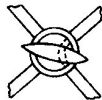
(g)



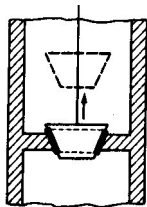
(h)



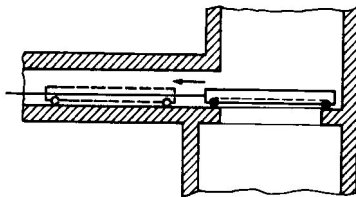
(i)



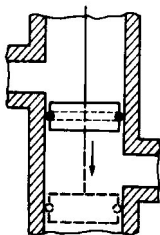
(j)



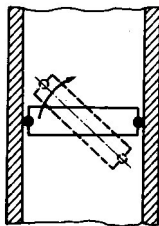
(d)



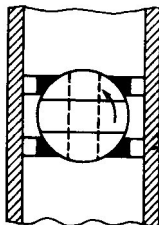
(e)



(f)



(g)



(h)

A. Roth: Vacuum technology, Elsevier, 1990

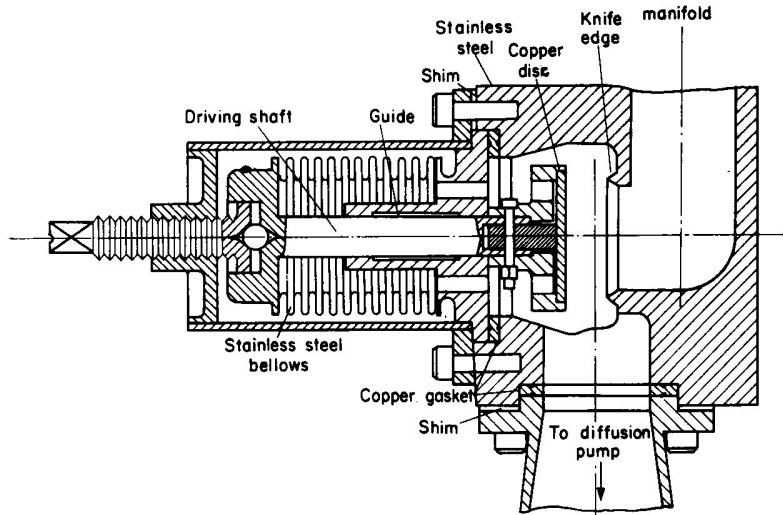


Fig. 7.65 Ultra-high vacuum valve. After Baker (1962).

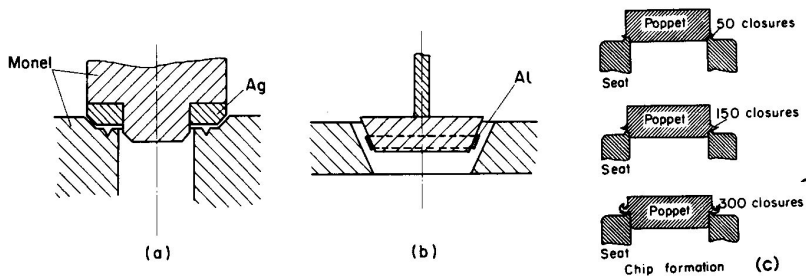
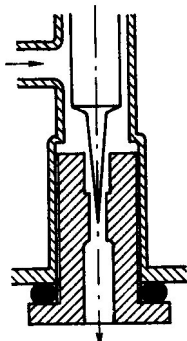


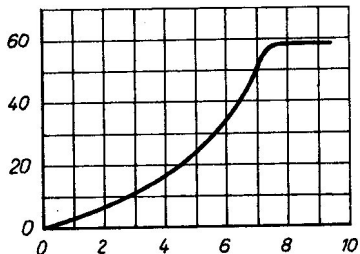
Fig. 7.63 Closing systems of all-metal valves; (a) with flat silver ring (Bills and Allen, 1955); (b) with aluminum conical ring (Kienel and Lorenz, 1960); (c) with copper poppet (Parker and Mark, 1961).

