

NASVETI

Vzrok za podaljšan čas črpanja vakuumskih sistemov in kako se temu izognemo

Ko začnemo črpati (evakuirati) vakuumski sistem, niti ne pomislimo, kaj vse se dogaja v njegovi notranjosti. Za uporabnika je pomembno le to, da bo v določenem času dosegel določen tlak, ki je pogoj, da se bo lahko začela tehnološka faza (npr. naprejevanje, naprševanje, impregniranje...). Če vse lepo poteka, se ne vznemirjamo. Čisto drugače pa je, če v predvidenem času, ki smo ga vajeni, ne dosežemo določenega tlaka. Takoj pomislimo na vse mogoče: črpalka je pokvarjena, merilnik kaže narobe in še sto drugih vzrokov lahko »najdemo«. V največ primerih pa je vzrok povečana relativna vlažnost atmosferskega zraka iz okolice v kombinaciji z nekaj naše malomarnosti. O tem bo beseda v tem poglavju.

Vakuumskega sistema nikoli ne moremo izčrpati do popolnega vakuuma. V njem ostane *residualna atmosfera* plinov in par. *Celotni (totalni) tlak* pri tem je vsota *delnih (parcialnih) tlakov* posameznih plinov in par in ga imenujemo *končni tlak*. Ko plinske in parne molekule zaradi svojega termičnega gibanja zadevajo ob trdno površino (trdnino), nastajajo različni pojavi:

- *adsorpcija* (ujetje molekul na trdni površini v notranjosti vakuumske posode)
- *desorpcija* (odhajanje molekul s te površine, torej nasprotni pojav od adsorpcije)
- *odboj* (molekule priletijo na površino in se od nje odbijejo nazaj v prostor)
- *difuzija* (prodiranje adsorbiranih molekul oz. atomov s površine v notranjost trdnega materiala (*absorpcija*) ali iz njega in nato sproščanje v notranjost vakuumske posode. (To, zadnje, imenujemo tudi *razplinjevanje*.)
- *odstranjevanje adsorbiranih molekul* zaradi trkov drugih molekul
- *površinske reakcije* (pojav nastanka novih molekul na površini iz adsorbiranih in drugih molekul).

Nekaj naštetih pojavov ima težnjo, da odvezamo molekule iz plinske faze, drugi pojavi pa jih silijo v plinsko stanje.

Na končni tlak pa vplivajo tudi (*realne*) *netesnosti*, ki se pojavijo v stenah vakuumske posode (npr. na zvarih, priključkih itd.). *Navidezna netesnost* pa je v bistvu desorpcija, tj. sproščanje plinskih (parnih) molekul iz trdnih materialov (*razplinjevanje*) ali z njihove površine (*odplinjevanje*). K navidezni netesnosti dodajmo še *permeacijo*, ki je kombinacija več fizikalnih pojavov, tj. neke vrste »puščanje« skozi strukturo materiala, poseb-

no skozi polimerne materiale (npr. tesnila). Ko pa se v evakuiranem sistemu odvija tehnološki postopek pri povišani temperaturi, pa se navadno pojavi še dodatna desorpcija oz. odplinjevanje iz materialov, ki jih segrevamo.

Navadno pojava adsorpcije in desorpcije prevladujeta v vakuumskih sistemih, pri čemer gre predvsem za vodno paro. Pri črpanju se ta začne sproščati (desorbirati) z notranjih površin, za kar je potrebna energija (tj. toplota), ki jo molekule vode lahko odvzemajo le iz materiala, na katerem so se adsorbirale oz. kondenzirale. Ta material se začne ohlajati, in prav rado se zgodi, da kondenzat vodne pare (voda) zmrzne, led pa le počasi odhlapeva ali *sublimira*. (Sublimacija je prehod iz trdnega stanja neposredno v plinasto.)

