

NASVETI

PREVENTIVA IN ODPRAVLJANJE NETESNIH MEST

1 UVOD

Pretežni del poklicnega ukvarjanja z vakuumsko tehniko je odpravljanje netesnosti oz. preprečevanje njihovega nastanka. V predgovoru tega zbornika smo celo zapisali, da pri vakuumu "vse pušča", vendar je pomembno, kakšno in kako veliko je to puščanje, ki ga izrazimo z enoto mbar l/s. Praktično lahko še dopustno puščanje za dinamične sisteme pripišemo kar standardni tlačni razdelitvi. Za grobi vakuum (1000 mbar do 1 mbar) priporočajo, da je puščanje manjše od $1 \cdot 10^{-2}$ mbar l/s, za srednji vakuum (1 mbar do $1 \cdot 10^{-3}$ mbar) manjše od $1 \cdot 10^{-3}$ mbar l/s, za visoki vakuum ($1 \cdot 10^{-3}$ do $1 \cdot 10^{-7}$ mbar) med $1 \cdot 10^{-5}$ in $1 \cdot 10^{-7}$ mbar l/s ter ultra visoki vakuum ($1 \cdot 10^{-7}$ do $1 \cdot 10^{-12}$ mbar) med $1 \cdot 10^{-7}$ in $1 \cdot 10^{-11}$ mbar l/s. Za ekstremni visoki vakuum (nižji od $1 \cdot 10^{-12}$ mbar) pa so zahteve hujše, saj prevladuje navidezno puščanje, in težave z naraščanjem tlaka v vakuumski posodi (desorpcija, difuzija, permeacija) rešujemo na drugačne načine. Za statične sisteme, pa so zahteve mnogo "hujše", saj npr. zahtevamo za navadno Dewarjevo posodo (termos steklenico) puščanje manjše od 10^{-12} mbar l/s.

Vakuumske posode, sistemi in izdelki vakuumskih tehnologij lahko puščajo v obe smeri, tj. navznoter, če je tlak v njih manjši od okoliškega (atmosferskega), ali navzven, če je v notranjosti tlak višji. Ne glede na smer puščanja pa velja, da ga je treba izmeriti ter tudi ugotoviti, ali gre za netesno mesto (realne netesnosti) ali za navidezno puščanje (pri desorpciji plina ali par s sten oz. notranjih delov vakuumske posode). Vdiranje okoliškega zraka, vlage, bakterij v evakuirane posode (kovinske komore, steklene posode itd.) lahko močno škodi. Če bi npr. vdiral zrak v TV-elektronko (zglej za statični sistem!), potem bi se njena obstojnost zelo hitro zmanjšala. Zračne molekule, ki vdre v elektronko, so podvržene stalnemu bombardiranju z elektroni. Tvorijo se ioni, ki "razbijejo" oksidno plast katode in elektronka "ogluši", postane neuporabna in z njo vred televizor. Spet drugje so težave s kisikom, ki lahko oksidira snov, ki je zaprta v evakuirani posodi in ki se lahko kemijsko tako spremeni, da postane neuporabna (npr. krvna plazma). Pri farmacevtskih izdelkih, predvsem antibiotikih, ki jih pripravljajo in hranijo v vakuumu, pa je potrebna velika vakuumska tesnost posod (stekleničk, ampul) tudi zaradi možnega vdora bakterij. Prav tako je tudi vakuumska tesnost (gledano navzven) potrebna pri posodah, ki so napolnjene s plini, parami ali tekočinami pri povečanem pritisku, da ne bi te snovi počasi ušle v okolico.

