

# VAKUUMIST

GLASILO DRUŠTVA ZA VAKUUMSKO TEHNIKO SLOVENIJE

LJUBLJANA, FEB. 91

ŠT. 22 - 1991/1



## VSEBINA

- Pismo bralcem

---

- Nasveti

---

- Metode za analizo površin

---

- Eksperimentalna naprava za VF obdelavo kovin v vakuumu in zaščitni atmosferi

---

- Tankoplastni temperaturni senzorji

---

- Novice DVT Slovenije

---

- Obvestila

---

- Nekatere novosti proizvajalcev vakuumske opreme

---

- Grafični simboli v vakuumski tehnologiji po DIN 28401 standardu

---

Slika (a) na naslovni strani prikazuje polirano površino superprevodne keramike  $\text{Bi}_2\text{Pb}_{0.5}\text{Sr}_2\text{Ca}_{2.5}\text{Cu}_{3.5}\text{O}_x$  (posnetek je bil narejen z vrstičnim elektronskim mikroskopom), medtem ko slike (b), (c) in (d) prikazujejo porazdelitev bakra, kalcija in kisika, ki je kot vidimo zelo neenakomerna. Posnetki (b), (c) in (d) so bili narejeni z vrstičnim spektrometrom Augerjevih elektronov z veliko lateralno ločljivostjo (iz članka v reviji Supercon. Sci. Technol. 3 (1990) 409-413, avtorji: A. Zalar, E. W. Seibt, M. Hrovat in S. Bernik).

- VAKUUMIST
- Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije
- Glavni in odgovorni urednik: Peter Panjan
- Uredniški odbor: Andrej Banovec, Andrej Demšar, dr. Jože Gasperič (urednik za področje vakuumske tehnike in sistemov), dr. Monika Jenko (urednica za področje vakuumske metalurgije), Vinko Nemanič, Andrej Pregelj, dr. Vasilij Prešern, mag. Bojan Povh, Borut Stariha in dr. Anton Zalar
- Jezikovni pregled: dr. Jože Gasperič
- Naslov: Uredništvo Vakuumista, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Teslova 30, 61000 Ljubljana, tel. (061)267-341
- Po mnenju republiškega komiteja za kulturo RS št. 4210-149/81 z dne 9/9-1981 je publikacija oproščena plačila davka od prometa proizvodov.
- Ilustracije: Samo Kralj
- Oblikovanje besedila: Jana Strušnik
- Tisk: Biro M, Žibertova 1, Ljubljana
- Naklada 500 izvodov

---



---

## PISMO BRALCEM

---



---

### Drage bralke in bralci!

Letos, septembra bo Vakuumist praznoval deseto obletnico izhajanja. Za strokovno glasilo, ki ga izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije za razmeroma majhen krog bralcev in brez finančne družbene podpore, je to vsekakor uspeh. Ta ne bi bil mogoč brez zanosa nekaterih članov društva in tistih, ki so sodelovali pri pripravi prispevkov. Dosedanjih deset letnikov v veliki meri odslilkava stanje vakuumskih tehnologij in znanj v Sloveniji. V Vakuumistu je bilo doslej objavljenih nad petdeset strokovnih prispevkov, največ s področja vakuumskih tehnologij, tankih plasti in vakuumske metalurgije. Prepričani smo, da s strokovnimi prispevki, ki jih objavljamo, pomagamo pri dvigovanju strokovnega znanja na tem področju. Izobraževalna vloga Vakuumista je toliko pomembnejša, ker pri nas nimamo institucionaliziranega vakuumskega izobraževanja. Z objavljanjem obvestil o delu Društva za vakuumsko tehniko Slovenije (DVT), Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije (JUVAK) in mednarodne vakuumske organizacije (IUVSTA) pa skrbimo za obveščeno in povezovanje naših članov.

Na zadnjem občnem zboru DVT Slovenije sem bil imenovan za novega glavnega urednika Vakuumista. Na tem mestu sem nasledil Andreja Pregelja, ki je postal predsednik DVT Slovenije. Na sestanku novega izvršnega odbora društva je bil imenovan tudi nov uredniški odbor, ki bo organiziran nekoliko drugače kot doslej. Odločili smo se za imenovanje urednikov za posamezna tematska področja. Tako bo **dr. Jože Gasperič** (Instit ut "Jožef Stefan", IJS) urejal prispevke s področja vakuumske tehnike in sistemov, **dr. Monika Jenko** (Metalurški inštitut, MI) s področja vakuumske metalurgije in **Peter Panjan** (IJS) s področja tankih plasti. V uredniškem odboru so poleg omenjenih še **Andrej Banovec** (Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, IEVT), **Andrej Demšar** (Iskra, Center za elektrooptiko), **Vinko Nemanič** (IEVT), **Andrej Pregelj** (IEVT), **dr. Vasilij Prešern** (MI), **mag. Bojan Povh** (IEVT), **Borut Stariha** (IEVT) in **dr. Anton Zalar** (IEVT).

Odločili smo se tudi, da bomo nekoliko spremenili vsebinsko zasnovo Vakuumista. Na predlog dr. Jožeta Gasperiča uvajamo že v tej številki glasila rubriko "Nasveti". V njej bomo objavljali vprašanja bralcev, ki so v zvezi z zelo konkretnimi težavami, s katerimi se srečujete v praksi pa tudi druga strokovna vprašanja. Odgovarjali bodo strokovnjaki s posameznih področij. Upamo, da bomo na tak način vzpostavili primeren in koristen način komuniciranja med kolegi iz industrije in raziskovalci. Vprašanja pošiljajte na naslov: Peter Panjan, Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 61111 Ljubljana (telefax 061/219-385), ali na naslov Društva za vakuumsko tehniko Slovenije, Teslova 30, 61111 Ljubljana (telefax 061/263-098).

S posebnim veseljem bomo objavljali prispevke kolegov iz industrije s področja uporabe vakuumske tehnike v proizvodnih procesih. Ugotavljamo namreč, da je prav tu medsebojna obveščeno zelo slaba, kar je, če drugega ne, v posmeh informacijski dobi, v kateri živimo.

Tudi v bodoče bomo poskrbeli za čim večje število objav preglednih strokovnih prispevkov, s katerimi vas bomo seznanjali z najnovejšimi znanstvenimi dosežki na področju vakuumistike v svetu in pri nas. Zlasti pa si bomo prizadevali, da bi predstavili razne analitske tehnike in postopke obdelave materialov, ki jih uporabljamo v raziskovalnih laboratorijih domačih institutov in v raziskovalnih enotah nekaterih naših tovarn.

Vse proizvajalce različnih vakuumskih komponent in naprav vlijudno vabimo, da v našem glasilu (redno) objavljate reklame za svoje izdelke. Prepričani smo, da bo objavlanje reklam v obojestransko korist.

**Za dolgoletno uspešno in požrtvovalno delo pri izdajanju glasila se dosedanjemu uredniku Vakuumista Andreju Preglju in članom uredniškega odbora v imenu članov DVT in v lastnem imenu najlepše zahvaljujem.**

Pred vami je prva številka Vakuumista na pragu drugega desetletja. Srečno!

