

## NASVETI

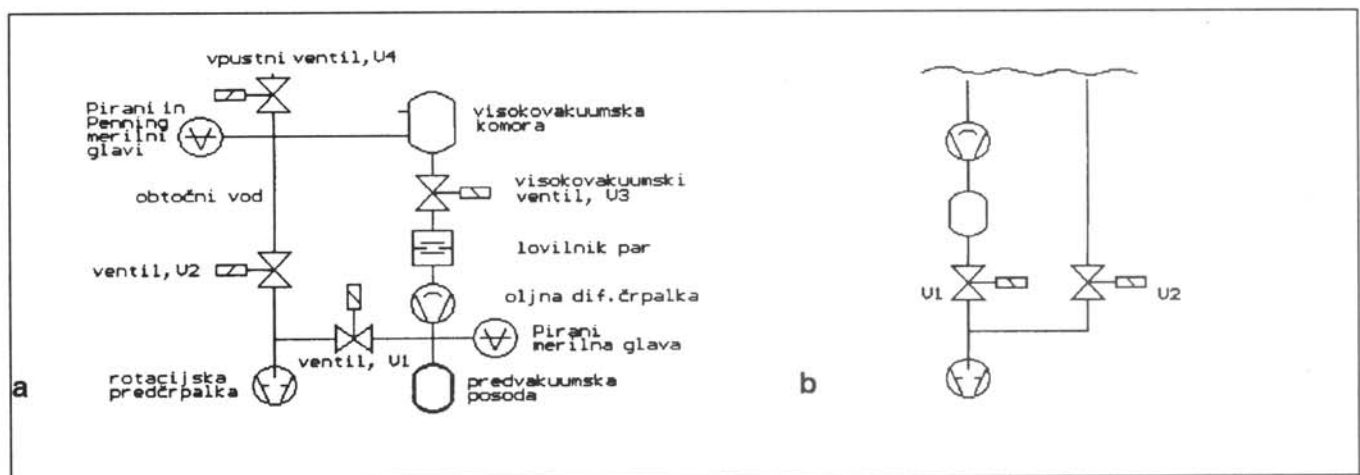
### IZRAČUN PREDVAKUUMSKE POSODE

Nasvet je namenjen vsem, ki gradijo ali pa že imajo visokovakuumske črpalni sistem, ki ima v svojem sestavu difuzijsko črpalko.

Predvakuumsko posodo vstavimo med glavno, tj. difuzijsko črpalko in njeno predčrpalko na dva načina, ki sta prikazana na sliki 1a in 1b. Z uvedbo predvakuumske posode (= predvakuumski recipient, predvakuumski balon), ki je v resnici le (prazna) posoda s

časovno razdobje, v katerem je predvakuumska posoda ločena od predčrpalke (med delovanjem celotnega sistema), imenujemo delovni čas predvakuumske posode  $t_p$ . Ker vsi plini, ki jih črpa difuzijska črpalka, dvigujejo tlak v predvakuumski posodi, lahko zapišemo:

$$Q t_p = V (p_{\max} - p_{\min}) \quad (1)$$



Slika 1a, b: Shematski prikaz visokovakuumskega črpalnega sistema s predvakuumsko posodo.

primerno prostornino in cevni priključkom s standardno prirobnico, zmanjšujemo število črpalk pri industrijskih sistemih (iz dveh na eno samo), predvsem pa lahko (za nekaj časa) odstranimo ropot in vibracije, ki jih povzročata delovanje rotacijske (mehanske) predčrpalke. Le-to lahko med delovanjem (črpanjem) izklopimo za dalj časa, kar je še posebej ugodno v majhnih laboratorijih (zaradi hrupa!) in pri raznih meritvah, kjer so tresljaji nezaželeni. V vseh drugih primerih pa predčrpalko uporabimo za črpanje drugih delov vakuumskega sistema, npr. obtočno črpanje ali občrpavanje (by pass) visokovakuumske komore (sl.1: ventila V1 in V3 zaprta, V2 odprta, črpanje komore ob obtočnem vodju). Prav pri tem daje predvakuumska posoda največ koristi: gretje lahko ostane vključeno in difuzijska črpalka deluje normalno. Zrak oz. pline, ki jih še izčrpava, potiska v predvakuumsko posodo, kjer tlak narasča od  $p_{\min}$ , to je tlaka, ki ga je ustvarila predčrpalka, do  $p_{\max}$ , tj. do bližine kritičnega predtlaka\* difuzijske črpalke.

Predno tlak naraste do  $p_{\max}$ , je treba spet priključiti predčrpalko (zapreti ventil V2 in nato odpreti V1; sl.1), da izčrpamo predvakuumsko posodo do  $p_{\min}$ .

oziroma

$$V = \frac{Q \cdot t}{p_{\max} - p_{\min}} \quad (2)$$

kjer je:

Q celotna količina plinov (mbar l/s), vključno odplinjavanje s sten difuzijske črpalke, predvakuumske posode in priključnih vodov ter pronicanje zraka skozi netesna mesta

$t_p$  delovni čas predvakuumske posode

V prostornina predvakuumske posode, vključno s prostornino priključnih cevi (npr. od izpuha oz. predvakuumskega dela difuzijske črpalke do ventila V1 na sl.1)

\* Kritični predtlak difuzijske črpalke,  $p_x$  je - poenostavljeno rečeno - tisti predtlak, kjer se že začne nestabilno delovanje difuzijske črpalke. Če kritični predtlak še malo naraste, doseže mejo (mejni predtlak), pri kateri difuzijska črpalka popolnoma omaga, tj. preneha delovati. Ker pa je normalno ogrevana (električno gretje je vključeno), olje v črpalki še vedno vre, velike količine oljnih parov pa napolnijo prostor nad njenim ustjem in kondenzirajo na stenah vakuumskega sistema ter navadno kaj kmalu onesnažijo (kljub lovilniku par) celotno visokovakuumsko komoro in vse, kar smo v njej "pridelali".

