

## 1. UVOD

Nečistoče v vakuumskih recipientih uspešno odstranjuje atomarni vodik. Za izvor atomarnega vodika običajno vzamemo plazmo. Ker v plazmi potekajo tudi nekaterih škodljivi procesi, npr. odprševanje, je ugodno, da plazme ne vzbujamo v recipientu, ki ga čistimo, ampak v predkomori. Koncentracija atomarnega vodika izven razelektritvenega prostora je v splošnem manjša kot v plazmi, saj poteka rekombinacija na stenah spojnih elementov. Napakam pri ocenjevanju teh izgub se izognemo, če izmerimo tok atomarnega vodika na mestu, kjer ga uporabljamo. Na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko smo razvili priročno metodo za merjenje pretoka atomarnega vodika, ki temelji na razliki rekombinacijskih koeficientov različnih kovin.

## 2. EKSPERIMENTALNI SISTEM

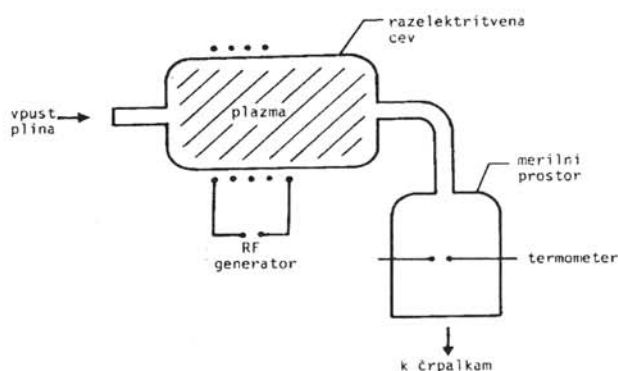
Za meritve pretoka atomarnega vodika smo izdelali steklen vakuumski sistem, ki je shematično prikazan na sl. 1. Plazmo v razelektritveni cevi vzbujamo preko tuljave, ki je vezana na RF generator frekvence 27,12 MHz in izhodne moči do 700 W. Atomarni vodik vodimo preko steklenega kolena v cev za meritve. V cevi sta vgrajena dva alkoholna termometra s temperaturno skalo od 0°C do 100°C. Na bučko enega od termometrov smo naparili tanko plast aluminija, na bučko drugega termometra pa tanko plast bakra. Rekombinacijski koeficient za reakcijo



je 0,19 za baker in približno  $10^{-3}$  za aluminij (1). Pretok atomarnega vodika merimo preko temperaturne razlike med aluminijem in bakrom, ki jo odčitamo s termometrov.

V stacionarnem stanju je dovedena toplota zaradi rekombinacije enaka odvedeni toploti zaradi hlajenja z molekularnim vodikom:

$$\frac{1}{2} \gamma \Phi_A W_D t = \frac{3}{2} k \Phi_M (T_s - T_0) t \quad (2)$$



Slika 1: Vakuumski sistem za meritve pretoka atomarnega vodika

V enačbi (2) je  $\gamma$  rekombinacijski koeficient  $\Phi_A$  pretok atomarnega vodika,  $W_D$  disociacijska energija za molekulo vodika,  $k$  Boltzmannova konstanta,  $\Phi_M$  pretok molekularnega vodika,  $T_s$  temperatura kovine, ko je doseženo stacionarno stanje in  $T_0$  temperatura plina. Faktor 1/2 na levi strani enačbe smo zapisali zato, ker za rekombinacijo potrebujemo dva atoma. V enačbi (2) smo predpostavili, da je pretok atomarnega vodika precej manjši od pretoka molekularnega vodika.

Izmerili smo odvisnost temperature bakra in aluminija od časa delovanja atomarnega vodika. primer meritve je prikazan na sl. 2. Opazimo, da ostaja temperatura aluminija skoraj nespremenjena, medtem ko temperatura bakra naraste v nekaj minutah do 90°C. Spremembo temperature aluminija pripišemo toplejšemu plinu, ne pa rekombinaciji. Stene razelektritvenega prostora se namreč precej segrejejo zaradi absorpcije ultravijoličnih žarkov. Tako lahko izračunamo pretok atomarnega vodika po enačbi

$$\Phi_A = \frac{3\Phi_M k (T_c - T_A)}{\gamma W_D} \quad (3)$$

kjer je  $T_c$  temperatura bakra v stacionarnem stanju,  $T_A$  pa temperatura aluminija.