Peter Panjan



---



---

## 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. Maloštevili 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, elektricarjem vseh vrst ali k "taužentkinstlerjem", ki pač znajo vse, tudi o vakuumu. Žal je to kruta resnica, ki jo spoznate iz njihovega pripovedovanja o trnjevi poti do "odrešenja". Njihove naprave, ki so jih zgradile nevesče 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 izboljšan 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 napravili 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**

# METODE ZA ANALIZO POVRŠIN

dr. Anton Zalar, c/o Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61111 Ljubljana

Razvoj metod za analizo površin je bil dolgotrajen in povezan z mnogimi odkritji in izumi ob koncu devetnajstega in v prvih dveh tretjinah dvajsetega stoletja. Pa vendar so vse poznane približne rojstne letnice povezane z rešitvijo tehničnih problemov, ki so preprečevali njihovo poprejšnjo uporabo. Z razvojem vakuumskih črpalk in kovinskih vakuumskih sistemov, ki omogočajo ultra visoki vakuum  $p < 10^{-7}$  Pa ter merilnih sistemov za detekcijo elektronov in ionov, je bila omogočena splošna uporaba teh metod. Spektroskopija Augerjevih (izg. ože-jevih) elektronov (AES) in spektroskopija fotoelektronov, ki jih vzbudimo z rentgenskimi žarki (XPS) (prvotno so jo imenovali kemijska analiza s spektroskopijo elektronov - ESCA), sta se začeli širše uporabljati leta 1969, masna spektrometrija sekundarnih ionov (SIMS) in spektrometrija sipanih ionov (ISS) pa nekaj let pozneje, po letu 1973. Število publikacij s področja znanosti površin, ki jih je bilo leta 1969 okrog trideset, je v naslednjih letih eksponentno naraščalo in v zadnjih letih doseglo število okrog 5000 publikacij na leto.

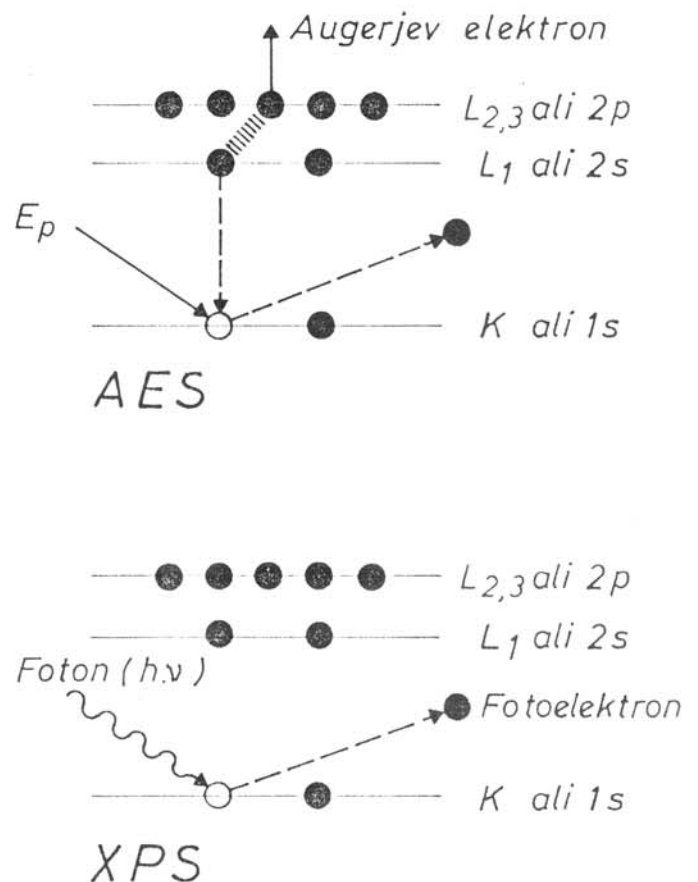
Danes navajajo okrog 80 metod za karakterizacijo površin trdnih snovi, tekočih površin in adsorbiranih plinskih molekul, vendar so nekatere od teh samo izpeljanke osnovnih metod. Tako je na primer metoda HRAES pravzaprav metoda AES z izjemno majhnim premerom vzbujevalnega elektronskega curka (pod  $1 \mu\text{m}$ ), kar zagotavlja veliko lateralno ločljivost (HR = High Resolution), ali pa metoda ARXPS, ki označuje analizo vzorcev z metodo XPS pri različnih emisijskih kotih fotoelektronov, ki jih določa nagibni kot vzorca proti analizatorju (AR = Angle Resolved). Vsled navedenega bomo v tem delu podrobneje obravnavali le metode AES, XPS, SIMS in ISS, ki se danes najpogosteje uporabljajo.

Vsem metodam je skupno, da je za njihovo delovanje potreben ultra visoki vakuum. Glede na srednjo prosto pot elektronov v plinih, bi analizator elektronov deloval že v vakuumu boljšem od  $10^{-2}$  Pa. Vedeti pa moramo, da se pri koeficientu lepljenja okrog ena in pri tlaku  $10^{-4}$  Pa na trdni površini adsorbira plast plinskih molekul že v eni sekundi. Za preprečitev večje adsorpcije reaktivnih plinov, kot so  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  in  $\text{C}_x\text{H}_y$ , se zato zahteva tlak pod  $10^{-7}$  Pa, medtem ko je za inertne pline lahko tlak nekaj velikostnih redov večji, ker na površinah ne pride do kemijske adsorpcije. Vzorci, prineseni v vakuumski sistem iz okolice z zračno atmosfero, so vedno prekriti s kontaminacijsko plastjo, pretežno z oksidi, ki so relativno stabilni pri sobni temperaturi. Zato so metode za analizo površin skoraj vedno kombinirane z ionskim jedkanjem kot dodatnim postopkom pri metodah AES in XPS ali pa kot neizogibni del analiznega postopka pri metodah SIMS in ISS.

Poseben primer mikroanalize je profilna analiza, s katero vzorec analiziramo v smeri pravokotno na njegovo površino. Med profilno analizo vzorec obstreljujemo s curkom ionov žlahtnega plina ponavadi z energijo v mejah od 1 keV do 5 keV. Ioni, ki udarjajo na površino vzorca, odpršujejo atome, ki so prejeli zadostno energijo, na novo nastalo površino pa analiziramo z eno od metod za analizo površin.

