

Sodobni visokovakuumski ventili

A. Pregelj, M. Drab, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61111 Ljubljana*

Visoki vakuum (VV) obsega področje tlakov od 10^{-3} do 10^{-7} mbar. Prosta pot molekul plina v tem območju je od 1mm do 10m, tip pretoka plina pa molekularni; puščanje oz. skupna netesnost pri dobro tesnjenih dinamičnih VV sistemih sme biti največ $10^{-6} + 10^{-5}$ mbar l s⁻¹; tehnologije, ki zahtevajo visoki vakuum so podane v tabeli 1:

naprševanje	$10^{-9} - 10^{-6}$ mbar
naparevanje	$10^{-9} - 10^{-4}$
taljenje z elektronskim curkom	$10^{-8} - 10^{-3}$
varjenje z elektronskim curkom	$10^{-5} - 100$
taljenje v vakuumu	$10^{-5} - 10^{-2}$
žarjenje kovin	$10^{-4} - 10^{-3}$
consko pretaljevanje in rast kristalov	$10^{-6} - 10^{-3}$
molekularna destilacija	$10^{-4} - 1$
sublimacija	$10^{-4} - 1$
proizvodnja žarnic	$10^{-4} - 10$
proizvodnja elektronk	$10^{-7} - 10^{-4}$
proizvodnja svetilk na plinsko razelektrjenje	$10^{-6} - 10^2$

V vakuumskih sistemih, ki delujejo pri tlakih 10^{-3} - 10^{-4} mbar, lahko uporabljamo cenejše materiale, manj zahtevne obdelave in manj kvalitetne spoje; za tlake 10^{-7} mbar pa so potrebne bolj čiste in gladke površine, kvalitetnejši in bolj preverjeni spoji, ožji izbor materialov glede na poroznost, permeacijo, parni tlak in temperaturno obstojnost. Zato je pri izbiranju elementov za gradnjo vakuumske naprave potrebno poznati tako tehnologijo, kateri bo naprava služila, kot tudi izvedbo elementa, da ne nabavimo po nepotrebnem vakuumske "predimenzioniranih" in dražjih delov. Ker za opredeljevanje vakuumskih ventilov ne obstajajo neki splošni normativi, je zanimivo, kako jih v tem pogledu razvršča največji svetovni proizvajalec, švicarska tvrdka VAT.

Nivo vakuuma	Področje tlakov (mbar)	Področje temperatur (°C)	Tesnjenje: sedež krožnika - vrat skoznika	Izvedba prenosa giba in tesnjenje droga (skoznika)
Srednji vakuum	do $1 \cdot 10^{-7}$	do 150	viton - viton	Premo gibajoč drog tesnjen z O - obročem iz vitona
VV (visoki vakuum)	do $1 \cdot 10^{-8}$	do 150	viton - viton	Vriteč skoznik tesnjen z vitonom ali skoznik z mehomo
UVV (ultra VV)	do $1 \cdot 10^{-9}$	do 200/250	viton - metal	skoznik z mehomo
skrajni UVV (vse kovinsko)	do najvišjih UVV	do 300/450	metal - metal	skoznik z mehomo

Iz tabele 2 je razvidno, da so VV ventili deklarirani za sisteme s tlaki do $1 \cdot 10^{-8}$ mbar, medtem ko so srednje vakuumske ventili namenjeni za uporabo do $1 \cdot 10^{-7}$ mbar. Kot vidimo, tudi oboji prenesajo temperaturo 150°C , razlika med obema vrstama je le v načinu "prenosa" giba za odpiranje in zapiranje ventila. Obstajata dva sistema: linearni in rotacijski. Izvedbe z linearno gibljivim prevodom so lahko tesnjene z vitonskimi obroči ali pa s kovinskim mehomo. V primeru vitonskih tesnil pride do obrabe le-teh zaradi hrapavosti vzdolžno gibajočega droga. Za zagotovitev tesnjenja moramo uporabiti ustrezna maziva, kar ni ugodno in zato se te izvedbe ne uporabljajo za VV. Najbolj kvalitetno (in tudi najdražje) tesnenje dosežemo s kovinskimi mehovi - običajno iz nerjavne pločevine debeline 0,1 - 0,2 mm, ki s svojo elastičnostjo omogočajo primerne preme pomike. Za prenos giba v vakuumu imamo še eno možnost: drog, ki se ne giblje premo, pač pa rotira in je tesnjen z vitonskim obročem. V tem primeru se elastomer veliko manj obrablja in s takimi izvedbami doseženo tesnjenje povsem zadošča tudi za VV ventile; premo gibanje, če je potrebno, pa dosežemo pri tej izvedbi z navojnim vretenom.