A. Roth: Vacuum technology, Elsevier, 1990

Jehlový ventil

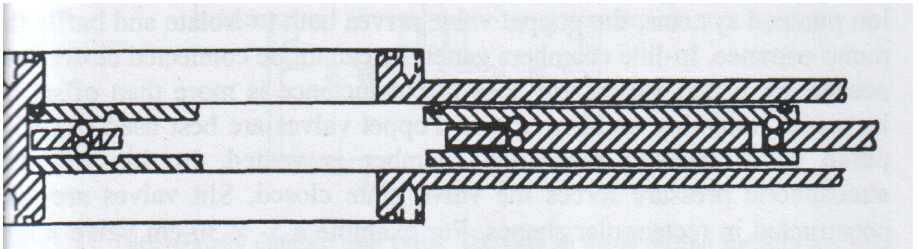


$I_N (\text{cm}^3(\text{NTP})\text{s}^{-1})$



J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

Deskový ventil



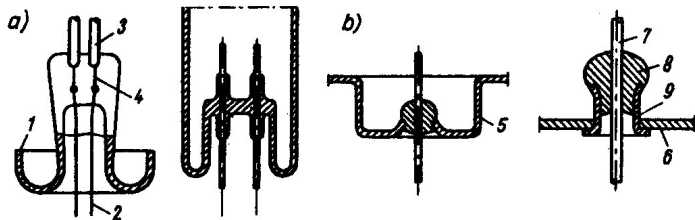
F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)

- deskové ventily - při otevírání dif.tlak menší než ~ 30 hPa
- ventily s kovovým těsněním - omezený počet cyklů
- jehlové ventily - nedotahovat silou
- zábrusové ventily - dobře namazat

Elektrické průchodky

Vakuum v rozsahu tlaků 1 – 5000 Pa je velmi špatný elektrický izolant.
Průchodky vybíráme podle:

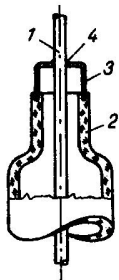
- napětí
- proudu
- frekvence



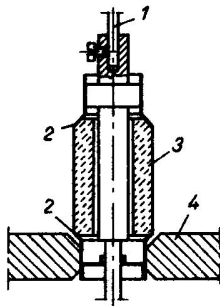
Obr. 6.47. Elektrické průchodky pro slabé proudy

a) vodič z plášťového nebo platinovaného drátku zataveného ve skle, b) průtavní skleněnou perličkou zatavenou do otvoru v kovové stěně

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



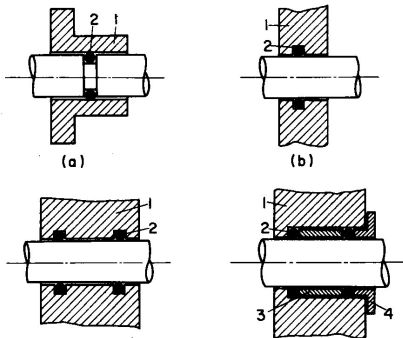
Obr. 6.48. Silnoproudá průchodka skleněnou trubicí
 1 – průtáv; 2 – sklo; 3 – kovarová čepička; 4 – pájka



Obr. 6.49. Silnoproudá průchodka kovovou stěnou s keramickým izolátorem
 1 – přívod; 2 – spoj kovu s keramikou; 3 – keramika; 4 – stěna vakuového systému

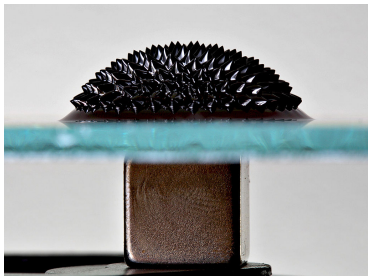
J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