2 NAJNAVADNEJŠI VZROKI ZA NETESNOST

Ker je ugotovljeno, da vsi materiali, ki jih uporabljamo v vakuumski tehniki puščajo, potem bi bilo nesmiselno še posebej ugotavljati vzroke. Gradimo take naprave in

sisteme ter vgrajujemo in izdelujemo take stvari z materiali, ki imajo sami po sebi resnično in navidezno puščanje mnogokrat manjše od dovoljenega. Obravnavali bomo torej le primere, kjer gre za defekte v materialih (npr. porozne strukture) ali spojih (varjenih ali elastomernih), torej za "povečano" netesnost. Kadar iščemo z detektorjem taka mesta, moramo preiskati predvsem tista področja, kjer so spoji (varjeni ali tesnjeni s tesnili). Predvsem pa se nikdar ne smemo zanašati na "visoke sposobnosti" npr. varilca ali vestnosti operaterja, pa tudi na lastno pazljivost ne. Za vse vakuumske elemente, spoje, sisteme itd. moramo vedno opraviti preskus na vakuumsko tesnost ter ugotoviti velikost puščanja (v mbar l/s), kajti končni tlak, ki ga lahko dosežemo, je v tesni povezavi z velikostjo puščanja. Za zgled vzemimo neki visokovakuumski sistem, ki ima celotno puščanje (resnično in navidezno) $Q = 1 \cdot 10^{-4}$ mbar l/s. Če hočemo v njem doseči končni tlak npr. $p_k = 1 \cdot 10^{-6}$ mbar, potem mora imeti črpalka pri tem tlaku črpalno hitrost najmanj 100 l/s ($Q/S = p_k$). Velja pravilo, da moramo za vsak vakuumski sistem vedeti, kakšno je njegovo celotno puščanje. Ta podatek nam mnogokrat pomaga v primerih, ko ugotovimo, da ne moremo več doseči takega končnega tlaka kot ponavadi. Če imamo podatek, kolikšna je bila velikost puščanja pred tem, in ga primerjamo s tistim, ki smo ga pravkar izmerili, in je razlika malenkostna, potem smemo z gotovostjo trditi, da ni netesnosti, pač pa je vzrok za slab vakuum napaka v črpalci. Zanimivo je, da noben proizvajalec vakuumskih naprav ne da kupcu podatka o celotnem puščanju, ampak le, kolikšen končni tlak je mogoče doseči v določenem času. S tem podatkom pa si lahko bore malo pomagamo pri iskanju vzroka za slab končni vakuum. Iz tega izhaja, da moramo za vsak vakuumski sistem ali napravo vedeti velikost puščanja ob prevzemu.

Preobširno bi bilo naštevati, kaj vse povzroči povečano netesnost. Ko jo odkrijemo, lahko z različnimi metodami ugotovljamo vzroke. Najpogostejši pa so: porozni materiali, slabi zvari, razpoke zaradi nepravilne kombinacije materialov v varjenem spoju (prevelike razlike temperaturnih razteznostnih koeficientov v kriogeniki), nečisto delo (umazanija, tujki). Pri tesnilih, predvsem elastomernih, prevladujejo razpoke, otrdeli material zaradi učinkov staranja, nečistoče na površini tesnila, neprilagojenost s prirobnicami zaradi plastične deformacije tesnila, radialne zareze ali vdrtnine na tesnilki ali nalegajočih površinah na prirobnicah. Pri tesnilih je izrazito prepuščanje permeacija skozi strukturo. V nekaterih primerih se da težavo odpraviti z zamenjavo tesnila, medtem ko je pri zvarih težje. Za silo lahko rešimo zadevo s premazovanjem s hitrosušecimi se laki (npr. nitrolaki), vendar je to le improvizirana ali zasilna rešitev. Končna rešitev je ponovno varjenje in obvezen preskus na vakuumsko tesnost. Največ napak (puščanj) se pojavi na mestih, kjer so velike temperaturne razlike in s tem največji raztezki (npr. hladilne pasti oz. lovilniki par, hlajeni s tekočim dušikom ali helijem). Tudi

pri prevodnicah, če so hlajene s tekočim dušikom ali da skozi nje teče velik električni tok, se pogosto nenadoma pojavi puščanje.

