

VAKUUMSKA PLOSKOVNA IZOLACIJA

Pregled omejitev teoretične in tehnološke narave

Vinko Nemanič, Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61000 Ljubljana

FLAT VACUUM INSULATION PANEL - technical and technological prospects and limitations

Abstract

In this article, theoretical aspects and technological possibilities for realisation of vacuum panel insulation (VPI) are given. Three main contributions to heat transfer are compared: radiation, conductivity and convection of residual atmosphere. From this analysis it can be seen that VPI as novel insulating element would find application in devices, where their energy efficiency is mainly determined by heat flow through the walls. From practical and technological point of view, VPI is high-tech product, which can be realized with common procedure steps, used in high vacuum practice. Further comparison regarding economic benefits against blown foams, nowadays widely used in insulating industry, can be made when environmental costs of both alternatives are also compared.

Povzetek

V članku so predstavljene ocene o teoretičnih vidikih in tehnoloških možnostih realizacije vakuumske ploskovne izolacije (VPI). Analiza prispevkov sevanja, kondukcije in konvekcije kaže, da bi bil panel z visoko izolativnostjo izredno zanimiv element v napravah, kjer pomeni neželen prehod toplote skozi stene glavno izgubo energije. S tehnološkega vidika je VPI zahteven izdelek, a s postopki izdelave in priprave materialov, kakršne poznamo v zahtevnejših vejah vakuumske tehnike, izvedljiv. Ocena cenovne konkurenčnosti bo možna po določenem času, ki bo tem krajši, čim prej bo upoštevana ekološka cena današnjih okolju neprijaznih izolacijskih pen, ki vsebujejo fluorove in klorove ogljikovodike.

1 Uvod

Vakuumska ploskovna izolacija je sestavljena iz dveh tankih, po robu varjenih kovinskih sten, mestoma podprtih z distančniki, ki preprečujejo porušitev strukture zaradi atmosferskega tlaka. Ploskovno jo imenujemo zato, ker je v dveh smereh razsežna, v tretji pa razmeroma tanka, določena z višino podporja. Načelno razlog, zakaj se doslej še ni uveljavila in celo še ni precizno teoretično obdelana, je iskati v uporabi cenejših pen. Te so že povzročile nemajhno ekološko škodo. Pomislek, ali je struktura tehnološko izvedljiva za sprejemljivo ceno, je lahko osnovan le na dovolj velikem številu poskusov in analizi prispevkov k ceni. Vakuumska znanost in tehnika sta v zadnjih desetletjih napredovali do stopnje, da lahko izdelujemo visokovakuumske elemente (npr. barvne TV elektronke) po zmernih cenah, če gre seveda za velikoserijske izdelke.

2 Princip delovanja

Dewarjeve posode so že skoraj stoletje standarden del laboratorijske opreme, uporabljene kot kriostati, termostati ipd. Trdnost in masa uporabljenega stekla omejujeta velikost posod na nekaj litrov koristnega volumna.

V kriotehniko se uporabljajo večje, kovinske posode, kjer je za nasutje uporabljen perlit, ali pa sta steni prosti, sevalni del pa je zmanjšan z večslojnim reflek-

torjem, t.i. superizolacijo, ob dodatnem učinku črpanja hladne stene na kriotemperaturah. Tako steklene kot kovinske posode so cilindrične ali okrogle oblike, da vzdržijo tlačne obremenitve. Podpore in povezave med zunanjo in notranjo steno so vgrajene v strukturi le pri velikih posodah.

Ploskovna vakuumska izolacija je po zasnovi možna na večjih razsežnostih, saj je število podpor na enoto površine izbrano ne glede na velikost strukture. Omejitve nastopijo pri tehnologiji črpanja, kar bo razvidno iz kasnejše analize. Same podpore so neizbežni toplotni most, zato se okolica podpore dodatno spremeni v pogledu sevanja. Izvedba in analiza vplivov podporja sta obdelani razmeroma slabo.

3 Prispevki sevanja, konvekcije in prevajanja - ocene!

Toplotni tok med dvema telesoma na različnih temperaturah je za predpostavljene hipotetični vakuum poznan. Izveden je iz Stefanovega zakona za črno telo, korigiran za sivo telo s specifično emisivnostjo, za telo s spektralno odvisno emisivnostjo pa z ustreznim integralom po intervalu, ki ga obravnavamo.