## Spektroskopija Augerjevih elektronov (AES)

Med obstreljevanjem preiskovanega vzorca z elektroni zadosti velike energije, ponavadi od 1 keV do 10 keV, le-ti prodirajo do globine okrog  $1 \mu\text{m}$  in ionizirajo atome. Pri tem z Augerjevim preходом nastajajo sekundarni elektroni s kvantizirano energijo, značilno za vsak element (sl.1). Trdno površino (lahko tudi tekočo) zapustijo le Augerjevi elektroni iz zgornjih

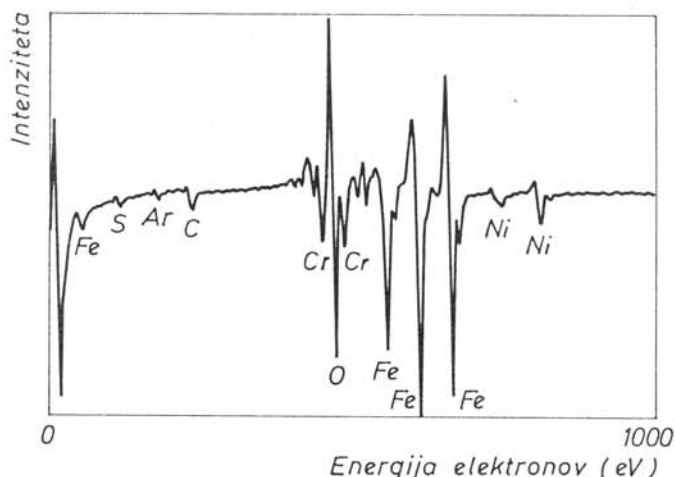


Slika 1: Shema nastanka Augerjevega elektrona (AES) z energijo  $E_{KL_1L_{2,3}}$  ki nastane po obstreljevanju atoma s primarnim elektronskim curkom z energijo  $E_p$  in fotoelektrona (XPS), ki nastane z vzbujanjem atoma s fotoni z energijo  $h\nu$ .

nekaj atomskih plasti, kar je določeno z izstopno globino elektronov, ki jim nato merimo kinetično energijo. Kinetična energija emitiranega Augerjevega elektrona  $E_{K, L_{2,3}}$  pri prehodu iz elektronskih obel  $K, L_1$  in  $L_{2,3}$  je enaka:

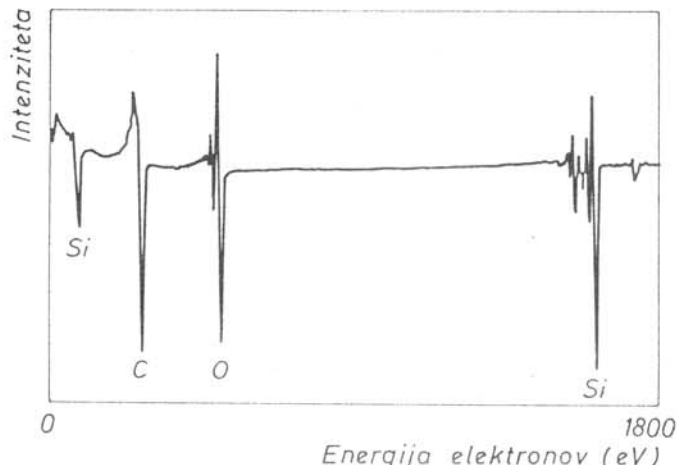
$$E_{K, L_{2,3}} = E_K - E_{L_1} - E_{L_{2,3}} - \Delta E \quad /1/$$

Pri tem je  $\Delta E$  korektura zaradi dvakrat ioniziranega atoma, pri meritvi kinetične energije pa je potrebno upoštevati še izstopno delo materiala analizatorja. Optimalna analizna globina se v poprečju ocenjuje na tri atomske plasti, najboljša lateralna ločljivost pri najnovejših napravah pa je ocenjena na 5 nm. Z metodo AES lahko detektiramo vse elemente razen H in He, mejna občutljivost pa je okrog 0,1 at %. Poleg elementne sestave je mogoče pridobiti tudi nekatere kemične informacije in že iz spektrov Augerjevih elektronov lahko razlikujemo med nekaterimi čistimi elementi in njihovimi oksidi, karbidi in nitridi. Z metodo AES je mogoča kvantitativna točkovna in profilna analiza, z vrstično Augerjevo mikroanalizo (SAM) pa je mogoča izdelava slik sestave površine in linijska analiza, ki dajeta kvalitativno oceno sestave površine. Na sl. 2 in sl. 3 sta prikazana spektra Augerjevih elektronov, dobljena z analizo površine jekla in vzorca



Slika 2: Spekter Augerjevih elektronov, ki nam pove da je površina CrNi jekla oksidirana, na njej pa sta v manjši koncentraciji še S in C. Spekter kaže tudi na prisotnost Ar, ki ga uporabljamo za ionsko jedkanje vzorca, in je na površinah adsorbiran ali pa implantiran.

$SiO_2$ . Metoda AES je pogosto kombinirana z drugimi preiskovalnimi metodami. Najnovejši instrumenti z vzbujevalnim elektronskim curkom, premera pod  $1 \mu m$ , omogočajo poleg AES preiskav tudi zelo kvalitetne posnetke, enakovredne onim, izdelanim v elektronskih mikroskopih. Že v svojih začetkih so za meritev kinetične energije elektronov uporabljali LEED mrežno optiko in še danes se ta metoda uporablja v kombinaciji z AES preiskavami. Uklop nizkoenergijskih elektronov (LEED) sicer uporabljamo za ugotavljanje geometrijske razporeditve atomov na površini trdne



Slika 3: Spekter Augerjevih elektronov kaže, da je površina  $SiO_2$  kontaminirana z ogljikom.

snovi. V premožnejših laboratorijih so na istem vakuumskem sistemu kombinirane metode AES in XPS ali AES in SIMS, včasih pa tudi AES in spektroskopija fotoelektronov, vzbujenih z ultravijolično svetlobo (UPS), ki daje informacije o strukturi valenčnih elektronov. V Jugoslaviji imamo tri laboratorije za analizo površin. Že od leta 1977 je na IEVT instaliran vrstični elektronski mikroanalizator firme Physical Electronics, nekaj let kasneje pa so na Inštitutu za elektrokemijo v Beogradu opremili svoj laboratorij z Riber-jevim sistemom, ki omogoča kombinacijo treh metod AES, XPS in LEED, na Inštitutu za fiziko v Zagrebu pa imajo eksperimentalni sistem firme Vacuum Service (GB) z metodami AES, XPS in UPS.

### Spektroskopija fotoelektronov, vzbujenih z rentgenskimi žarki (XPS = ESCA)

Pri tej metodi, ki je prvenstveno namenjena za ugotavljanje kemijskega stanja elementov, uporabljamo za vzbujanje monoenergijski curek rentgenskih žarkov  $AlK_{\alpha}$  z  $h \cdot \nu = 1486,6$  eV ali  $MgK_{\alpha}$  z  $h \cdot \nu = 1253,6$  eV, detektiramo pa fotoelektrone in Augerjeve elektrone (sl. 1). Kinetična energija fotoelektronov je podana z izrazom /2/:

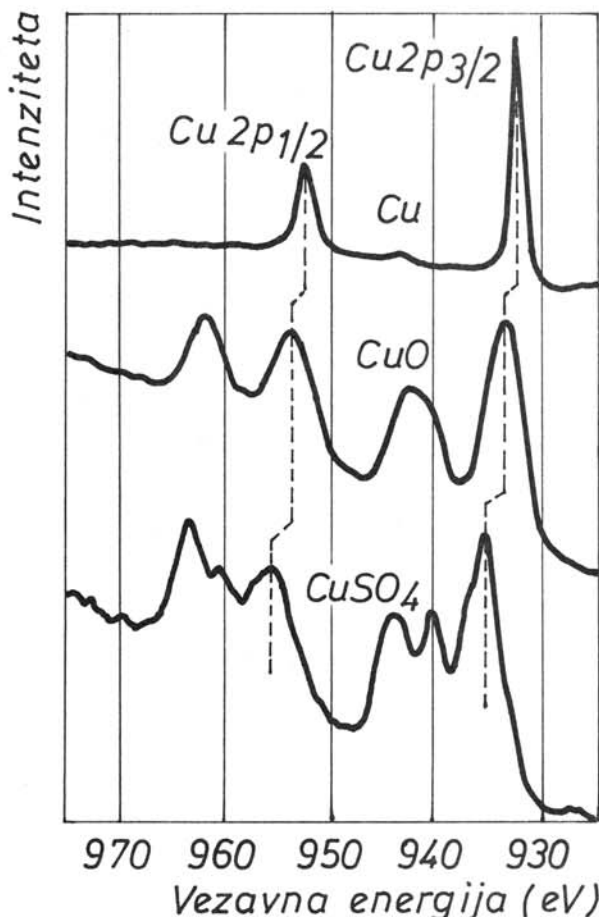
$$E_{kin} = h \cdot \nu - E_V - \Phi_A \quad /2/$$

Z izbiro rentgenskega izvira je energija fotonov  $h \cdot \nu$  določena,  $\Phi_A$  je izstopno delo materiala analizatorja in po meritvi kinetične energije fotoelektronov lahko izračunamo vezavno (ionizacijsko) energijo fotoelektronov  $E_V$ . Verjetnost, da bo fotoelektron zapustil vzorec brez izgube energije, se zmanjšuje eksponentno z globino, iz katere izhaja. Srednja prosta pot fotoelektronov je tako kot pri AES odvisna od njihove energije in vrste atomov ter leži med 0,4 do 3,0 nm, v poprečju pa računamo, da analiziramo naenkrat približno tri atomske plasti. Do sedaj je najboljša dosežena lateralna ločljivost reda velikosti  $5 \mu m$ , sicer pa je velikost analizne površine za različne instrumente od nekaj  $100 \mu m^2$  do nekaj  $mm^2$ . Zaradi



večje analize površine je globinska ločljivost XPS profilne analize precej slabša kot pri AES profilni analizi, s katero dosegamo na vzorcih z gladko površino red velikosti nekaj deset nm.

V XPS spektrih je na abscisno os nanosena vezavna energija, na ordinato pa intenziteta posameznih linij, ki so označene z energijskimi nivoji, iz katerih izvirajo fotoelektroni (sl. 4). Oznaka je sestavljena iz simbola kemijskega elementa, glavnega kvantnega števila elektrona  $n$  (1,2,3,4...), tirnega kvantnega števila  $l$  (s,p,d,f) in vsote tirnega kvantnega števila ter spinskega kvantnega števila ( $j = l \pm 1/2$ ). Na primer, oznaka fotoelektronov, ki povzročata v XPS spektru zlata dublet, je  $Au 4d_{3/2}$ ,  $4d_{5/2}$ . Vežavna energija elektronov v atomih, ki so v kemijski spojini, se spremeni v primerjavi z vežavno energijo atomov čistih elementov, zato lahko iz premikov linij (pikov) v spektrih, ki so navadno v mejah nekaj desetink eV do nekaj eV, ugotavljamo, v kakšni kemijski spojini se elementi nahajajo (sl. 4). Lahko analiziramo vse elemente razen H in He, mejna občutljivost pa je okrog 0,1 at %.



Slika 4: Prednost metode XPS je v njeni zmožnosti prepoznavanja oksidativnega stanja elementov. V tem primeru je prikazana razlika v obliki in legi konic bakra  $Cu2p_{1/2}$  in  $Cu2p_{3/2}$ , ko se ta nahaja v treh različnih kemijskih stanjih, kot Cu, CuO in  $CuSO_4$  (C.D.Wagner et al: Handbook of X-Ray Photoelectron Spectroscopy, Perkin-Elmer, Physical Electronics Division, Eden Prairie, 1979).

Omogočeni sta kvalitativna in kvantitativna analiza, v kombinaciji z ionskim jedkanjem vzorca pa tudi XPS profilna analiza. Metodo stalno izboljšujejo, v zadnjem času pa že poročajo o fotoemisijemskem mikroskopu z lateralno ločljivostjo  $2 \mu m$  in visoko energijsko ločljivostjo 0,25 eV. Kot je bilo že povedano v poglavju o metodi AES, imamo v Jugoslaviji dva instrumenta, ki omogočata XPS preiskave v Zagrebu in Beogradu, ki pa analizirata razmeroma veliko površino, reda velikosti nekaj  $mm^2$ .

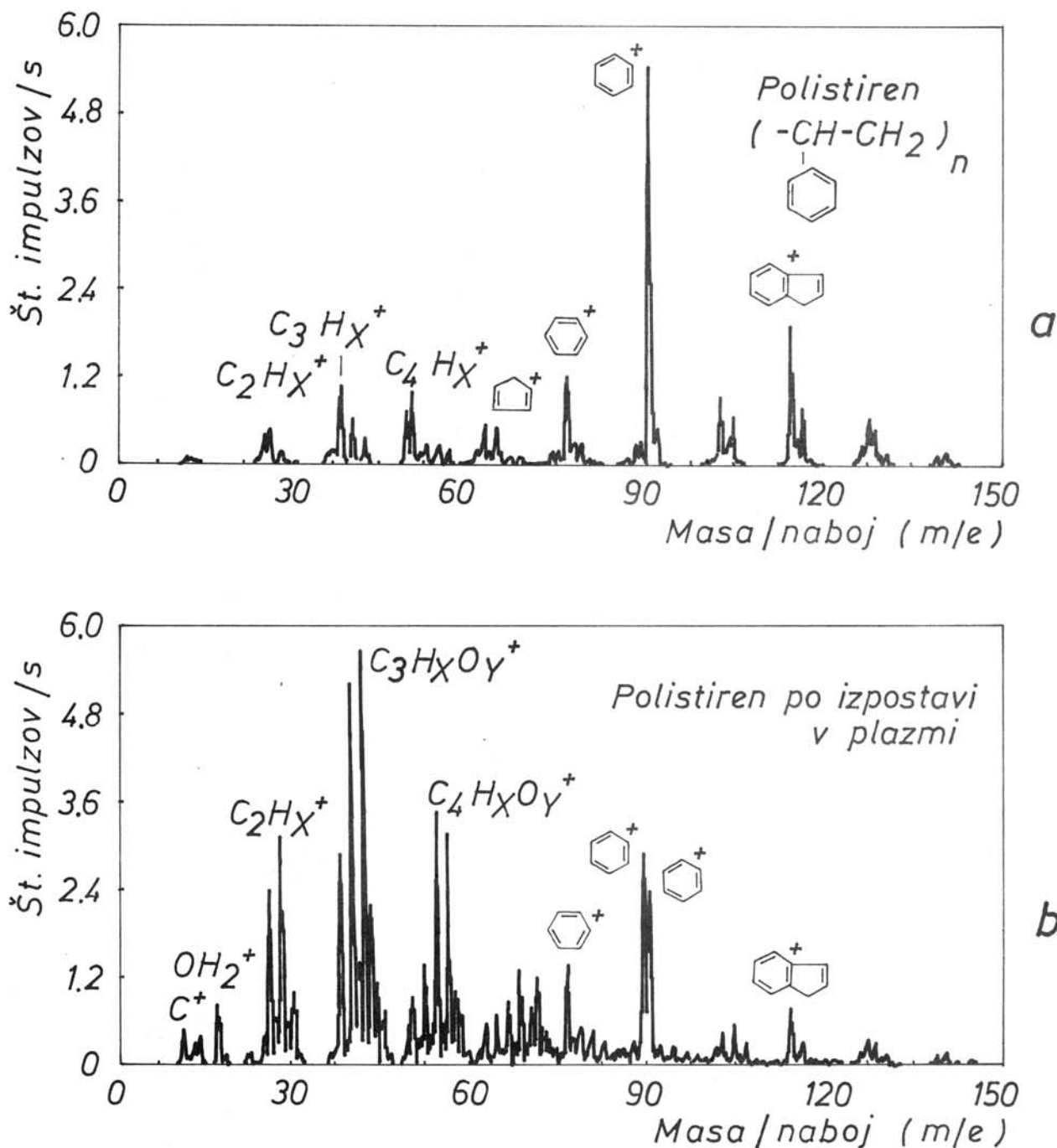
### Masna spektrometrija sekundarnih ionov (SIMS)