Přenos rotace do vakua



A. Roth: Vacuum technology, Elsevier, 1990

Ferro-kapaliny

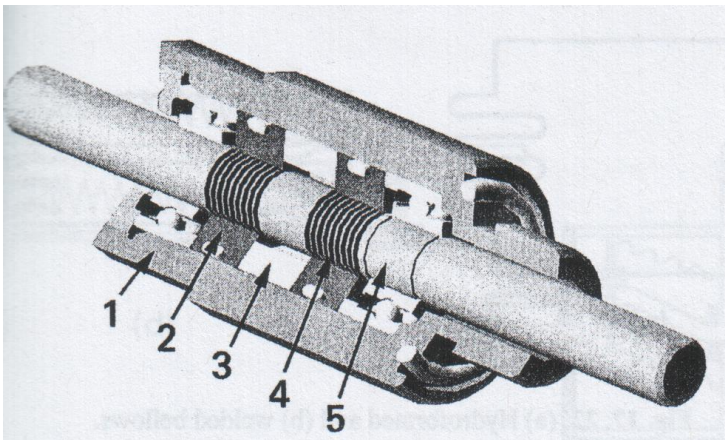


en.wikipedia.org/wiki/Ferrofluid



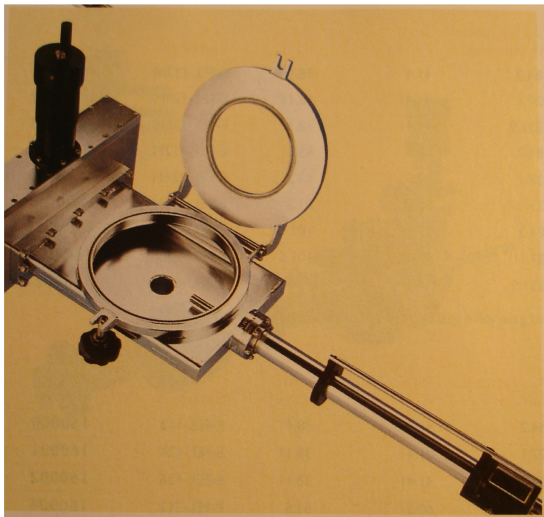
www.ferrotec.com

Rotace - ferro kapaliny



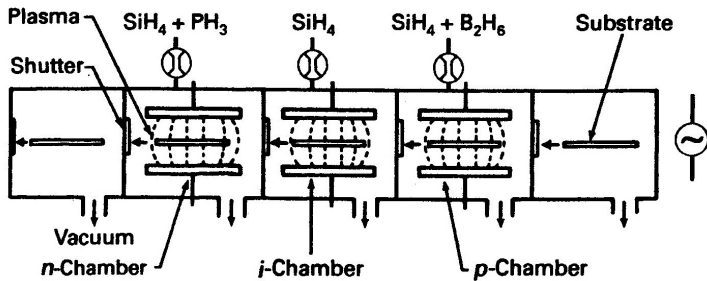
F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)