V področju sobnih temperatur $T = 300$ K, kjer želimo preučevati lastnosti vakuumske ploskovne izolacije (VPI), je vrh sevanja črnega telesa pri $10 \mu\text{m}$, kar izračunamo iz Wienovega zakona. Emisivnost materialov v tem področju dolgovalovnega IR sevanja je človeku razmeroma malo poznana, zaznavamo ga s čutili za toploto. Sklepanje na IR emisivnost iz vedenja v vidnem delu je pogosto napačno; steklo ima v vidnem delu prepustnost blizu 1, odbojnost $\epsilon \sim 0,04$ za pravokotni vpad valovanja, absorpcijo smemo zanemariti. Pri $10 \mu\text{m}$ je steklo skoraj črno telo: $\epsilon = 0,85$, tako da večji del valovanja absorbira.

Zanimivo je še vedenje raznih kovin, ki so v vidnem delu spektra lahko močno reflektivne, v IR bistveno manj, za nekatere velja obratno. Za razlago teh pojavov bi bilo potrebno osvetliti mehanizme interakcije EM valovanja z elektroni z najšibkejšimi vezmi v trdi snovi, kar presega okvir tega pregleda. Že pri enovalentnih kovinah naletijo teoretiki na skromno ujemanje teoretičnih napovedi z izmerjenimi vrednostmi. Večvalentne kovine in zlitine kažejo toliko anomalij, da so najpomembnejši podatki eksperimentalni. Ti pa se dostikrat med seboj razlikujejo zaradi podvrženosti površine staranju (oksidacija, redukcija, sprememba valence, ipd.), pomemben faktor je hrapavost površine. Podatki so v literaturi zato za isti material lahko zelo različni /1, 6/.

Prispevek je bil predstavljen na 1. srečanju vakuumistov Slovenije in Hrvaške v Zgrebu.

Za oceno jakosti mehanizma sevanja med dvema stenama z enako emisivnostjo ϵ v bližini sobne temperature uporabimo Stefanovo formulo:

$$j = \sigma \frac{\epsilon}{(2-\epsilon)} (T_2^4 - T_1^4), \quad (1)$$

iz katere dobimo za deleže sevanja naslednje vrednosti:

Tabela 1: Jakost toplotnega sevanega toka med stenama z enako emisivnostjo ϵ

ϵ	$k[W/m^2K]$	material
1	6.12	črno telo
0.85	4.5	steklo
0.22	0.71	nerj. jeklo
0.1	0.3	el. por. nerj. jeklo
0.06	0.18	baker
0.01	0.03	srebro

Najmanjše vrednosti ima srebro na gladki površini stekla, kar srečamo pri klasični stekleni Dewarjevi posodi. Priprava srebrne tanke plasti na steklu je cenena in poznana že stoletja, je stabilna in primerna za vakuumsko procesiranje. Odbojna ostane pri visokem vakuumu praktično neomejeno dolgo časa.

4 Konvekcija

Prevajanje po plinu med stenama z različno temperaturo je v viskoznem področju pretoka skoraj neodvisno od tlaka. Šele pri tlaku, ko se spremeni režim pretoka od viskoznega k molekularnemu, je padec prevodnosti skokovit, nakar z nadaljnjim redčenjem v molekularnem režimu linearno pada s tlakom. Za praktične namene je prispevek prevajanja plina k deležu sevanja pod tlakom 10^{-5} mbar zanemarljiv, kar dobimo tudi iz formule za prevodnost pri nizkih tlakih, /2/:

$$\lambda_{mol} = \frac{\bar{c}}{2} \frac{C_{mol}}{RT} \frac{\alpha_E d}{(2 - \alpha_E)} \times p \quad (2)$$

\bar{c} je srednja hitrost, C_{mol} je specifična toplota, R je splošna plinska konstanta, T je temperatura, α_E je akomodacijski koeficient, d pa je razdalja med stenama; za konkretni izračun je ta 0.5 cm. Če vstavimo ustrezne vrednosti pri temperaturi 300 K, dobimo proporcionalnostni faktor, s katerim je moč izraziti linearno odvisnost prevodnosti od tlaka p za molekularni režim pretoka. Dobljene vrednosti so seveda dokaj odvisne od lastnosti površine, kar se skriva v α_E , a za oceno vstavimo vrednosti iz tabel, /2/.