Priporočljivi materiali za izdelavo vakuumskih delov ventila so:

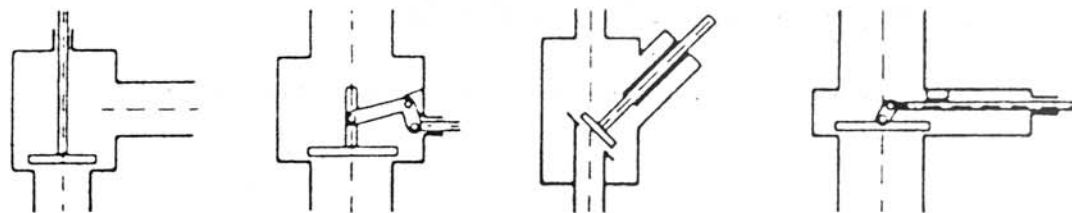
- nerjavna jekla (z 18% Cr in 8% Ni)
- Al zlitine (z Mg in dodatki Si ali Mn)
- Ni zlitine
- Viton

V konstrukcijskem pogledu za VV ventile še ni bilo izdelanih nobenih splošnih (mednarodnih) smernic; proizvajalci vakuumske opreme imajo torej popolnoma proste roke pri oblikovanju in posledica tega je velika raznolikost zapiralnih elementov na tržišču. Edino, kar je dokaj standardizirano (predvsem v Evropi, v zadnjem času pa vse bolj tudi drugod po svetu), so oblika prirobnic in priključne mere. Grobo je mogoče skoraj vse izvedbe vakuumskih ventilov razdeliti v štiri skupine, ki jih prikazuje slika 1. Izbira določenega ventila zavisi od namena vakuumskega sistema ter od prostorskih in vgradnih možnosti.

Tako pri nakupu kot pri načrtovanju novega je potrebno vzeti v pretres naslednje karakteristike ventila:

1.) tesnjenje - definirano je s puščanjem ventila v zaprtem položaju; praviloma puščanja skozi stene in ob gibljivem prevodu sploh ni ali pa mora biti zanemarljivo v primeri s puščanjem na tesnilnem sedežu;

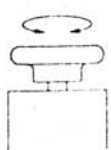
2.) prevodnost - to je merilo za količino plina, ki pri dani tlačni razliki lahko priteče skozi nek element v časovni enoti; merimo prevodnost v molekularnem režimu med



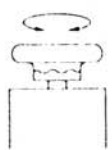
Slika 1: Shematski prikaz glavnih izvedb vakuumskih ventilov; a) kotni, b) premi s pravokotno ležečim mehanizmom, c) premi s poševnim mehanizmom, č) ploščni ventili

ROČNI:

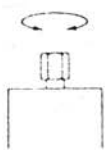
navojno vreteno



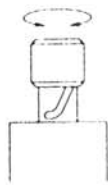
ročno kolo



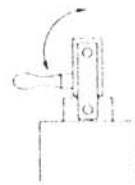
ročno kolo s sklopko



6-oglasta glava



ročni zaklop



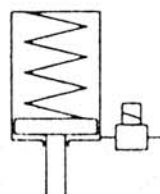
vzvod z ecentrom



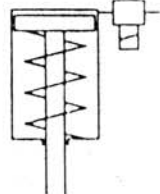
vzvod

PNEUMATSKI:

enostransko delujoč cilinder

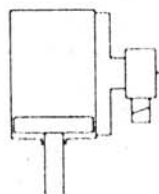


zapiranje s pritiskom vzmeti

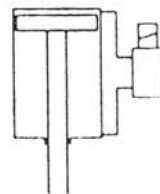


vzmetno odpiranje

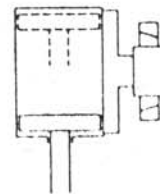
dvostransko delujoč cilinder



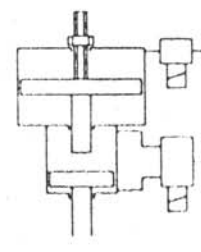
brez el.toka zaprt (standard)



brez el. toka odprt (na željo)



impulzno aktiviranje (na željo)



3 - položajni (pneumatski)

MOTORNI:



motor na izmenični tok



koračni motor

ELEKTROMAGNETNI:



zapiralna vzmet

Slika 2: Možni načini zapiranja vakuumskih ventilov

priključnima prirobnicama pri polno odprtem ventilu; pri cevi premera $2r$ in dolžine L se prevodnost spreminja z r^3/L ;

3.) življenjska doba - napoveduje koliko tesnih zapiranj naj vzdrži ventil pri upoštevanju normalnih pogojev delovanja, to je: odsotnost prahu, kemikalij, dima, premočnega zategovanja itd;