Pretok molekularnega vodika izračunamo iz črpalne hitrosti predčrpalk po enačbi

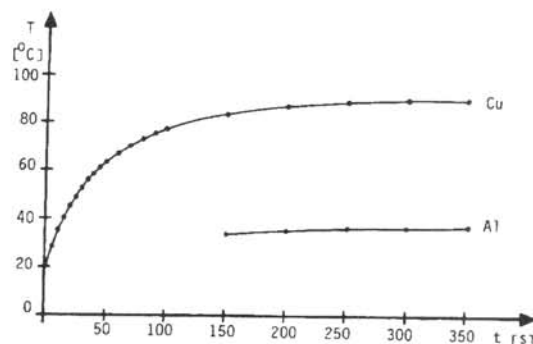
$$\Phi_M = K \frac{\rho}{m_0} \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

kjer je  $K$  korekcijski faktor, ki je odvisen od razmerja površine bakra in preseka cevi, v kateri se baker nahaja,  $\rho$  je gostota plina pri delovnem tlaku,  $dV/dt$  je črpalna hitrost in  $m_0$  je masa molekule vodika. V našem primeru je

$$\Phi_M = 1.8 \times 10^{19} \text{ s}^{-1}; k = 1.4 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}, \\ (T_c - T_A) = 53 \text{ K}, \gamma = 0.19 \text{ in } W_D = 4,5 \text{ eV}$$

Pretok atomarnega vodika je tedaj

$$\Phi_A = 3 \times 10^{17} \text{ s}^{-1}$$



Slika 2: Časovna odvisnost temperature Cu in Al med delovanjem atomarnega vodika.

### 3. DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK

Razvili smo preprosto metodo za meritve pretoka atomarnega vodika. Pri izračunu smo naredili nekaj približkov, zato meritve niso najbolj natančne. Pri oceni korekcijskega faktorja v enačbi (4) smo predpostavili, da je kar enak razmerju med površino bakra in presekom meritvenega prostora, v našem primeru  $K = 0,23$ .

Prav tako smo predpostavili, da so molekule, ki so nastale s površinsko rekombinacijo v osnovnem stanju. Ta predpostavka se ne ujema z najnovejšimi merjenji (2), ki kažejo, da je velik del tako nastalih molekul v vzbujenih vibracijskih stanjih. Zaradi tega bi morali v imenovalcu desne strani enačbe (3) namesto disoci-

acijske energije vzeti energijsko razliko med disociacijsko energijo in povprečno energijo vzbujenih stanj molekul, ki zapuščajo površino.

Kljub poenostavitvam lahko predvidevamo, da napaka pri meritvah ni večja od faktorja 2. Eksperimentalni sistem tako popolnoma zadošča našim potrebam.

### LITERATURA

1. B.J. Wood, H. Wise, J. Chem. Phys. 29 (1958), 1416
2. R.I. Hall, I. Čadež, M. Landau, F. Pichon, S. Schermann, Phys. Rew. Lett. 60 (1988), 337.

M. Mozetič, F. Brečelj,  
A. Pregelj, IEVT, Ljubljana

---

## Historijat društva za vakuumsku tehniku SR Hrvatske (DVTH)

---

*Z namenom, da bi najširšemu krogu bralcev našega glasila predstavili dejavnost vakuumskih društev v Jugoslaviji, smo že pred leti objavili zgodovini aktivnosti slovenskega in srbskega društva (dr. Lah v številki 7 in prof. dr. Perovičeva v 14. številki Vakuumista). Sedaj se je našemu vabilu s pričujočim zapisom odzval tov. Rajko Stojanović - dolgoletni predsednik Društva za vakuumsku tehniku Hrvatske. Vsi si želimo, da bi v naslednjem podobnem sestavku lahko kaj prebrali o delovanju vakuumistov v Bosni in Hercegovini ter v Črni gori, kjer je dejavnosti naše stroke kar precej, in kjer že daljše obdobje pričakujemo ustanovitve novega (četrtga) jugoslovanskega vakuumskega društva.*