3 UGOTAVLJANJE PUŠČANJA

Za vse nove elemente in sestave, ki so v kakršnikoli zvezi s tesnostjo posode ali sistema, jih moramo preskusiti, vsakega posebej, na vakuumsko tesnost, preden jih vgradimo v celotni sestav. Vse podatke moramo sprti zapisovati in shraniti, ker nam bodo kasneje rabili pri ugotavljanju vzrokov za spremembe. Preskuse in meritve lahko opravimo z detektorjem netesnosti ali z drugimi metodami. Kadar je puščanje manjše od merilne sposobnosti detektorja, potem vpišemo podatek za merilno mejo detektorja in ga označimo z znakom manj od (<), npr. $<1 \cdot 10^{-6}$ mbar l/s.

Zelo je priporočljiva metoda z naraščanjem tlaka, saj je nedestruktivna, zahteva pa nekoliko več časa, velja pa za področja od grobega do visokega vakuuma, s čimer se v praksi največ ukvarjamo. Ultra visoki in ekstremni visoki vakuum sta področji specializiranih razvojnih laboratorijev, pa tudi metode odkrivanja netesnosti (predvsem navideznih) so specifične.

Pri ugotavljanju puščanja sistemov in naprav moramo najprej izvesti preskus, ali gre za resnično puščanje ali navidezno. Če je v vakuumski posodi ali napravi snov, ki ima visok parni tlak (npr. voda, živo srebro, topila kot ostanki čiščenja notranjosti), potem zaman pričakujemo, da bomo dosegli nizke končne tlake. Nehote nas tak pojav tako presenetiti, da najprej pomislimo na (resnično) puščanje. Če bi imeli prigraden plinski analizador, bi lahko takoj ugotovili, za katero snov gre. Navadno pa tega nimamo in si pomagamo z metodo naraščanja tlaka. Če posnamemo celotno krivuljo

naraščanja tlaka v času (Pozor! V lin-lin merilu), lahko že iz njene oblike ugotovimo, da gre za pare, torej za desorpcijo oz. navidezno netesnost. Vzrok moramo nato odstraniti (pregrevanje oz. izplinjevanje, čiščenje, prepričevanje.....), da se povrne prvotno stanje, torej končni tlak, ki smo ga nekoč izmerili in zapisali. Niso pa vedno krive pare za "visok" končni tlak. Tudi "senzor vakuuma" - vakuummeter, katerega lastnosti so se sčasoma spremenile in ne kaže več pravilno (navadno večje tlake, kot so v resnici), je lahko vzrok za naše dvome. Za Piranijeve vakuumetre je značilna "selitev" ničle k višjim tlakom, merilna glava Penningovega merilnika pa se pri stalnem merjenju hitro zamaže (Zaradi bombardiranja njene katode se na okoliške površine naprši tanka plast katodnega materiala, ki sicer vpija pline in pare, jih pa tudi oddaja in tako "povečuje" tlak v merilni glavi, mi pa smatramo, da vlada v celotnem volumnu posode).

Končno je lahko vzrok naše zaskrbljenosti zaradi slabega vakuuma tudi olje rotacijske črpalke, ki je onesnaženo (npr. z vodnim kondenzatom), zato moramo izmeriti najprej končni tlak črpalke in ugotoviti napako. Onesnaženo olje zamenjamo z novim. Če pojava nismo odstranili, je potrebno črpalko pregledati (servisirati). Tudi difuzijske in druge črpalke imajo lahko svoje značilne "muhe", zato je potrebno, da jih poznamo, predvsem pa, da poznamo njihov način delovanja in najpogostejše okvare.

Jože Gasperič,
Institut "Jožef Stefan",
Ljubljana, Jamova 39

NOVICE

Švedska vakuumška konferenca ob 25 - letnici njihovega društva

V dneh 17., 19. in 20. avgusta sem se udeležil druge švedske vakuumške konference na Fakulteti za fiziko Univerze v Linkopingu (cca 200 km jugozahodno od Stockholma). Organizirali so jo ob 25-letnici njihovega vakuumškega društva in po vzoru francoskega praznovanja pred dvema letoma so nanjo povabili predsednike vseh evropskih vakuumških društev, med njimi kot sedanjega predsednika DVTS tudi mene. Mojo udeležbo sta finančno podprla MZT in IEVT.