4.) pregrevnost - najvišja dovoljena temperatura, pri kateri lahko ventil uporabljamo, ne da bi se pri tem skrajšala življenjska doba. Za doseganje višjih vakuumov je zaželeno, da je ta temperatura čim višja, omejuje pa jo obstojnost sestavnih materialov (tesnila, maziva, deli krmilja...). Pri nekaterih izvedbah je možno za čas segrevanja sneti s kovinskega vakuumskega sklopa nepregrevne pogonske enote (plastika, tuljava el. magnet, pnevmatski cilindar...);

5.) materiali - poleg temperaturne vzdržljivosti morajo imeti dobro protikorozijsko obstojnost in nizek parni tlak; materiali ne smejo vsebovati kadmija, magnezija, cinka, žvepla, ter pravilna izbira maziva in tesnil;

6.) konstrukcija oz. izvedba - mora biti taka, da je potrebno čim manj mazanja, čim manj elastomernih tesnil (če že so, naj bodo proti vakuumski črpalni poti čim bolj zasenčena oz. skrita); kovinski materiali naj bodo uporabljeni tako, da večja poroznost v smeri valjanja ne vpliva na vakuumski prostor; čim manj naj bo žepov (zvari znotraj!), slepih lukenj in notranjih kotov, kjer bi se lahko nalagali delci prahu; notranje površine naj bodo čim bolj gladke (polirane); za različne potrebe je prav, da obstaja širok izbor izvedb zapiranja (slika 2). Pogosto je zaželjena možnost blokiranja, za večino sodobnih elektropnevmatskih ventilov pa se zahteva samodejno zapiranje ob izklopu električnega toka ali ob padcu tlaka stisnjenega zraka (vgrajena vzmet);

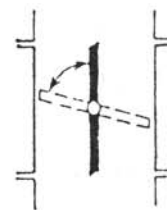
7.) vakuumski priključki - prednost se daje tistim, ki so standardizirani po ISO;

8.) možnost avtomatizacije - tudi v vakuumski tehniki je vse več avtomatsko vodenih procesov in proizvajalci ventilov ponujajo vse širšo izbiro. Gib zapiralnega dela je možno izvesti pnevmatsko, elektropnevmatsko ali z motorjem (slika 2). Pri prvih dveh sta običajno možna le dva položaja, pri motornem pogonu pa lahko nastavimo poljuben položaj in s tem precizno regulacijo črpalne hitrosti oz. vpuščanja plina. Za avtomatizirano delovanje mora imeti ventil vgrajene detektorje položaja.

9.) cena - čim nižja

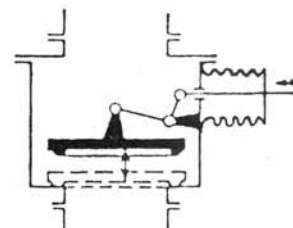
V nadaljnjem tekstu podajamo sheme različnih izvedb VV ventilov ter njihove glavne lastnosti:

Ventil "Metulj"



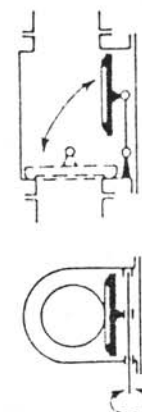
- premer odprtine je enak premeru cevovoda
- nizka nabavna cena
- tesnost zavisi od natančnosti izvedbe ovalnega krožnika
- rotacijski prevod tesnjen z O - tesnilom iz vitona

Premi ventil z vodoravnim visečim krožnikom



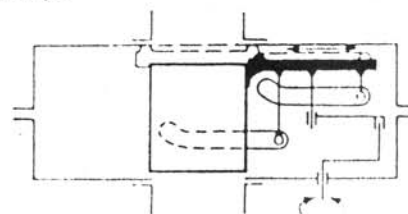
- razmeroma cenen
- sorazmerno nizek
- slaba prevodnost, ker krožnik moti pretok
- običajno za večje pretoke nad $\Phi 100$ mm
- zaželeno montiranje v navpični legi

Premi ventil s kotno zložljivim krožnikom



- rotacijski prevod (zanesljivo tesnenje)
- ohišje ostane pri popravilih lahko v vakuumskem sistemu
- dobra prevodnost
- sorazmerno visoka izvedba

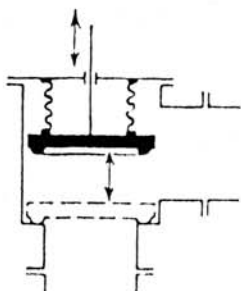
Ventil s pomičnim krožnikom in s ščitnim obročem proti sevanju