Prispevek konvekcije k prevajanju celotne strukture je pri tlaku 10^{-5} mbar enak 2.10^{-5} W/m²K in je tako v primerjavi s sevanjem zanemarljiv.

5 Prevajanje-kondukcija

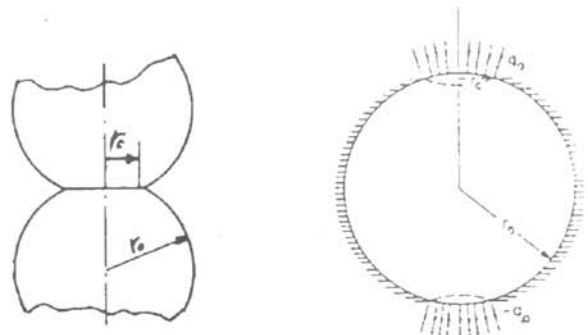
Prevajanje preko trdne snovi je v predlagani strukturi pomemben, a slabo raziskan prispevek. Po analogiji toplotnega toka z električnim, rešujemo enake enačbe. Pri obravnavanju električnega prevajanja naletimo celo na dodatne težave zaradi iskrenja, hladne emisije in gretja spojnih mest. Osnovni cilj optimiziranja električnih kontaktov je največkrat zmanjševanje upornosti.

Raziskave toplotne prevodnosti podpora pa so v našem primeru namenjene doseganju čim manjših vrednosti. Zastavlja se vprašanje, katere strukture z zadostno mehansko trdnostjo imajo najmanjšo prevodnost? Za izračun je prikladen model točkasto dotikajočih se kroglic ali valjčkov.

Po analogiji z električnim je toplotni tok dveh dotikajočih se krogel z radijem r_0 enak produktu premera stične ploskve $2r_c$ in specifične toplotne prevodnosti materiala λ_m .

$$k_i = 2r_c \lambda_m \quad (3)$$

Prispevek same krogle je na isti skali zanemarljiv. Od tod izraz za upornost zožitve (angl. constriction resistance). Rezultat dobimo s preprostim izračunom prevodnosti z integracijo po presekih krogle. Singularnost v točkastem kontaktu odpravimo z integracijo do nekoga minimalnega radija, ki ga lahko izračunamo iz podatkov o materialu in sili na kontakt. Vrednost integrala pri r_0 zaradi neprimerljivo majhne vrednosti zanemarimo. Tokovnice na sliki 1 so prikazane za primer izolirane krogle. Približek je za kroglo iz materiala z nizko emisivnostjo, ki se nahaja vakuumu, dokaj točen.



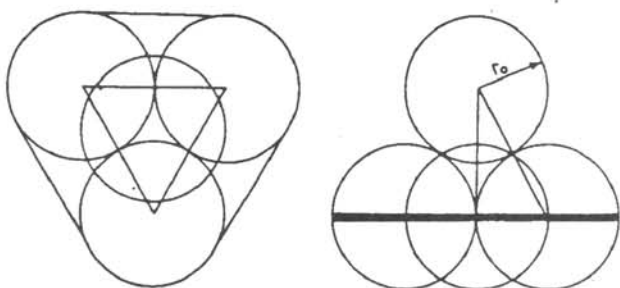
Slika 1. Prevajanje skozi točkasti kontakt dotikajočih se elastičnih krogel

Velikost stične ploskve, oziroma r_c , je moč izračunati za model elastičnih krogel po enačbi, do katere je po teoretični analizi prišel že Hertz, /3/:

$$r_c = \sqrt[3]{\frac{3(1 - \mu^2) Fr_0}{4E}} \quad (4)$$

E je elastični, μ Poissonov modul, F je sila in r_0 radij krogle.