Udeležencev je bilo okrog 130, med njimi cca 25 iz drugih držav, predstavnikov nacionalnih društev in mednarodne zveze IUVSTA. Med domačini so prevladovali profesorji in študenti z univerz (Stockholm, Göteborg, Uppsala in Linkoping), raziskovalci z državnih oz. kraljevih inštitutov ter predstavniki industrije in trgovine. Kljub dejstvu, da je bilo Švedov nad 100 (torej velika večina), je konferenca potekala v angleščini, kar je bilo

zame, vajenega naših mednarodnih srečanj, kjer lahko domačini govorimo svoj jezik, zelo presenetljivo. Obravnavana so bila naslednja področja:

- vakuumška znanost in tehnologije
- znanost o površinah in
- tanke vakuumške plasti

Predavatelji so bili večinoma povabljeni in so kvalitetno predstavili zanimive teme, kot npr: fizika površin, konstrukcija in delovanje velikih pospeševalnikov; študij prvotnega magnetizma z STM in superprevodniki; napetosti med tankimi plastmi in podlagami; evakuiranje velikih posod (do 400 m³) za simulacijo vesolja; atomske in magnetne strukture na površinah in stičnih ploskvah, povzročene s fotoelektronsko difrakcijo in holografijo; izdelava in elektronska struktura izredno tankih trakov oz. žic (nanowires); napredek pri mikroskopiji na atomsko silo.

Prvi dan zvečer smo predstavniki različnih društev imeli skupno sejo z naslednjim dnevnim redom:

- okrogla miza o aktivnosti nacionalnih društev
- koordinacija kongresov
- regionalne konference in kongresi
- sodelovanje pri vakuumskih tečajih
- stališče oz. poročilo IUVSTA o navedeni problematiki
- razno

Po spominu navajam nekatere podatke o nekaterih drugih nacionalnih vakuumskih društvih:

Švedsko vak. dr.: ciljajo na organizacije večjih mednarodnih konferenc, imajo cca 230 članov in 20 podjetij, izdajajo "Vacuum news" v švedščini (nakl. 400, 3-krat letno), občni zbor imajo vsako leto in skoraj vsakič tudi izvolijo novega predsednika, že dalj časa se predstavljajo s svojo domačo stranjo (home page) na internetu.

Nizozemsko vak. dr.: cca 300 članov, "News" v nizozemščini (4-krat letno po 500 izv.), vsako leto priredijo študentski vakuumski miting (postri, nagrade, kotizacija le 25 DEM) in druga srečanja, tečaje, letos tudi ekskurzijo na konferenco AVS v ZDA, kjer bo zelo lepa razstava, ukvarjajo se tudi z grobim vakuumom, dobro sodelujejo z aktivnim belgijskim društvom, ki izdaja dober časopis Belvac.

Švicarsko vak. dr.: cca 130 članov, 50 iz industrije, dobro so povezani s francoskimi kolegi in s CERN-om, organizirajo manjša srečanja, predvsem o vak. tankih plasteh in izvajajo tečaje za tehnike.

Češko vak. dr.: cca 85 članov + cca 25 Slovakov (kajti na tem tehničnem področju oba naroda še delujeta

skupno) + 10-12 podjetij, skupna srečanja, članarina 5 DM, za podjetja 100 DM, 2-3 x letno izdajo časopis, ki služi tudi drugim vzhodnim državam, jezik na njihovih medn. konferencah je češki in angleški, enotedenski tečaji so povezani tudi s poletno šolo o vakuumski fiziki.

Francosko vak. dr.: cca 1000 članov, podobna struktura organiziranosti po področjih, kot v IUVSTA, stalno 5 redno zaposlenih, tečaji za tehnike, za znanstvenike, za nekatera podjetja posebej v angleščini, podobno kot tudi nekatere konference, izdajajo 4 x letno znanstveno revijo (100 strani, cca 10 člankov v angl. in franc. jeziku ter spl. tematika in društvene novice), sodelujejo zelo dobro s francoskim fizikalnim društvom in s CERN-om.