- pomik z ročico; rotacijski prevod

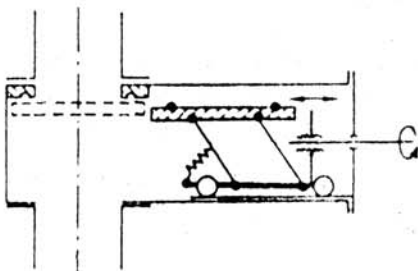
- ohišje pravokotno na cevovod
- ročni mehanizem omogoča hitro zapiranje
- pritisk na sedež s krivoljastimi utori
- pri popravilu ga moramo kompletno odmontirati iz vakuumskega sistema
- zahtevna izdelava, visoka cena

Kotni ventil z neposrednim premim gibom



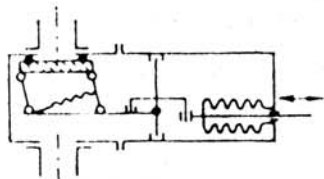
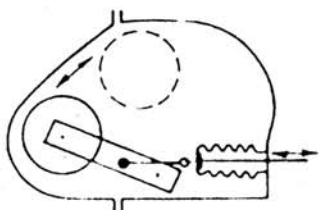
- možno je hitro zapiranje
- pri popravilih ostane lahko ohišje ventila vgrajeno v vakuumski sistem
- običajno za pretoke do Φ 100 mm

Ploščni ventil s paralelogramskim vozičkom



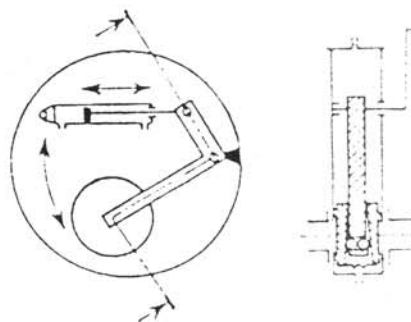
- pomik z navojnim vretenom; rotacijski prevod
- pritisk na sedež s stiskom paralelograma
- pri popravilih lahko ostane ohišje v vakuumskem sistemu

Ventil z nihajnim pomikom



- premo gibljiv prevod tesnjen z mehomo
- gib z enoročnim vzvodom
- pritisk na sedež s stiskom paralelograma
- ohišje lahko pri popravilih ostane v vakuumskem sistemu
- kratek pogonski gib

Ventil z vrtilnim pomikom



- rotacijsko gibljiv prevod tesnjen z vitonsko tesnilko
- ohišje pravokotno na cevovod
- pritisk na sedež s krogli na klinu
- cenenost zaradi enostavne montaže ohišja
- pri popravilih je treba kompletno odmontirati iz vakuumskega sistema

V zadnjem odstavku dodajamo še nekaj kratkih napotkov za vzdrževanje VV ventilov:

- med čiščenjem naj bo ventil vedno v odprtem položaju ter električni in pnevmatski priključki odklopljeni; po potrebi odmontiramo tudi celoten notranji mehanizem in to tako, da odvijemo prirobnico na telesu
- če O - tesnila zdrsujejo iz svojih utorov, jih je treba strokovno (z orodjem) učvrstiti nazaj
- pri razstavljenem ventilu očistimo vso notranjost in popravimo oziroma zjustiramo mehanizem, kar je še posebej pomembno pri ploščatih ventilih
- ne sme se uporabljati običajnih razredčil, topil za olja in pršil (kot npr. WD 40), ker bi z njimi resno poslabšali vakuum in kontaminirali še ostale dele vakuumskega sistema
- bate pri pnevmatskih pogonih namažemo enkrat letno in pazimo, da mazivo ne pride v stik z vakuumskimi površinami
- če so tesnilni obroči poškodovani (raze, razpoke) jih zamenjamo, sicer pa le tanko namažemo z vakuumsko mastjo
- mehove je treba pregledati na razpoke oziroma zareze; pri pomembnih tehnologijah je nujno, da jih imamo nekaj v rezervi
- hermetičnost sestavnih delov testiramo najprej posamično, nato pa še celoten ventil s helijevim leak detektorjem; posebno pozornost pri tem preverjanju je treba posvetiti mehu ter tesniloma na krožniku in ob prevodu pogonskega mehanizma

Literatura:

1. Wutz, Adam, Walcher: Theorie und Praxis der Vakuumtechnik; F. Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig, 1982
2. Autorkollektiv: Industrielle Vakuumtechnik; VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1979
3. M. Kurepa, B. Čobić: Fizika i tehnika vakuuma; Naučna knjiga, Beograd, 1988
4. C. Edelmann: Wissenspeicher Vakuumtechnik; VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1985
5. VAT - Vacuumvalves 90 - Katalog ventilov za leto 1990
6. Granville - Phillips Company - How to select UHV - valves (product report No. 267-5)