Pri metodi SIMS niso vzbujevalni delci tako natančno definirani kot pri metodah AES in XPS. V odvisnosti od namena raziskave uporabljamo za vzbujevalne delce ione, ki imajo energijo v področju od 1 keV do 20 keV, uporabljamo pa lahko ione inertnih plinov, npr.  $Ar^+$  ali reaktivnih ionov kisika ali dušika, lahko pa tudi kovinske ione galija, indija, cezija ali druge. Ionsko obstreljevanje trdne površine povzroči odprševanje delcev, ki to površino sestavljajo, in to v obliki nevtralnih atomov in pozitivnih ter negativnih ionov, ki so lahko tudi v obliki različnih skupkov (clusters) z večkratnim nabojem. Sekundarne ione vodimo v masni spektrometer, ki jih razvrsti v odvisnosti razmerja mase in električnega naboja ( $M/e$ ), na ordinato spektra SIMS pa je nanosena intenziteta oz. št. impulzov (sl.5 a,b). Danes je razvitih več vrst masnih spektrometrov in se razen kvadrupolnega uporabljajo še magnetni in z velikim uspehom tudi spektrometri, ki delujejo po principu časa preleta ionov. Lahko analiziramo vse elemente in tudi izotope, mejna občutljivost pa je okrog 1 ppm in za nekatere elemente celo do 1 ppb. Kvantitativna analiza je precej bolj zahtevna kot pri AES in XPS metodah. SIMS profilna analiza je mogoča, ločiti pa moramo dva različna postopka, in sicer statični in dinamični SIMS. Pri statičnem SIMS-u uporabljamo nizko gostoto primarnih ionov  $< 10^{-9} A/cm^2$  oziroma  $< 10^{10}$  ionov/ $cm^2 s$ , s čimer odstranjujemo iz površine le manjši del vzorca. Pogosteje uporabljen in za profilno analizo bolj primeren je dinamični SIMS, pri katerem uporabljamo gostoto ionov do  $10^{-3} A/cm^2$ , oziroma  $10^{16}$  ionov/ $cm^2 s$ , s čimer dosežemo hitrost ionskega jedkanja reda velikosti nm/s. Statični SIMS je bolj primeren za pridobivanje kemičnih informacij o vzorcu. Najboljšo lateralno ločljivost za statični SIMS navajajo  $1 \mu m$  in za dinamični 20-50  $\mu m$ , medtem ko starejše naprave analizirajo površine reda velikosti okrog  $1 mm^2$ . Statični SIMS analizira naenkrat vrhni 2 atomski plasti in dinamični 10 atomskih plasti. Zaradi velikega deleža nevtralnih delcev je s klasično SIMS metodo težko izvajati kvantitativno analizo, zato je bila razvita masna spektroskopija nevtralnih sekundarnih delcev (SNMS), pri kateri se nevtralni delci nad analizirano površino ionizirajo v razelektrivni plazmi in jih nato vodijo v kvadrupolni masni spektrometer kot pri metodi SIMS. Ionski mikroskopi omogočajo slike s sekundarnimi ioni, pri čemer je primarni ionski curek premera  $1 \mu m$ ,



pri uporabi kovinskih ionov pa s še manjšim premerom, okrog 40 nm, s čimer je dosežena izjemna lateralna ločljivost, kar je velikega pomena pri preiskavah metalurških vzorcev s fazami majhnih dimenzij. Metodo SIMS pogosto kombinirajo z drugimi metodami, kot so SEM (vrstična elektronska mikro-

skopija), EPMA (elektronska mikroanaliza), TEM/SEM (TEM = presečna elektronska mikroskopija), XPS in AES. V Jugoslaviji metode SIMS nimamo, kar je eden od pokazateljev naše razvitosti oziroma zaostajanja na tem področju za razvitiimi državami (Mimogrede, avtor tega prispevka je že pred leti obiskal laboratorija v



Slika 5 a,b: Prednost metode SIMS je, da lahko detektira izjemno majhne koncentracije elementov, daje kemijske informacije in analizira tudi organske materiale. Spekter (a) kaže rezultate analize površine polistirena s statično metodo SIMS. Po izpostavi polistirena plazmi kisika, ki izboljša omočljivost in adhezijo nekaterih nanosov, analiza s statičnim SIMS-om jasno pokaže spremenjeno sestavo površine (b). (J.G.Newman, *Polymer Surface Characterization and Problem Solving Using Static SIMS*, PHI Interface, Vol.10, No 5, 1988, 6).

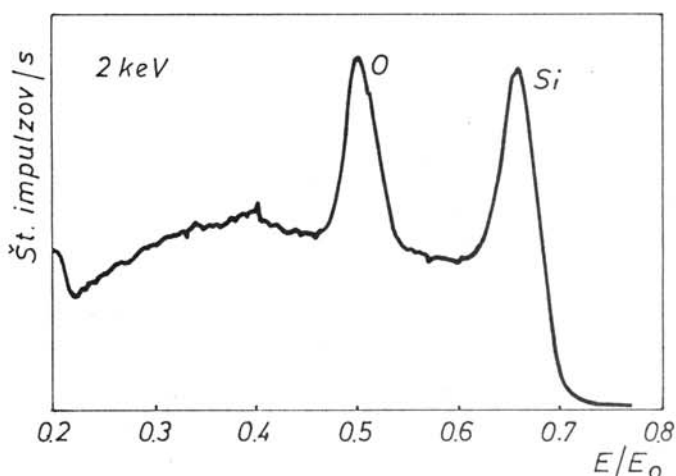
Budimpešti in Bratislavi, opremljena s spektrometroma SIMS). Glede na to, da je prednost metode SIMS, da lahko analizira izjemno majhne koncentracije elementov, jo zelo pogosto uporabljajo v mikroelektroniki za določanje koncentracijskih profilov dopantov. Te možnosti do sedaj jugoslovanski mikroelektroniki v svojih laboratorijih seveda niso imeli, in tudi zato žalosten konec naših večjih mikroelektronskih firm ni slučajen.