Nasičeni parni tlak vode pri 100-odstotni *relativni vlažnosti* je pri 0 °C 6,1 mbar, kar je 4,8 g/m³, pri 20 °C pa 23,37 mbar oz. 17,3 g/m³. Če nekoliko poenostavimo, bi lahko rekli, da je pri 20 °C in 100-odstotni vlažnosti količinsko 3,6-krat več vodne pare v vakuumski posodi kot pri 0 °C. In če je toliko več pare v vakuumski posodi, jo lahko tudi več izčrpamo ter tako dosežemo želeni *delovni tlak* v krajšem času, pod pogojem, da vzdržujemo vseskozi temperaturo 20 °C. To pa lahko dosežemo le s segrevanjem, vendar tega navadno ne počnemo (razen pri ultravisokovakuumskih sistemih), ampak dopustimo, da se izhlapevanje samodejno uravnava. To pa pomeni, da bodo časi črpanja do (predpisanega) delovnega tlaka (velja tudi za končni tlak) tem daljši, čim več bo vlage v vakuumskem sistemu. Ko odpiramo vakuumsko komoro (npr. pri zamenjavi vložka) navadno izpostavimo njene notranje površine okoliški atmosferi, ki pa je navadno vlažna*. Čim več je vlage v okoliškem zraku in čim dalj časa je komora odprta, tem več se je bo adsorbiralo na notranjih trdnih površinah in tem daljši bodo časi črpanja do delovnega tlaka. Občutno povečanje črpalnega časa pa nastane, če notranje stene niso čiste, kar je najbolj pogost pojav pri naparevalnikih in naprševalnikih, pa tudi pri drugih vakuumskih sistemih, kjer se na stenah nabira nečistoča, navadno kovinska neparina, ki je močno porozna in slastno vpija vlago, ki iz poroznostnih kapilar** le počasi odhlapeva. Končnega tlaka, ki smo ga bili vajeni doseči, ko je bil sistem še čist, brez pregrevanja sploh ne moremo doseči v nekem »doglednem« času. Časi črpanja do delovnega tlaka se zato podvojijo, potrojijo, ..., vzrok pa je človeška malomarnost. Zato je pomembno, da notranje površine v vakuumskih napravah skrbno in

* Količina je vlažnost zraka, nam pove razmerje med *nenasičenim* in *nasičenim parnim tlakom vodne pare*, izraženo v odstotkih. To razmerje imenujemo *relativna vlažnost, RH(%)*. $RH = 100\%$ pri določeni temperaturi pomeni, da je v zraku toliko vodne pare, kot jo le-ta sploh lahko sprejme. Kar je več, se v hipu kondenzira. Relativno vlažnost merimo s *higrometri*, ki so preprosti in poceni merilniki.

** Pri kapilarni poroznosti se lahko dogodi, da se v kapilarah (premera okoli 10 nm in temperaturi 300 K) nabere kondenzat vode že pri relativni vlažnosti zraka nad 32 %.

pogosto očistimo. Navadno imajo naparevalniki ob stenah kovinske plošče, ki se jih da izvleči in enostavno, mehanično očistiti neparino (na suho!). Čiščenje z uporabo tekočin, kot so topila, lužine, kisline itd., je nedopustno z več ozirov (visok parni tlak, kapilarni efekt, toksičnost itd.). Druge dele v notranjosti naparevalnika lahko zaščitimo z ovijanjem z aluminijasto folijo, ki jo pri čiščenju enostavno zavržemo ter nadomestimo z novo.

Kadar se vam zgodi, da »nenadoma« ne dosežete zelenega vakuuma v času, ki ste ga bili vajeni, najprej pogledajte na stenski higrometer (Če ga nimate, pa pogledajte skozi okno, kakšno je vreme. Če dežuje, je gotovo relativna vlažnost tudi v prostoru zelo visoka.) pa še v svoj »spomin«, kdaj ste zadnjič očistili notranjost vakuumske komore. Če imate »čisto« vest, potem bo pa res napaka kje drugje.