Pri dotiku dveh krogel ni mogoče rešiti stabilnosti stičnega mesta. Od enostavnejših možnosti minimalnega števila kroglic s stabilno konfiguracijo naredimo oceno za tri objete kroglice in na njih ležečo četrto (mikroizsek gosto zloženih plasti ploskovno centrirane kocke), slika 2. Za primer kroglic z r_0 dobimo višino podpore $2r_0 + \frac{2r_0\sqrt{6}}{3}$. Razmik sten na najbolj oddaljenem mestu med podporami ocenimo na $2r_0$, kar še ne pokvari prečne prevodnosti strukture pri črpanju oz. razplinjevanju. Z razporeditvijo podpor v heksagonalno mrežo je pri razdalja α enaka do vseh šestih sosedov, obremenitev podpor pa dobimo iz števila podpor na enoto ploskve, saj je tlak poznan. Izračun velikosti stične ploskve je po formuli (4) zdaj možen. Upoštevati je treba, da se normalna sila razporedi na tri stična mesta, podpor pa je toliko kot osnovnih heksagonalnih celic s stranico α .



Slika 2. Najmanjši stabilni izsek gosto zloženih krogel predstavljajo tri objete kroglice, na katerih sedi četrta

V tabeli 2 je pregled vrednosti k za različne premere kroglic r_0 in različne razdalje α med podporami. Izračun je narejen za steklene kroglice, ki imajo pri veliki vrednosti elastičnega modula $E = 8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ majhno specifično prevodnost $\lambda_m \sim 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Zanimarjen je prispevek sevanja med kroglicami, kot tudi termični in mehanski vpliv podpore na steno.

Tabela 2: Velikost toplotnega toka v odvisnosti od velikosti celice α in r_0

α [mm]	r_0 [mm]	k [W/m ² K]
50	5	0.142
50	2.5	0.13
50	1	0.96
30	2.5	0.195
30	1	0.14

Izbira stekla za izdelavo kroglic ni naključna, saj je treba med materiali, ki jih smemo vgraditi v visoki vakuum, izbrati tistega, ki ima najmanjšo vrednost produkta iz enačbe (3). Če primerjamo vrednosti k za enako velike kroglice iz različnih materialov, vidimo,

da je smiselno izbrati tistega z najmanjšo prevodnostjo λ_m , ki nastopa v produktu kot faktor, elastični in Poissonov modul pa nastopata v enačbi (4) oz (3) pod tretjim korenem. Primerjajmo med seboj relativne vrednosti k za navadno steklo, visokoglinično keramiko in legirano jeklo; vrednost $k_{\text{steklo}} = 1$, tabela 3.

Tabela 3: Relativne vrednosti toplotne prevodnosti kontakta iz parov krogel iz treh materialov pri enakih pogojih

material	λ_m [W/mK]	E [10 ¹⁰ N/m ²]	k_{rel}
steklo	0.8	8	1
keramika	2	0	1.6
jeklo	45	20	41

Izdelava podporja s še manjšo prevodnostjo od dveh monoplasti, ki smo jih vzeli za zgled, je iz dosedanje analize možna z zlaganjem "monoplasti" opisanega modela krogel, vendar ne kot nasutje v ves črpalni volumen. Ta princip se izkaže problematičen pri črpanju posode večjih xy razsežnosti. Analiza nasutij je obdelana za nizkotemperaturno področje v /3,4/.

Zanimajo nas torej diskretni distančniki s kompleksnejšo strukturo. Pri prevajanju skozi točkaste kontakte pri izbrani kompromisni razdalji α , določeni eksperimentalno za dano folijo izbrane debeline, je sila na distančnik določena, oceniti pa želimo velikost prevajanja skozi stabilne "monoplasti". V enačbi (4) je velikost stične ploskve sorazmerna s tretjim korenem iz sile. Razdelitev na n kontaktnih točk ima tako za posledico večje prevajanje zaradi nelinearno povečane skupne stične ploskve, rešen mora biti tudi problem stabilnosti.

Predložene so enostavnejše možnosti sestave distančnikov iz:

- krogel, ki so v x - y ravnini sprijete med seboj
- valjev, ki so zloženi v isti smeri
- valjev, zloženih v plasteh z izmenično orientacijo
- votlih krogel ali valjev v zlogih iz opisanih primerov.

Pri naštetih možnostih je dosegljive meje toplotne prevodnosti možno izračunati v podobnih mejah točnosti kot v /4/. Primer, s katerim imamo opravka, se od citiranega razlikuje po znatno večjih tlakih na kontaktno mesto, zaradi česar je razlika med polnimi in votlimi kroglicami ali valji zanemarljiva. Razmerje debeline stene proti radiju sme biti za naš primer namreč iz trdnostnih razlogov le med 1 in 0.1, to je v področju, ko je razlika dejansko minimalna.