### Spektrometrija sipanih ionov (ISS)

Spektrometrija sipanih ionov (Ion Scattering Spectrometry, ISS), včasih imenovana tudi spektrometrija ionov z nizko energijo (Low Energy Ion Scattering Spectrometry, LEIS), temelji na elastičnem sipanju vpadnih primarnih ionov. Njihova relativna izguba energije je odvisna od kota sipanja in od razlike med maso primarnih ionov ( $M_1$ ) in maso atomov tarče-vzorca ( $M_2$ ). Za vpadne ione z energijo  $E_0$  lahko pri devetdeset stopinjskem kotu sipanja izračunamo energijo sipanih ionov ( $E_1$ ) z enačbo /3/:

$$E_1 = E_0 \cdot (M_2 - M_1) / (M_2 + M_1) \quad /3/$$

V diagramih nanašamo na abscisno os razmerje  $E/E_0$  (sl. 6), pri čemer so konice za dano kombinacijo ionov in atomov tarče vedno pri isti vrednosti  $E/E_0$ , neodvisno od  $E_0$ . Enačba /3/ nam kaže, da protonov (H) ne moremo detektirati, prav tako pa tudi ne He, kadar uporabljamo ione  $\text{He}^+$  z energijo od 0,3 do 2 keV. Vse



Slika 6: Prednost metode ISS je, da analizira eno samo atomsko plast na površini vzorca. Na sliki je prikazan značilen spekter ISS, posnet na čisti površini  $\text{SiO}_2$ . Za analizo so bili uporabljeni ioni  $\text{He}^+$  z energijo 2 keV. (L. Salvati, *Analytical Applications of Ion Scattering Spectroscopy*, PHI Interface, Vol. 7, No 1, 1984, 3)

elemente z večjo maso od He pa lahko določamo, vendar močno nelinearno zmanjšanje masne ločljivosti za večje mase omejuje prepoznavanje spektrov do mase okrog 100. Z uporabo večjih kotov sipanja in z uporabo ionov  $\text{Ne}^+$  in  $\text{Ar}^+$  pa povečamo ločljivost za večje mase, pri tem pa se zmanjša selektivnost za izotope in merimo lahko le tiste z manjšo maso. Z metodo ISS naenkrat analiziramo eno atomsko plast, pri povečanju energije primarnih ionov ( $>2$  keV) pa tudi več plasti. Analizirana površina je velika okrog  $1\text{mm}^2$  in poleg kvalitativne analize je mogoča tudi kvantitativna, mejna občutljivost metode je okrog 1 at %. Poleg elementne sestave je včasih mogoče dobiti na monokristalih tudi podatke o geometrijskem položaju atomov na površini in o elektronski strukturi. Profilna analiza je možna, ker vzbujevalni ionski curek lahko površino istočasno tudi jedka. Metodo ISS pogosto kombinirajo z vsemi tremi že navedenimi postopki AES, XPS in SIMS; v povezavi z masnim spektrometrom, ki meri časovni prelet delcev, pa lahko detektira tudi vodik. V Jugoslaviji naprav za spektrometrijo sipanih ionov (ISS) nimamo.

### Primerjava metod

V tabeli 1 so zbrane nekatere značilnosti metod AES, XPS, SIMS in ISS, posebej pa so tu navedene še nekatere prednosti in slabosti teh metod. Metoda AES se odlikuje po svoji razmeroma enostavni kvantitativni analizi, dobri globinski ločljivosti pri profilni analizi, slaba stran pa je nezmožnost analize izolatorjev in organskih materialov. Metoda XPS daje informacije o sestavi in kemijskem stanju elementov, mogoča je tudi analiza organskih materialov, zaradi razmeroma velike analize površine pa sta slabša lateralna in globinska ločljivost. Metoda SIMS, ki prav tako analizira anorganske in organske materiale, se odlikuje zaradi visoke občutljivosti za detekcijo vseh elementov in tudi izotopov, zaradi matričnih vplivov pa je izjemno zahtevna in težavna kvantitativna interpretacija rezultatov. Profilna analiza z metodo SIMS je povezana z uporabo ionov z razmeroma veliko energijo do 20 keV, kar skupaj s predpisano geometrijo vpadnih ionov in razporeditvijo masnega spektrometra povzroča slabo globinsko ločljivost profilnih diagramov. Metoda ISS ima to veliko prednost, da naenkrat analizira samo eno atomsko plast in daje nekatere podatke o razporeditvi atomov. V splošnem je metoda bolj primerna za analizo vzorcev z enostavnejšo sestavo, lahki elementi pa se težje določajo.

Skupna slabost teh metod pa je visoka cena instrumentov, ki jih v Jugoslaviji ne izdelujemo in smo vezani na nakupe pri tujih firmah, predvsem v ZDA, Angliji, Japonski, Franciji in Nemčiji. Naj vrednost instrumentov za analizo površin ilustriramo v duhu današnjih dni: za ceno enega tanka (4 milijone dolarjev) bi lahko kupili instrumente za vse štiri navedene metode in še bi nekaj ostalo za rezervne dele.

TABELA 1: Primerjava metod za analizo površin: AES, XPS, SIMS, ISS.

Metoda	Vzbujanje	Emisija	Meritev	Analiza št. at. plasti	Najboljša lateralna ločljivost	Občutljivost	Ne analizira
AES	el.	el.	energ.	3	5 nm	0,1 at %	H, He
XPS	fotoni	el.	energ.	3	5 $\mu\text{m}$	0,1 at %	H, He
SIMS (stat.)	ioni	ioni	mase	2	1 $\mu\text{m}$	0,01 at %	-
SIMS (dinam.)	ioni	ioni	mase	10	20-50 $\mu\text{m}$	1 p.p.m.	-
ISS	ioni	ioni	energ.	1	1 mm	1 at %	H, He

Bralcem, ki jih metode za analizo površin podrobneje zanimajo, priporočam v branje naslednje knjige in pregledne članke:

- 1.) A.W. Czanderna (Ed.): *Methods of Surface Analysis*, Elsevier, Amsterdam, 1975.
- 2.) P.F. Kane, G.B. Larrabee (Eds.): *Characterization of Solid Surfaces*, Plenum Press, New York, 1974.
- 3.) M. Thompson, M.D. Baker, A. Christie, J.F. Tyson: *Auger Electron Spectroscopy*, Wiley, New York, 1985.
- 4.) D. Briggs and M.P. Seah (Eds.): *Practical Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy*, Wiley, Chichester, 1983, 1990.
- 5.) L.C. Feldman, J.W. Mayer: *Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis*, North Holland, New York, 1986.
- 6.) S. Hofmann: *Practical Surface Analysis: State of the Art and Recent Developments in AES, XPS, ISS and SIMS*, *Surf. Interface Anal.*, **9**, 3-20, 1986.
- 7.) F. Degreve, N.A. Thorne, J.M. Lang: *Metallurgical Applications of Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS)*. *J. Mat. Science*, **23** (1988), 4181-4208.
- 8.) H. Jahrreiss: *Zur Entwicklung der Oberflächenphysik*, *Vakuum in der Praxis* (1990), Nr.3 S, 195-201.