Još 1966 godine grupa stručnjaka iz Rade Končara i Generalexporta je na poticaj Društva za vakuumsku tehniku LR Slovenije formirala Sekciju za vakuumsku tehniku SRH (SVTH). Konačno formiranje ove sekcije izvršeno je na II kongresu JUVAK-a u Zagrebu. SVTH je i organizirala taj II Kongres od 26-27.09.1966. Rad ove SVTH je vrlo dobro započeo, međutim obzirom da su stručnjaci Rade Končara koji su bili osnivači polako prelazili na druge poslove gdje nije bilo vakuuma to je rad SVTH polako počeo da odumire. Tako da je SVTH de facto postojala samo na papiru. Jedini koji su se i dalje borili da SVTH ne odumre potpuno bili su drugovi iz Generalexporta, ali nisu na žalost nailazili na podršku stručnjaka iz privrede. Međutim 1976 grupa stručnjaka iz Rade Končara i Tvornice transformatora na čelu s tadašnjim direktorom mr. Vitomirom Kovačecom i predsjednikom SVTH dipl.ing. Rajkom Stojanovićem ponovo su pokrenuli akciju za oživljavanje SVTH. Pokrenuta je živa akcija, održano nekoliko sastanaka i formirano je tada DVTH. DVTH je uskoro i registrirano od strane Republičkog sekretarijata za unutrašnje poslove SRH pod br. JP/1/1501/7-1979 od 4.09.1979. DVTH je na svoj zahtjev primljeno u Savez inženjera i tehničara Hrvatske (SITH) kao njihov interdisciplinarni član 9.05.1980. Formiranje DVTH podržalo je niz privrednih organizacija kao što su pojedini OOUR-i Rade Končara, TEŽ, RIZ, Jedinstvo, Institut Ruđer Bošković, Institut za fiziku sveučilišta, Fakultet strojarstva i brodogradnje, INA Rafinerija Rijeka, Monting itd. DVTH je uz tu pomoć

organizirao i IX. Kongres JUVAK-a u Zagrebu od 13-15.10.1983 Glavni suorganizatori bili su Rade Končar Tvornica transformatora, Institut Ruđer Bošković i Fakultet strojarstva i brodogradnje. No nakon ovog vrlo uspješno organiziranog kongresa DVTH opet zapada u krizu zbog nedostatka financijskih sredstva i nemanja vlastitih prostorija. Međutim grupa entuzijasta i dalje je tražila izlaz iz ove nove krize, te je u IV kvartalu 1985 pokrenuta akcija za organizaciju Tečaja iz vakuumske tehnike koji je uspješno organiziran od 24.02. do 28.02.1986. Tečaju je prisustvovalo ukupno 25 učesnika, a predavači su bili suradnici Instituta Ruđer Bošković i Instituta za fiziku Sveučilišta. Tečaj je obuhvatio 18 sati predavanja iz teorije i 10 sati praktičkih vježbi. Tečaj se zbog potrebe za stručnim inventarom održao u Institutu Ruđer Bošković i Institutu za fiziku Sveučilišta. Ovaj tečaj donio je DTH i malu financijsku korist.

Kao rezultat ovog tečaja došli su iz privrede zahtjevi za održavanje specifičnih tečajeva, a kao prioritetno tečajeva za održavanje vakuumske opreme, jer je servis ove opreme vrlo ograničen i vezan na dolazak stranih stručnjaka glavnih isporučilaca te opreme, što je vezano s velikim izdacima. Tako je od 9. - 11.2.1987 u pogonu Rade Končara Tvornici transformatora održan praktični tečaj održavanja vakuumskih uređaja. Tom prilikom je demonstriran servis rotacione pumpe. Nakon ove demonstracije održan je vrlo uspješni sastanak sa stručnjacima tog pogona.

U istu svrhu pomoći industriji predstavnici DVTH su 1988 na poziv Podravke posjetili pogon njihove Tvornice BELUPO koji je imao probleme s vakuum pumpana s vodenim prstenom. Predstavnici DVTH su sugerirali stručnjacima BELUPO-a prijedloge za rješenje njihovih problema.

DVTH si je postavio kao prioritetni zadatak poticanje domaće industrije za usvajanje proizvodnje elemenata i dijelova za vakuumske uređaje. Ovih pokušaja bilo je i ima već mnogo, ali su oni sporadični i ograničeni, tako da su vrlo često nepoznati. DVTH si je postavio u zadatak da sačini pregled postojećih uređaja, njihovog korištenja i stvaranja banke podataka. Tu smo nailazili

na niz poteškoča a specijalno na odpor stranih proizvođača.

Jedan od osnovnih problema naše tehnološke grane je da se o vakuumu kao o pomoćnom sredstvu kod većine tehnoloških problema vrlo malo zna, jer se o ovoj tehnologiji u našim srednjim stručnim školama pa i fakultetima vrlo malo ili gotovo ništa ne čuje. DVTH je baš iz tog razloga si postavio zadatak da tečajevima i predavanjima ispuni tu tehnološku rupu. Tako je dipl.ing. Hrvoje Zorc održao predavanje: Optički tanki slojevi i 1988 g. na traženje TEZ-a predavanje "Diskroične prevlake". DVTH planira i u budućnosti da nastavi s takvim predavanjima.

DVTH sudjeluje u akciji JUVAK-a oko izdavanja stručnih publikacija iz vakuumske problematike. Također želimo surađivati u stručnim časopisima koje izdaju pojedina stručna društva u okviru SITH-a, a u okviru njihove stručne problematike koja se dodiruje s vakuumskom problematikom. Kao rezultat tog nastojanja uspjeli smo dobiti stalnu rubriku u stručnom časopisu kojeg izdaje Društvo strojara "Strojarstvo". Težnja nam je da kao i

naša bratska društva LR Slovenije i SR Srbije i mi počnemo izdavati svoj bilten, no za sada se ograničavamo da s njima surađujemo.