Avstralsko vak. dr.: cca 100 članov, organizirajo tečaje, baza podatkov o dobaviteljih opreme, vezani so na AVS, delovanje pri njih ovirajo velike razdalje.

Slovensko vak. dr.: 130-150 članov, vsako leto enodnevno vakuumsko posvetovanje v okviru slovenske konference o materialih in tehnologijah, pogosta srečanja s hrvaškimi kolegi, 4 x letno izdajamo znanstvenotehnični časopis Vakuunist, prirejamo tečaje za raziskovalne inštitucije in industrijo, občasno ekskurzije tudi v tujino in izdaja knjig, aktivno sodelovanje v IUVSTA in s sosednjimi deželami.

O drugih točkah dnevnega reda je potekal prost pogovor brez obvezujočih sklepov. Glede kongresov je bilo potrjeno, da redno potekata EVC (evropski vakuumski kongres) in JOINT-konferenca (Avstrije, Madžarske, Hrvaške in Slovenije), nejasno pa je ostalo glede konference nordijskih držav. Smiselno je obveščati se meddruštveno o regionalnih konferencah, toda nemogoče je, da bi bili vsi vsako leto povsod prisotni, saj je evropskih društev okrog 20. Za izboljšanje tečajev bi lahko uporabili najnovejše francoske postre, ki zaenkrat še niso prevedeni, niti objavljeni na www. Obstojajo tudi



Predstavniki nacionalnih vakuumskih društev, med njimi tudi mag. A. Pregelj (tretji z leve v drugi vrsti) udeleženci švedske vakuumske konference ob 25-letnici njihovega društva

novi "IUVSTA-visual aids"; poskusili bomo sestaviti spisek (listo) priznanih ekspertov, lahko bi vpeljali tudi izvajanje virtualnih poskusov. IUVSTA je kot vez med društvi odprta za nasvete (ki jih zaenkrat ni) in podpira tudi srečanja predsednikov. Za izboljšanje mednarodne kordinacije bomo sestavljene spiske strokovnjakov in funkcionarjev dopolnjevali z novimi imeni in z dodatnimi podatki (preko e-mailov) ter tudi še nadaljevali, sicer neobvezno, s podobnimi srečanji. Zvečer smo povabljeni gostje v stari mestni restavraciji še poglobili medsebojna znanstva in poznavanje delovanja društev. Z nekaterimi smo se domenili za izmenjavo svojih nacionalnih strokovnih glasil.

Drugi dan popoldne so bila zadnja predavanja posvečena zgodovini švedskega društva, njihovi povezavi z mednarodno zvezo ter pomembnosti entuzijazma, amaterizma in naivnosti, ki so neke vrste osnova za kakršenkoli napredek. Prisotni predsednik IUVSTA, dober znanec Slovenije, prof. dr. Robins iz Avstralije je toпло pozdravil njihove dosežke in jim ob jubileju

zaželel enako uspešnost tudi vnaprej. Sledila so pregledna predavanja vrhunskih strokovnjakov: o tankih plasteh (Kay), o znanosti površin (Flodstrom) in o razvoju vakuumske znanosti in tehnologij (Westerberg). Predavalnica je bila povsem polna, prisotni - med njimi mnogo študentov - so pozorno poslušali o velikanskih napredkih znanosti v zadnjih obdobjih, o pomembnosti prispevka raziskav in tehnologij, vezanih na vakuumsko tehniko ter o ljudeh in društvih, ki so to ustvarjali.