Enačbo 2 lahko uporabljamo, da izračunamo prostornino predvakuumске posode in pri tem upoštevamo praktično pravilo, da je  $p_{\max} = 0.3$  do  $0.8 p_k$ , kjer je  $p_k$ , kot že rečeno v Opombi, še dopustni kritični predtlak difuzijske črpalke.

Če je prevodnost vodov v predvakuumskem delu dovolj velika, lahko najnižji tlak v predvakuumski posodi zapišemo s poenostavljeno enačbo:

$$p_{\min} = \frac{Q}{S_{\xi}} \quad (3)$$

kjer je  $S_{\xi}$  črpalna hitrost predčrpalke pri danem pretoku  $Q$ .

**Zgled.** Praktično je treba določiti prostornino  $V$  predvakuumске posode, ki mora vzdrževati dovolj nizek predtlak toliko časa, dokler rotacijska predčrpalka direktno črpa zrak iz visokovakuumske komore po obtočnem vodu (by pass). Če je ta čas (po izračunu ali dejansko) npr. 4 minute oz. 240 s (Ta čas se da izračunati, vendar tega postopka tu ne bomo razlagali), vzamemo za izračun predvakuumске posode vsaj trikrat daljšega, torej:  $t_p = 240 \times 3 = 720$  s.

Če je npr. celotna količina plinov, ki jo mora sprejeti predvakuumška posoda, kadar je glavni, visokovakuumski ventil  $V_3$  zaprt ( $V_1$  odprt,  $V_2$  zaprt, sl.1),  $Q = 8 \times 10^{-4}$  mbar l/s, pri čemer lahko vzdržuje predčrpalka ravnotežni tlak  $p_{\min} = 6 \times 10^{-2}$  mbar. Vzemimo še, da je  $p_{\max} = 0.5 p_k$ . Ker je kritični predtlak za tristopenjske oljne difuzijske črpalke navadno blizu  $2 \times 10^{-1}$  mbar, je torej  $p_{\max} = 0.5 \times 2 \cdot 10^{-1} = 1 \cdot 10^{-1}$  mbar.

Če zdaj vse te podatke vstavimo v enačbo 2, dobimo:

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q \cdot t_p}{p_{\max} - p_{\min}} = \frac{8 \times 10^{-4} \times 720}{1 \times 10^{-1} - 6 \cdot 10^{-2}} = \\ &= \frac{0.0008 \times 720}{0.1 - 0.06} = \frac{0.576}{0.04} = 14.4 \text{ l} \approx 15 \text{ l} \end{aligned}$$

**Sklep.** Če imamo v sistem vključeno predvakuumsko posodo prostornine okoli 15 litrov, potem lahko difuzijska črpalka samostojno in normalno deluje, brez predčrpalke, 12 minut (= 720 s), če je celotni pretok npr.  $8 \cdot 10^{-4}$  mbar l/s.

V praksi se bo ta čas, posebno pri proizvodnih napravah, s časom zmanjševal, ker bo naraščal pretok  $Q$ , predvsem zaradi povečevanja netesnosti visokovakuumskega ventila  $V_3$  in s tem vdiranja večjih količin zraka iz komore, kadar je le-ta na višjem tlaku (npr. v času črpanja od atmosferskega tlaka navzdol, po obtočnem vodu). Vzrok za povečevanje netesnosti visokovakuumskega ventila nastane navadno zato, ker se na tesnilno površino ali pod njo prilepijo trdni delci, ki zaidejo iz visokovakuumske komore, če ta ni vestno očiščena (npr. pri naparevalnikih).

Zaradi zmanjšanja stroškov pri gradnji visokovakuumskih sistemov nekateri izdelovalci "izpuščajo" predvakuumsko posodo, češ da je naprava avtomatizirana: čim tlak na predvakuumski strani difuzijske črpalke naraste, se črpanje z rotacijsko črpalko takoj preključi iz visokovakuumske komore na difuzijsko črpalno, čez nekaj deset sekund, ko je dosežen dovolj nizek predtlak, pa spet na komoro. To preklapanje oz. "prepevanje" ventilov je ne samo moteče za operaterja, ampak prevsem podaljšuje čas črpanja po "by pass" vodu in s tem celotni tehnološki postopek, če odmislimo kontaminacijo sistema in komore s povratnimi oljnimi parami, pri čemer vas tudi najboljši lovnik par ne more rešiti.

**Nasvet.** Če že imate visokovakuumski sistem srednje velikosti (tj. z difuzijsko črpalno s črpalno zmogljivostjo do 4000 l/s) brez predvakuumске posode, potem jo prigradite! Kupite plinsko jeklenko (za butan-propan), tisto za pet ali deset kilogramov plina, odvijte ventil in uvijte (tesnitev s teflonskim trakom!) nastavek s standardno vakuumsko prirobnico ali cevnim nastavkom za priključek na gumijasto cev, ki ga morate seveda izdelati. To je najcenejša možna izvedba, sicer morate dati v izdelavo valjasto posodo s priključkom, kar je približno trikrat dražje.

V vsakem primeru velja, da se predvakuumski posodi ni odreči, če želimo, da bo visokovakuumski sistem dolgo in pridno služil svojemu namenu.

dr. Jože Gasperič  
Inštitut "Jožef Stefan"  
Jamova 39, 61111 Ljubljana