# Eksperimentalna naprava za VF obdelavo kovin v vakuumu in zaščitni atmosferi

Andrej Pregelj in France Breclj, Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61111 Ljubljana

## 1. Uvod

Moderne tehnologije obdelave materialov vse pogosteje temeljijo na čistih postopkih. Naprave, v katerih potekajo procesi, morajo biti zgrajene iz materialov, ki so odporni proti koroziji in povišani temperaturi. Zah-teva, pred katero smo postavljeni, pa je tudi kako preprečiti oksidacijo in druge kemijske reakcije na površini obdelovanca. To še zlasti velja pri termični obdelavi kovin, kjer so reakcije na površini zelo burne. Težavam te vrste se v veliki meri izognemo, če jih pregrevamo v inertni atmosferi, ki ji po potrebi dodamo redukativni plin. Kadar pa želimo površino obdelovanca razpliniti in iz slepih rokavov izčrpati zrak, moramo postopek obdelave opraviti v vakuumu.

Med pomembnejše načine segrevanja kovin uvrščamo visokofrekvenčno (VF) tehniko. Odlikuje se z naslednjimi prednostmi:

- toploto generiramo samo v obdelovancu
- koncentracija energije v obdelovancu je velika
- naprava je fleksibilna
- možno je lokalno segrevanje
- avtomatizacija postopka je enostavna.

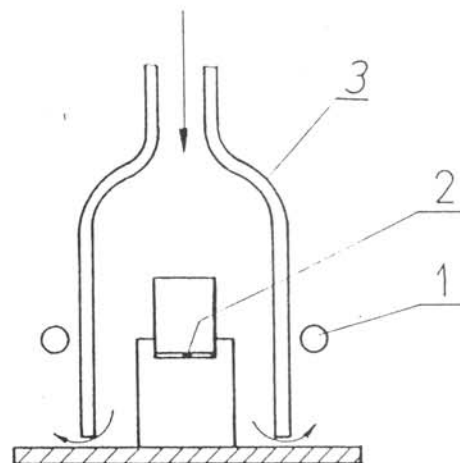
VF segrevanje na zraku najpogosteje uporabljamo za:

- lokalno kaljenje
- trdo spajkanje
- taljenje.

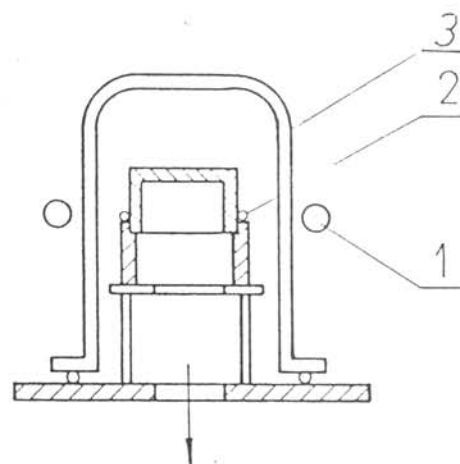
Če pregrevamo obdelovanec v zaščitni atmosferi ali v vakuumu, se področje uporabnosti VF segrevanja razširi na:

- trdo spajkanje brez talila
- razplinjevanje
- taljenje in izdelavo specialnih zlitin
- kaljenje
- izdelavo vakuumsko tesnih spojev kovina-kerami-ka, steklo-keramika in steklo-kovina
- izdelavo katod
- sintranje
- consko pretaljevanje in vlečenje kristalov
- difuzijsko varjenje
- nanos sekundarnega materiala.

Vrsto let smo na našem inštitutu uporabljali za nekatere od naštetih postopkov improvizirane naprave podobne tisti, ki jo prikazuje slika 1. Pred kratkim pa smo zgradili novo, ki jo podrobneje opisujemo v nadaljevanju.



a)



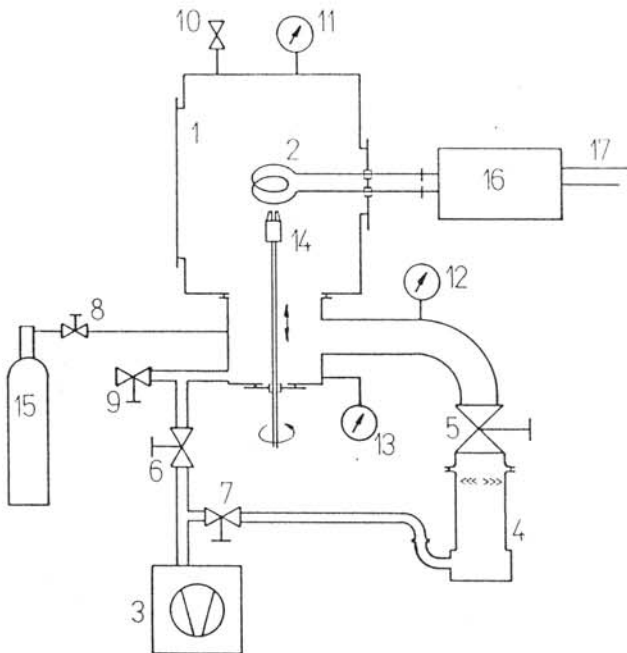
b)

Slika 1: Trdo spajkanje z VF generatorjem (1 - induktor, 2 - spajka, 3 - stekleni zvon) v zaščitni atmosferi (a) in v vakuumu (b).