Konferenco je spremljala manjša razstava proizvajalcev vakuumske opreme oz. njihovih zastopnikov na Švedskem (Leybold, Edwards, Peiffer-Balzars, MKS, Swagelok,...) in tudi dveh ali treh domačih. Ogledali smo si jo med odmori, ko je bilo možno ob kavi in iskotih tudi vzpostaviti kontakte, izmenjati naslove itd.

mag. Andrej Pregelj

POSVETOVANJE O NETESNOSTI SISTEMOV IN NAPRAV

V organizaciji Društva za vakuumsko tehniko Slovenije je bilo 22. oktobra 1997 pod delnim sponzorstvom Ministrstva za znanost in tehnologijo izvedeno (prvo slovensko) Posvetovanje o netesnosti sistemov in naprav. Potekalo je v knjižnici Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko v Ljubljani od 8.15 zjutraj do 18.45 zvečer. V tem času so se zvrstila naslednja predavanja: (a) Teorija črpanja in opredelitev velikosti puščanja, (b) Osnove vakuumske tehnike, (c) Materiali, vrste spojev in tehnologije spajanja, (d) Metode in naprave za iskanje netesnih mest, (e) Helijevi detektorji netesnosti, (f) Kalibracija merilnikov tlaka in iskalnikov netesnih mest, (g) Primeri odkrivanja netesnosti, (h) Kontrola tesnosti, osnova za kvaliteto proizvodov, (i) Preventiva in odpravljanje netesnih mest, (j) Odkrivanje netesnosti pri absorpcijskih toplotnih napravah, (k) Tesnostni preizkusi v laboratoriju za plinsko tehniko Inštituta za varilstvo in (l) Razprava o problematiki netesnosti v praksi.

Udeležencev je bilo, skupaj s tistimi, ki smo pripravili referate, 41. Prišli smo iz naslednjih delovnih organizacij: ETOL, Celje (1), Inštitut za varilstvo, Ljubljana (3), Strojna fakulteta Univerze v Ljubljani (1), LEK, Ljubljana (2), Jedrska elektrarna, Krško (1), Iskra EMECO, Kranj (1), Saturnus-tovarna avtoopreme, Ljubljana (5), Donit-tesniti, Medvode (2), Danfoss-Trata, Ljubljana (1), ETA, Cerkno (1), TKI Pinus, Rače (1), TE Šoštanj (2), Gorenje-gospodinjski aparati (2), ITP-Siemens, Zagreb (2), COX, Ljubljana (1), Metalflex, d.o.o, Podljubinj (1), IMT, Ljubljana (2), IEVT, Ljubljana (5), Belinka-perkemija, Ljubljana (1), ITPO, Ljubljana (2), Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana (1), Fotona, Ljubljana (1), Slovensko društvo za neporušitvene raziskave (1).

Trije razstavljalci (Varian-Merel, Balzers-SCAN in IEVT) so s prospektnim materialom, katalogi in nekaterimi eksponati predstavili svojo dejavnost oz. predvsem tisti del, ki je vezan na odkrivanje netesnosti. V vmesnih odmorih in v času kosila je bilo tudi dovolj priložnosti za pogovore in medsebojno spoznavanje udeležencev. Se posebej smo v sklepni razpravi izluščili nekatere probleme, ki pestijo zaposlene v industriji; npr.: pomembnost hitrosti oz. cene preskušanja na tesnost v serijski proizvodnji, vpliv pogostosti puščanja na izboljšavo tehnologij tesnjenja, slabo poznavanje materialov in tehnologij, preverjanje tesnosti novih tesnilnih materialov, nepoznanje splošno privzete enote za opredeljevanje velikosti puščanja (mbar l/s) itd. Na posvetovanju smo se srečali vakuumisti, ki so nam osnove tesnjenja in puščanja domače in mnogi, ki jim je ista problematika enako ali pa še bolj pomembna pri obvladovanju nadtlaka tako tekočin kot tudi plinov. Zanimivo za vse je bilo, da povezano delujejo standardi, nastajajoči v okviru področja neporušitvenih raziskav. Strokovnjaki (npr. Evropski odbor za normative) namreč v ta namen pripravljajo izbor vakuumskih in nevakuumskih metod ter navodila za njih uporabo za vso tehniško srenjo. Seveda smo tu vakuumisti, posedujoč najpomembnejše testirne postopke (detektor na helijev masni spektrometer, metoda naraščanja tlaka, ...) obvezani, da intenzivno sodelujemo tudi v bodoče.

mag. Andrej Pregelj