Veliku poteškoću za pribiranje materijalnih sredstava je zabrana postojanja kolektivnih članova, koji su svojim članstvom, financijski podupirali naše društvo. Naša težnja je sada da okupimo što je veći broj redovitih članova.

Ove godine DVTH je već uspješno organizirao Tečaj grubog i srednjeg vakuuma od 7 do 9.3.1989 uz prisutnost 41 učesnika iz 16 radnih kolektiva. U pripremi je Tečaj visokog i ultravisokog vakuuma te njihovim primjenama u tehnologiji i ispitivanju materijala o čemu je već bilo govora u Vakuumistu broj 17.

Kao što je to već objavljeno u istom broju Vakuumista član DVTH mr. Vlado Obelić u okviru male privrede vrlo uspješno osvaja kompletne vakuumske uređaje.

*Rajko Stojanović, dipl.ing. DVT Hrvatske,  
Berislavičeva 6, 41000 Zagreb*

---

## ZVEZNI TEHNOLOŠKI PROJEKT RAZVOJ VAKUUMSKIH PEČI

---

Naše glasilo je že poročalo (1), da je bil namesto prvotno širše zasnovanega vakuumskega projekta predlagan za finančno vzpodbujanje iz zveznega (t. i. Matičevega) sklada razvoj vakuumskih peči. V tekmi z 200 drugimi, pravočasno izdelanimi predlogi za podporo v letu 1988, je ta predlog izpadel, sprejetih je bilo le 40. Nato smo ga predstavniki zainteresiranih organizacij dopolnili in z njim ponovno kandidirali za leto 1989. Tokrat je bil projekt sprejet.

Poleg tega je skušal "Rade Končar" organizirati projekt Vakuumska sklopna tehnika, za katerega smo bili kot vakuumisti tudi mi zainteresirani in smo pripravili svoj del programa. Ker povezovanja za dokončni predlog ni uspelo izpeljati aprila 1988, je bilo rečeno, da bomo kandidirali vsaj za leto 1989. Potem pa o tem vse tiho je bilo.

Koordinator sprejetega projekta s celotnim naslovom Razvoj vakuumskih peči za dobivanje i termičku obradu čistih metala i legura s pripadajućim tehnologijama je "Rade Končar" - Elektrotehnički institut. "Rade Končar" je hkrati nosilec razvoja uporovne vakuumske peči za termično obdelavo (šarža do 150 kg, do 1300°C, 80 kW). Mariborska "Metalna" vodi razvoj pridobivanja čistih kovin in zlitin, pri čemer ji pomagata Mariborska livarna ter Institut za bakar iz Bora.

Metalna ima na skrbi tudi razvoj polindustrijske indukcijske vakuumske peči za težke barvaste kovine (šarža do 500 kg, do 1400°C, 300 kW) ter podprojekt Vakuumske armature. Pri tem sodeluje tudi naš IEVT, pred-

vsem z razvojem vakuumskih ventilov. IEVT je tudi nosilec samostojnega podprojekta Razvoj vakuumskih merilnih naprav. Gre za razširitev izbire in posodobitev merilnikov za področje do nekako  $10^{-4}$  mbar, ki je za peči še zanimivo. Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij iz Ljubljane ima na skrbi razvoj visokotemperaturnih oblog ter kopij za vnašanje dodatkov v talino in za odzemanje vzorcev iz nje.

IEVT si je že pred sprejetjem zveznega projekta zastavil interne razvojne naloge, ki se v precejšnji meri ujemajo s programom zveznega projekta za leto 1989. Gre za razvoj vakuumskih ventilov, za vakuumske merilnike in avtomatiko, delno pa tudi za postavitve kontrolnih metod. Tako vsaj za letos nismo v zadregi s financiranjem in izvajanjem programa. Pravila igre so namreč taka, da moramo finančna sredstva za svoje delo pri zveznem projektu zagotoviti sami (ali od zainteresirane industrije). Šele kot nagrado za opravljeno delo dobimo po oddanih kvartalnih poročilih od zveznega sklada povrnjenih 30% porabljenih sredstev, vendar v okviru planiranih. Prvo poročilo je bilo treba oddati ob letošnjem polletju.

### Literatura:

1. M. Žaucer: Povezovanje za tehnološki napredek v vakuumski projekt, Vakuumist, št. 15, str. 8, Ljubljana, 1988

*mag. Bojan Povh IEVT, Ljubljana*