6 Drugi principi izdelave distančnikov

Stebričaste ali porozne strukture z dovolj majhnim povprečnim presekom so lahko alternativa za že predložene modele, če so vakuumsko kompatibilne, torej

nimajo zaprtih volumnov, se ne razplinjujejo in se smejo segreti na nekaj sto stopinj celzija. Prevodnost takšnih struktur je dovolj majhna zaradi dolgih prevodnih poti, bolj kot zaradi samih zožitev (konstrukcij). Zaradi trdnostnih zahtev vlaknasti materiali ne ustrezajo, od penasto ekspanziranih materialov ostanejo v izboru le anorganski materiali s kontrolirano poroznostjo, ki ne sme prerasti na mikroskali do stopnje, da jih je praktično nemogoče izčrpati. Podatki za prevodnost primernih steklenih materialov v vakuumu niso določljivi računsko, zato se je treba nasloniti na merjene vrednosti. Za dokaj približno oceno prevodnosti, neupoštevaje IR sevanje v notranjosti, je za stekleno penjeno strukturo z gostoto $0,7 \text{ g/cm}^3$, to je cca. $1/4$ gostote stekla, pričakovati prevodnosti $\lambda \sim 0,2 \text{ W/mK}$. Pri heksagonalni razporeditvi podpor višine 10 mm s površino vsake 50 mm^2 na razdalji $\alpha = 30 \text{ mm}$ lahko pričakujemo prispevek $h \text{ k} \sim 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Omenimo še možnost nasutja primerno pripravljene materiala v ves črpani volumen VPI, kar srečamo pri današnjih rezervoarjih ohlajenih tekočih plinov. Bolj kot pri vzdrževanju primernega vakuuma nastopi tehnološki problem pri prvem črpanju. Zaradi slabe prevodnosti nasutja za pline je vakuumsko procesiranje dolgotrajno, odpade pa tudi možnost sorpcije med samo uporabo, kar izrabljamo v hladnih rezervoarjih.

7 Tehnološke možnosti realizacije VPI

Prvi pogoj za vzdrževanje visokega vakuuma, ki omogoča ohranitev lastnosti VPI daljše časovno obdobje, je pravilna izbira in priprava materialov in postopkov izdelave. Med temi je bistvena izvedba spojev in kontrola tesnosti. Laboratorijske možnosti izdelave VPI se razlikujejo od industrijskih, zato se bomo ustavili le pri izvedbi testnih vzorcev. Ti smejo biti priključeni na črpalni sistem s črpalno cevko, ki zahteva daljše pregrevanje in črpanje, brez katerih bi bili vzorci neuporabni za dolgotrajnejše preizkušanje. Vsakdo, ki se ukvarja z vakuuskimi spoji, se zaveda, da je dolžina varjenega spoja nekaj decimetrov (ali celo metrov), s tesnostjo boljšo od $10^{-10} \text{ mbar l/s}$, rešen tehnološki izziv. VPI je zanimiva v dimenzijah m^2 in več, torej je za kvadrat s površino 1 m^2 potrebno 4 m zvara. Laboratorijski vzorec s površino $0,1 \text{ m}^2$ pa ima $\sim 1,3 \text{ m}$ zvara. Med tehnikami varjenja nerjavne pločevine debeline med 0.1 in 0.2 mm so v vakuumski praksi pogosto uporabljene: mikroplazemsko, lasersko in točkasto kolutno varjenje. Varjenje v zaščitni atmosferi zagotavlja manjšo možnost pojavljanja vključkov in neoksidirano površino okolice zvara.

Priključitev vzorca VPI na črpalni sistem je možna z bakreno cevko, ki omogoča enostavno hladno varjenje po procesiranju. Metoda je poznana iz tehnologije izdelave specialnih elektronk, ki zahtevajo UVV tesnost.

