

## NASVETI

Novi urednik Vakuumista me že dalj časa nagovarja, da bi za bralce napisal nekaj strokovnega, uporabnega. Celo naslov oz. temo mi je predložil v razmišljanje. Prijel sem že za svinčnik, da bi začel pisati, pa sem ga nekajkrat odložil, dokler nisem našel tisto "ta pravo" temo, ki naj bi zganila večino bralcev in tudi njih pripravila k dejavnemu sodelovanju.

Dolga leta - več kot trideset jih je - ugotavljam, da so bili in so "tehnični" ljudje prisiljeni postati konstruktorji vakuumskih naprav. Pri svoji stroki, ki ni vedno le tehnična, ampak je lahko tudi medicinska, farmacevtska, biološka, arheološka ali druga, so morali začeti uporabljati vakuum za doseg ciljev. Bili so brez temeljnega znanja, saj ga tudi nikjer niso mogli dobiti. Vakuumsko tehniko namreč nikjer ne poučujejo, razen na občasnih osnovnih tečajih, ki jih prireja naše društvo. Maloštevilni vakuumski strokovnjaki pri nas niso tako splošno poznani in pri roki, da bi jih ljudje lahko hitro našli in jih prosili za nasvet. Zatekajo se, kamorkoli vedo in znajo, pa čeprav k vodovodnim instalaterjem, elektrikařem vseh vrst ali k "taužentkinstlerjem", ki pač znajo vse, tudi o vakuumu. Źal je to kruta resnica, ki jo spoznate iz njihovega pripovedovanja o trnjevi poti do "odrešenja". Njihove naprave, ki so jih zgradile neveščte roke, so podobne sračjemu gnezdu, za silo pa celo nekoliko delujejo. Po zemlji naši je še vedno ničkoliko delujočih, že zdavnaj amortiziranih vakuumskih naprav, ki "morajo" delovati, kajti za nove, sodobne ni nikoli denarja. Pravi strokovnjak, uporabnik vakuuma, ki se čuti odgovornega za svojo stroko, iskreno sprejema nasvet in pomoč vakuumista, saj ga v pogovoru ni sram priznati, da se na vakuum ne spozna, da pa je po čistem naključju in s pomočjo znancev le našel nekoga, ki bi mu lahko strokovno svetoval in pomagal.

Ta uvod nisem začel pisati zato, da bi zliil svoj žolč na vodstva institucij, katerih poslanstvo je bilo in je še vedno širiti vakuumsko znanost in tehniko, niti kritizirati delo vakuumskih društev, ki so životarila pod pezo nerazumevanja in bolj ilegalno kot legalno poskušala kaj dobrega storiti, opirajoč se na nekaj "nepoboljšljivih" zagnancev. Z urednikom sva sklenila, da poskusiva z novo rubriko "NASVETI", v kateri bi vakuumski strokovnjaki odgovarjali na vprašanja bralcev, uporabnikov vakuuma. Pri tem ne morem mimo tega, da ne bi ponovil tistega, kar vedno pravim na svojih predavanjih, in sicer, da v tako "odmaknjeni" stroki ni neumnega vprašanja in naj se zato poslušalci ne sramujejo vprašati karkoli s tega tematskega področja. Zato tudi vas, dragi bralci, spodbujam, da vprašate po tistem, kar vas žuli ali pa vas le zanima, ali pa morda smatrate, da bi bilo potrebno seznaniti širši krog bralcev. Če ne želite biti imenovani, se lahko podpišete s šifro. Tisti strokovnjaki, ki bodo pripravili odgovore, pa bodo podpisani, da boste lahko z njimi nadaljevali razgovor, če bo potrebno.

Za začetek te rubrike si bom "izmislil" vprašanje, ki sem ga izluščil iz številnih pogovorov z uporabniki: Kako začnemo načrtovati vakuumsko napravo? Kakšne osnovne podatke potrebuje tisti, ki jo bo konstruiral? Vakuumsko napravo potrebuje bodoči uporabnik zato, da bi uspešno izpeljal tehnološki postopek in s tem dosegel svoj cilj (npr. nov ali izboljššan izdelek, novo snov itd). Potrebno je torej, da resnično zaupa vakuumskemu strokovnjaku vse podatke, ki vplivajo na velikost naprave ter na izbiro črpalk.

Tak pogovor začnemo najprej o tehnološkem postopku, ki je lahko v principu že poznan, potrebno bi ga bilo le prilagoditi uporabnikovim željam oz. njegovim možnostim. Konstruktor mora iz tega vsaj približno oceniti, kolikšno prostornino  $V$  (npr. v litrih) naj bi imela vakuumsko posoda (komora, recipient) in pri kolikšnem tlaku\*  $p$  naj bi se postopek odvijal. Pri slednjem bodoči uporabniki navadno pretiravajo. Navajajo do stokrat nižji tlak, kot ga bodo dejansko potrebovali, za vsak primer, seveda. Ko pa zvedo, da bi bila cena take naprave nekajkrat višja, pristanejo na realne zahteve.