Vplivu relativne vlažnosti in njenega spreminjanja, s tem pa tudi spreminjanja časa črpanja do delovnega tlaka, se izogibamo tako, da vakuumski sistem pred vpustom atmosfere ogrejemo. Zato imajo nekateri veliki proizvodni sistemi (naparevalniki) zunanje stene preprejene s kovinskimi (bakrenimi) cevmi, skozi katere lahko spustimo toplo vodo. Na ogrete notranje površine se pri vpustu okoliškega (vedno vlažnega) zraka adsorbira manj vodnih molekul, pri kasnejšem črpanju pa le-te hitreje odhlapijo.

Drugi način je vpust suhega dušika namesto vlažnega zraka iz okolice. Adsorbirane prve plasti dušika na trdni površini preprečujejo adsorpcijo vodnih molekul neposredno na njej. Na trdni površini so namreč vezavne sile najmočnejše in bi bilo treba za desorpcijo vodnih molekul veliko toplotne energije (85 kJ/mol). Če pa se molekule vodne pare adsorbirajo na plasteh, ki jih tvorijo molekule dušika (ali drugih permanentnih plinov), pa so vezavne sile mnogokrat manjše in je zato toplotna energija za njihovo desorpcijo manjša. Manjša pa je v splošnem tudi energija za desorpcijo molekul permanentnih plinov s trdne površine.

Odsvetujemo pa uporabo »suhega zraka« namesto suhega dušika, ker je priprava takega zraka povezana s sušilnimi filtri, ki se hitro ovlažijo in postanejo neučinkoviti. Na sprotno zamenjavo pa navadno pozabimo ali pa se zadovoljimo z lažnim prepričanjem, da je sušilni material še dober.

Odstranjevanje adsorbiranih vodnih molekul z notranjih površin vakuumske posode gre v splošnem najhitreje z uporabo plazme. Pri nekaterih vakuumskih sistemih je tudi to omogočeno.

V tehniki grobega in srednjega vakuuma (npr. industrija žarnic) uporabljajo za hitrejše odstranjevanje vlage tudi izplakovanje s suhimi plini.

Dr. Jože Gasperič
Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

POVABILO K VČLANJENJU ZA LETO 2003

Dragi DVTS član

Naše društvo z več kot 300 člani je živa organizacija, ki želi razširjati znanje s področij površin, stičnih površin, tankih plasti, plazme, mikroelektronike, vakuumske metalurgije, nanostruktur ter vakuumske znanosti in tehnologij. Pri tem skušamo razvijati medsebojne odnose in nova poznanstva, vse z namenom, da na omenjenih toriščih pomagamo razviti in odkrivati ekonomsko čim uspešnejše postopke.

Zastavljene cilje skušamo dosežati z naslednjimi dejavnostmi:

- prirejamo izobraževalne tečaje (osnove, netesnost, vzdrževanje, vakuumski sistemi in črpalke) za industrijo in raziskovalne inštitucije
- organiziramo strokovna srečanja
- redno izdajamo revijo Vakuumist (4-krat letno)
- občasno izdamo strokovno knjigo
- vzdržujemo stike s tovrstnimi organizacijami in strokovnjaki v tujini

Vključeni smo v Elektrotehnično zvezo Slovenije (EZS) in v Zvezo inženirjev in tehnikov Slovenije (ZITS) ter v Mednarodno zvezo za vakuumsko znanost, tehnologije in aplikacije (IUVSTA) in povsod veljamo za sposobno in dejavno asociacijo.

Članstvo v DVTS omogoča predvsem lažjo navezavo stikov s sorodnimi strokovnjaki in možnost aktivnega vklopa v organe društva. Poleg tega pa kot društvo nudimo svojim članom prejemanje revije Vakuumist, nekatere popuste pri naših prireditvah in nakupih knjig in nasvete za stik s strokovnjaki za posamezna področja omenjenih dejavnosti. Vabimo vas, da obiščete našo domačo stran, kjer je vse še podrobneje predstavljeno.

Članarina za leto 2003 bo ostala enaka lanskim tj. 3000 SIT in želimo, da jo člani poravnate že v začetku leta, novi interesenti pa, da tudi korajžno pristopite.

V prihajajočem novem letu 2003 vam vsem želimo veliko strokovnih uspehov in osebne sreče!

december 2002

Izvršni odbor DVTS