Kontrolo tesnosti lahko na laboratorijskih vzorcih opravimo pred procesiranjem s helijevim leak detektorjem do področja $10^{-10} \text{ mbar l/s}$. Vzorci s takšno tesnostjo omogočajo nadaljnje postopke, ne zagotavljajo trajnosti, ki bi bila sprejemljiva za potencialnega uporabnika. Problematika spojev za področje, ki ga s

helijevim leak detektorjem ne pokrivamo, je poznana. Na srečo pa so spoji, ki puščajo pod to mejo, redki. Dovoljeno puščanje laboratorijskega vzorca s površino $0,1 \text{ m}^2$ in zahtevano trajnostjo 5 let, to je npr. poslabšanje vakuuma od 10^{-5} mbar do 10^{-3} mbar , je v področju $10^{-12} \text{ mbar.l/s}$.

Desorpcijo s sten in podporja lahko zmanjšamo le s primernim čiščenjem pred vgradnjo in ustreznim vakuuskim procesiranjem. Vakuumske elektronke so značilen primer visokovakuumskih komponent, kjer so vakuumske zahteve primerljive z zahtevami pri VPI. Globinsko degazacijo sestavnih delov opravimo v postopku žarjenja v vodiku ali vakuumu, površinsko pa s pregrevanjem VPI med črpanjem. Ocena za čas črpanja pri temperaturi 400°C je nekaj ur pri primerno dimenzionirani črpalni povezavi.

Standardna metoda znižanja tlaka residualnih plinov je uporaba primernih getrov, ki pa utegne biti pri VPI težavna. Getre lahko aktiviramo šele po pregrevanju, možnosti aktivacije pa sta dve: radiofrekvenčno ali uporovno. Prva možnost zaradi kovinske stene ne pride v poštev, uporovno segrevanje zahteva visokotokovne prevodnice. Možnost sorpcije, ki jo lahko uporabimo pri krio vakuumski izolaciji, za VPI na sobni temperaturi ni uporabna.

Industrijska izdelava VPI zahteva natančnejšo analizo stroškov, od cene materialov do optimalnih postopkov procesiranja. Stroške je treba opravičiti s prednostmi, ki jih VPI prinaša v primerjavi z drugimi vrstami izolacij. Izposojene napovedi /5/ kažejo, da bi bila VPI z vsemi prednostmi sprejemljiva alternativa za okolju neprijazne materiale. Napravimo primerjavo med karakteristikami poznanih izolacijskih materialov in njihovo potrebno nadomestno debelino d_n , ki ustreza VPI debeline 0.5 cm z ocenjeno vrednostjo $k = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, tabela 4. Vrednost za k v tej tabeli je nekajkrat večja od teoretično dosegljive meje za pravokotni prehod toplote. Ne smemo pa seveda zamolčati, da robni pojavi, ki so pri vakuumskih izolacijah dokaj pomembni, niso upoštevani. Njihov prispevek postane z večanjem ploskve relativno manjši, dodatno pa ga zmanjšamo s prekrivanjem izolacijskih ploskev, kar uporabljajo tudi sicer pri vseh vrstah izolacijskih elementov.

Tabela 4: Toplotne prevodnosti znanih izolacijskih materialov in potrebne debeline za doseganje $k = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, kakršno ima po oceni VPI

material	$\lambda_m [\text{W/mK}]$	$d_n [\text{cm}]$
pluta	0.04-0.05	20-25
steklena volna	0.035-0.07	17.5-35
volna	0.04-0.06	20-30
penasti poliuretan	0.02	10
stiropor	0.042	21
vak. superizolacija	$\sim 10^{-5}$	$\sim 0,05$

8 Sklep

Lastnosti vakuumske ploskovne izolacije nakazujejo, da bi ob sprejemljivi ceni našla uporabo v mnogih napravah, kjer je prehod toplote skozi stene glavni vzrok energijskih izgub. Pomisleki, ki se javljajo ob analizi tehničnih oz. tehnoloških možnostih za sprejemljivo ceno, so seveda upravičeni. Poznamo pa mnogo izdelkov, ki so bili pred desetletji dosegljivi za visoko ceno, a so danes v množični proizvodnji poceni. Ob upoštevanju ekološkega momenta je VPI izredno sprejemljiva alternativa za organske pene, ki vsebujejo kloro-fluorove spojine.