Ko smo torej približno določili prostornino vakuumske posode in delovni tlak, pri katerem naj bi se vse dogajalo, moramo določiti tudi čas  $t$ , v katerem želimo izčrpati posodo od atmosferskega tlaka do izbranega, delovnega tlaka  $p$ . "Čas je zlato", pravi pregovor. Rekel bi, da že pretiravamo s krajšanjem časa  $t$ , kar zahteva črpalke z veliko kapaciteto oz. efektivno črpalno hitrostjo  $S_{ef}$  ( $v\ m^3/h$  oz  $l/s$ ).

Za področje grobega vakuuma (1000 do 1 mbar) lahko uporabimo naslednji obrazec za izračun efektivne črpalne hitrosti  $S_{ef}$ :

$$S_{ef} = \frac{V}{t} 2.3 \log \frac{1000}{p}$$

Preprost zgled:  $V \approx 200l$ ,  $p \approx 1$  mbar,  $t \approx 2$  min (= 120 s); iščemo  $S_{ef}$ . Po zgornji formuli je:

$$S_{ef} = \frac{200}{120} 2.3 \log \frac{1000}{1} = 1.66 \times 2.3 \times 3 = \\ = 11.5\ l/s \approx 41\ m^3/h$$

Ustrezno črpalno bomo izbrali iz kataloga priznanega proizvajalca. V našem primeru se bomo odločili za enostopenjsko rotacijsko črpalno. Upoštevati moramo, da se njena nominalna hitrost  $S$  (to je črpalna hitrost, ki jo ima črpalna pri atmosferskem tlaku) od tlaka 10 mbar navzdol manjša in je enaka nič pri tki. končnem tlaku (okoli  $1 \times 10^{-4}$  mbar). Če hočemo torej

\* Besedo vakuum uporabljamo le na splošno, pogovorno, strokovno pa govorimo o tlaku, ki je sila na enoto površine, in ne o "pritisku", ki je le sila oz. teža.

izčrpati 200-litrsko posodo v 2 minutah od atmosferskega tlaka do 1 mbar, moramo vzeti črpalke z večjo nominalno črpalno hitrostjo  $S$ , kot je izračunana, potrebna  $S_{ef}$ . Vzeli bomo "najbližjo" enostopenjsko rotacijsko črpalke, ki je v katalogu izbranega proizvajalca in ima npr. nominalno črpalno hitrost  $S = 60\text{m}^3/\text{h}$  (pri 1000 mbar).

znano, da je pretok zraka v tki. viskozem področju (približno 1000 mbar do 1 mbar) odvisen poleg tlaka še od četrte potence premera ( $d^4$ ) in linearno od dolžine cevi. Praktično to pomeni: če zmanjšamo notranji premer povezovalne cevi, ali katerega koli dela, ki je med črpalke in vakuumsko posodo, na polovico, se pretok oz. efektivna črpalna hitrost



Do tu gre ponavadi vse lepo. Imamo glavne podatke: prostornino vakuumske posode  $V$ , delovni tlak  $p$ , čas črpanja  $t$  ter  $S_{ef}$  oz. nominalno črpalno hitrost  $S$ . Med črpalke in vakuumsko posodo je potrebna vezna cev, pa še kakšen ventil povrhu. Prav pri izbiri teh elementov pa naredijo nepoučeni "konstruktorji" najhujše napake. Povezovalno cev (npr. gumijasto) vzamejo kar tisto, ki jo imajo pri roki, v laboratoriju (oz. jo najdemo v skladišču oz. trgovini), ki pa je skoraj že praviloma mnogo manjšega notranjega premera, kot je sesalna odprtina črpalke. Kaj nam sploh še pomeni primerno izbrana oz. izračunana kapaciteta črpalke  $S_{ef}$ , ko pa bo izkoriščena le nekaj odstotno! Dejanski čas črpanja se bo podaljšal desetkrat ali več. Zaradi "končka" preozke cevi smo zapravili vse, kar smo vložili v nabavo večje, "hitrejše" črpalke, škodo pa si delamo še sproti, vsak dan, z manjšo količino izdelkov zaradi daljšega časa črpanja.

Pravilo, ki si ga z lahkoto zapomnimo, je: odprtina povezovalne cevi naj ima vsaj enak premer, kot je odprtina sesalne cevi črpalke. Povezovalna cev, ki se med črpanjem ne sme deformirati (sploščiti), naj bo tudi čim krajša. Iz teorije pretakanja plinov skozi cev je

zmanjša za 16-krat. Če podaljšamo cev, tako da je dolžina dvakrat večja, pa je zmanjšanje le dvakratno. Zapomniti pa si je treba tudi, da najožji del v povezovalnem vodu odloča o celotni prevodnosti, torej o efektivni črpalni hitrosti oz. o času črpanja. Temu pravilu primerno naj bodo izbrani tudi ventili, ki jih vstavljamo med črpalke in komoro, čeprav nam v vsakem primeru (ko so popolnoma odprti, seveda) lahko zmanjšajo efektivno črpalno hitrost do 50 %. Čas črpanja je v takem primeru še enkrat daljši, kot smo ga izbrali za izračun.

Dragi bralci! Poglejte nekoliko vaše (ali, prizanesljivo, sosedove) črpalne naprave in takoj boste ugotovili, kaj je konstrukcijsko narobnega. Še vedno je čas, da stvar popravite. Še ena "past" se pri tem skriva: puščanje oz. netesnosti spojev in sistema ter odplinjevanje (degazacija). O tem bo beseda kasneje.

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