Load lock



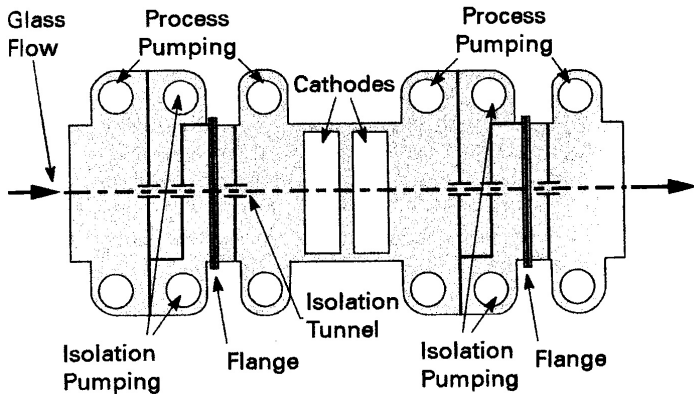
firemní materiály firmy Caburn MDC

Výroba solárních článků



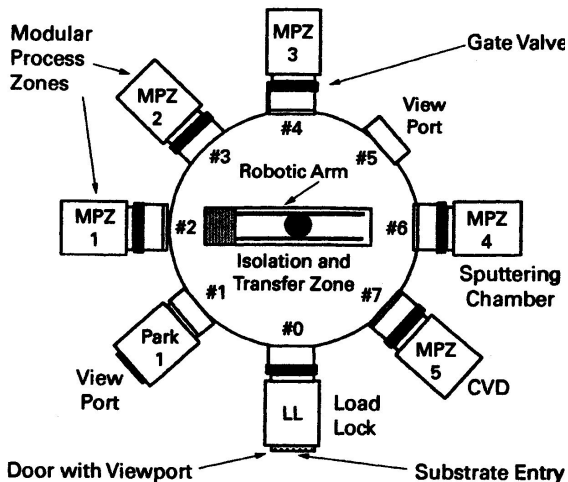
F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)

Pokovení skel



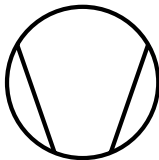
F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)

Si - substráty

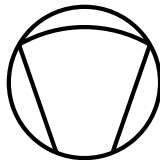


Schémata

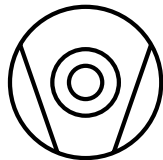
Vakuové značky norma DIN 28401



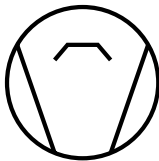
vývěva - obecný symbol



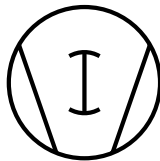
membránová vývěva



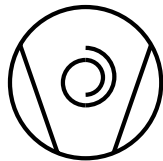
turbomolekulární vývěva



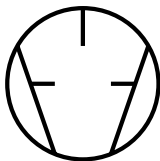
difuzní vývěva



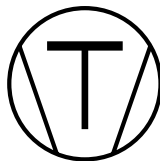
Rootsova vývěva



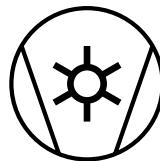
Scroll vývěva



rotační lopatková vývěva



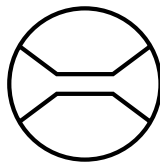
pístová vývěva



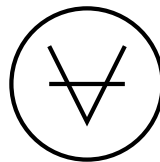
vodokružní vývěva



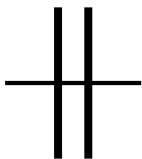
sublimační vývěva



průtokoměr



manometr



rozebíratelný spoj



flexibilní spoj



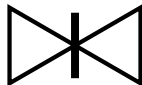
vymrazovačka



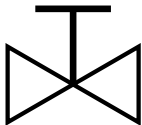
vakuová komora



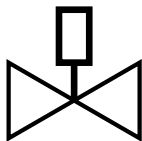
ventil - obecný symbol



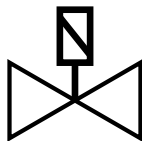
deskový ventil



ventil ovládaný ručně



pneumatický ventil



elektromagnetický ventil

Navazující přednášky:

Vakuová fyzika 2 - F6450

- Vázané plyny
- Sorpční vývěvy
 - kryogenní
 - zeolitové
 - sublimační
 - iontové
 - vypařované getry
 - nevypařované getry – NEG
- Měření ve vakuové fyzice
 - měření proudu plynu
 - měření tenze par plynu
- Konstrukční prvky vakuových zařízení - vhodné materiály, spoje,...

Praktikum z vakuové fyziky - F7541

1. Měření vodivosti vakuových spojů
2. Kalibrace Piraniho manometru
3. Graduace Peningova manometru
4. Měření parciálních tlaků
5. Měření čerpací rychlosti metodou konstantního tlaku
6. Napařování tenkých kovových vrstev
7. Kalibrace ionizačního manometru se žhavenou katodou
8. Čerpací efekt molekulového síta
9. Měření čerpací rychlosti turbomolekulární vývěvy
10. Seznámení s iontovou vývěvou