9 Literatura:

- /1/ W. Obert: *Advances in Cryog. Eng.*, Vol. 25, 1982, str. 293
- /2/ M. Wutz, H. Adam, W. Walcher: *Theory and Practice of Vacuum Technology*, Fridr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/ Wiesbaden, 1989
- /3/ Von B. Kluge, R. Knoener: *Heat transfer in packed glass spheres at low temperatures*, *Experimentelle Technik der Physik* 31; 2, 1983, str. 169-178
- /4/ C. K. Chan, C. L. Tien: *Conductance of Packed Spheres in Vacuum*, *Transactions of the ASME*, Aug. 1973, str. 302-308
- /5/ T. F. Potter, D. K. Benson: *Non CFC Vacuum Alternatives for Energy-Efficient Insulation of Household Refrigerators: Design and Use*, Proc. 42 nd Int. Appliance Technical Conf., Madison, Wisconsin, May, 1991
- /6/ B. O. Seraphine: *Topics in Applied Physics: Solar Energy Conversion*, Vol. 31, Springer-Verlag, Berlin, 1979

POSVETOVANJA

44. posvetovanje o metalurgiji in kovinskih gradivih in 1. posvetovanje o materialih, Portorož, 6-8. okt. 1993

Posvetovanji organizirajo Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Slovensko društvo za materiale, Slovensko kemijsko društvo - sekciji za polimere in keramiko in Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije. Plenarnim predavanjem vabljenih predavateljev bo sledilo delo v treh sekcijah:

- a) kovinski materiali,
- b) keramika in polimeri ter
- c) vakuumske tehnologije.

Sicer pa bodo obravnavane naslednje teme:

- sinteza sodobnih kovinskih, polimernih, keramičnih in kompozitnih materialov
- razvoj modernih tehnologij proizvodnje
- kakovost
- matematično modeliranje in računalniška simulacija procesov in tehnologij
- korozija in propad gradiv
- sodobne termične obdelave
- karakterizacija materialov
- vakuumska metalurgija
- tanke plasti in površine
- tribologija
- varstvo okolja
- druga področja uporabe gradiv

Delovna jezika na posvetovanju bosta slovenski in angleški. Dela, uvrščena v program, bodo objavljena v reviji *Kovine, zlitine, tehnologije*. V času posvetovanja bo organizirana tudi razstava, na kateri se bodo predstavila slovenska in tuja podjetja, proizvajalci in uporabniki materialov, gradiv in opreme.

Dodatne informacije dobite pri
dr. Moniki Jenko,
Inštitut za kovinske materiale in tehnologije,
Lepi pot 11, Ljubljana,
tel: (061) 151 161, fax: (061) 213 780.

4. evropska vakuumska konferenca, Uppsala, 13-17. jun. 1994

Konferenco organizira švedsko vakuumsko društvo. Delo konference bo potekalo v naslednjih sekcijah:

- uporabna znanost o površinah
- elektronski materiali in procesiranje
- nanotehnologije
- znanost o površinah
- tanke plasti
- vakuumska znanost in tehnologije.

Delovni jezik bo angleški. Skrajni rok za oddajo abstraktov je 15.12.1993. Dela, sprejeta v program, bodo objavljena v reviji *Vacuum*. Več informacij dobite pri

dr. Lars Westerberg, The Svedberg Laboratory,
Box 533, S-751 21 Uppsala, Sweden,
tel: (46) 18 18 30 60, fax: (46) 18 18 38 33,
E-mail: WESTERBERG@TSL.UU.SE

4. seminar "Trde zaščitne prevleke" JOSTiN-93, 25.11.1993, Ljubljana

Seminar organizirajo Institut "Jožef Stefan", Smelt International, Gospodarska zbornica Slovenije in Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije. Program seminarja bo naslednji:

- pregled trdih prevlek in njihova uporabnost
- trde prevleke titanovega nitrida (TiN) v serijski proizvodnji
- nove vrste trdih prevlek - TiCN, CrN, TiAlN, DLC
- pravilna priprava orodij in strojnih delov za oplemenitenje
- oplemenitenje orodij tipa OCR 12, OSIKRO, MERILO (pod 220°C)
- karbidne trdine in kermeti.

Več informacij o seminarju dobite pri
prof. dr. Borisu Navinšek, Inštitut "Jožef Stefan",
Jamova 39, 61111 Ljubljana,
tel: (061)159 199, fax: 161 029, 273 677