## 2. Opis naprave

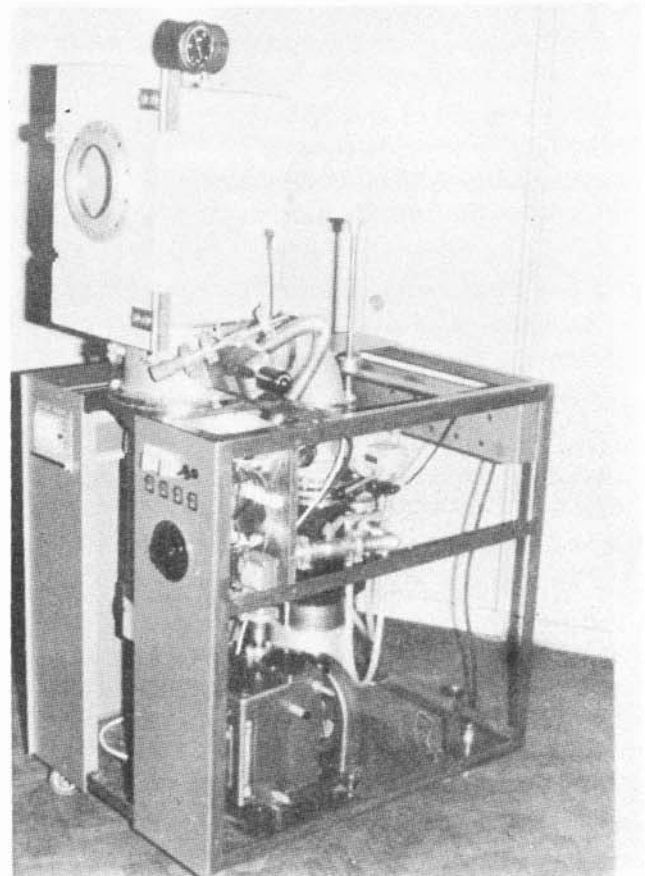
Naprava za VF obdelavo materialov v zaščitni atmosferi in v vakuumu (sliki 2 in 3) ima vgrajen visokovakuumski črpalni sistem. Le-ta je sestavljen iz dvostopenjske rotacijske črpalke (ED 300, Edwards), ki ima črpalno hitrost  $20\text{m}^3/\text{h}$  in oljne difuzijske črpalke (ODF 600, IEVT), ki ima črpalno hitrost 600 l/s. Visokovakuumski ventil in obtočni ("by pass") cevovod

rabi za obhodno črpanje po menjavanju obdelovanca. Sistem ima vgrajen manometer (za merjenje tlakov v območju od 0 do 1.5 bara) in vakuumski merilnik, ki meri tlake v območju od  $10^3$  do  $10^{-6}$  mbar. Vakuumska posoda zagotavlja priročno menjavanje obdelovanca in nastavljanje VF induktorja.



Slika 2: Shema naprave za VF obdelavo v inertni atmosferi in v vakuumu (1 - vakuumska posoda z vrati, 2 - VF induktor, 3 - rotacijska vakuumska črpalka, 4 - oljna difuzijska črpalka, 5 - visokovakuumski ventil  $\phi = 100$  mm, 6 - visokovakuumski obtočni ventil  $\phi = 32$  mm, 7 - ventil za difuzijsko črpalko, 8 - ventil za vpust plina, 9 - ventil za vpust zraka, 10 - varnostni ventil, 11 - merilnik tlaka (Bourdon), 12 - merilnik vakuuma (Pirani), 13 - merilnik vakuuma (Penning), 14 - prijemna čeljust za transport obdelovanca, 15 - jeklenka z zaščitnim plinom, 16 - VF adapter, 17 - priključek na VF generator.

Obdelovanec lahko premikamo z vrtljivo in po višini premično prijemno glavo. Vakuumska posoda je izdelana iz kvalitetnega odlitka zlitine AlZn10. Vrata posode, okno za opazovanje, skoziniki za induktor, nosilna os in različne priključne cevi so tesnjeni s tesnili iz perbunana. Obdelovanec dvigamo, spuščamo in rotiramo z motornim pogonom, hladimo pa ga s curkom inertnega plina, ki ga usmerimo nanj z nastavljivo cevko. Razen visokovakuumskega ventila so vsi drugi sestavni deli črpalnega sistema (spojni kosi in ventili) domače izdelave. Dimenzionirani so za velike črpalne hitrosti (premer odprtin je večji od  $\phi = 25$  mm). Pri plinski napeljavi so pretočni preseki med 6 in 10 mm. Pri preizkusih celotnega sistema je bil dosežen tlak  $3 \times 10^{-5}$  mbar.



Slika 3: Eksperimentalna naprava za VF obdelavo kovin v vakuumu in zaščitni atmosferi

V napravo smo vgradili aperiodičen 25 kW VF generator (proizvajalec: GENER iz Ljubljane), ki ima gibljiv priključek za induktor. Napravo lahko uporabljamo za segrevanje v inertni atmosferi in segrevanje v vakuumu.

### 3. Razvoj in uporaba naprav za VF segrevanje v atmosferi brez kisika

VF segrevalna tehnika se uporablja vse bolj pogosto na najrazličnejših področjih. V nadaljevanju bomo opisali nekatere pomembnejše izkušnje, ki smo si jih pridobili pri eksperimentalnem delu z VF obdelavo materialov.

- Kot zaščitni plin najpogosteje uporabljamo dušik in argon, ali rahlo reduktivno mešanico dušika in vodika oz. argona in vodika (od 3 do 8 % vodika v obeh primerih). Vodik reducira morebitne okside. Mešanica s prevelikim odstotkom vodika je eksplozivna. Ogljikov dioksid in vodik razogličujeta segreto jeklo, medtem ko ogljikov monoksid in višji ogljikovodiki ob primernih pogojih jeklo naogličijo.
- Pri VF segrevanju v vakuumu ne smemo pozabiti, da nastane v vakuumski posodi zaradi visoke frekvence generatorja v območju tlaka od 1 do  $10^{-3}$  mbar razelektritev (prižge se plazma). Temu pojavu

- se izognemo, če uporabimo za segrevanje frekvenco nižjo od 10 kHz, ali če tlak v vakuumski posodi spremenimo tako, da je zunaj navedenega območja.
- c) Pri zelo nizkih tlakih (pod  $10^{-3}$  mbar) in pri visokih temperaturah (tj. blizu tališča) prično kovine prekomerno odparevati. Pri dragih kovinah se temu izognemo tako, da jih talimo v grobem vakuumu ali v inertni atmosferi.
- d) Preden predmet, ki smo ga toplotno obdelovali, izpostavimo zraku, ga moramo ohladiti na temperaturo  $<150^{\circ}\text{C}$ . V proizvodnji skrajšamo čas ohlajanja tako, da vakuumsko posodo, ki jo hladimo z vodo, napolnimo s inertnim plinom, ali pa tako, da obdelovanec prestavimo v posebno komoro (napolnjeno z inertnim plinom), ki je ločena od glavne vakuumске posode s primernimi vrati.
- e) Kaljenje večjih obdelovancev zahteva intenzivnejše hlajenje, kar lahko realiziramo z nadtlačnim ventilatorjem, s posebnim hlajenjem zaščitnega plina, ali pa tako, da obdelovanec potopimo v olje, ki se nahaja v sosednji komori.
- f) Pri tehnološkem in konstrukcijskem iskanju primer nih rešitev moramo v praksi upoštevati naslednje: dimenzije in obliko predmeta, vrsto tehnološke operacije (kaljenje, spajkanje, itd.), velikost serije, željeno stopnjo avtomatizacije, razpoložljivi čas obdelave, delovno frekvenco generatorja, primeren inertni plin in način transporta. Včasih je potrebno celo narediti konstrukcijske spremembe izdelka (seveda v mejah ohranitve funkcionalnosti), da bi se prilagodili zahtevam VF tehnologije in preprečili dostop kisika.
- g) V velikoserijski proizvodnji, kjer je pomemben faktor nizka cena izdelka, mora konstruktor zagotoviti čim bolj enostavno gibanje obdelovanca, da so mrtvi časi čim krajši. V napravo je smiselno vgraditi elektromagnetne ventile in urediti računalniško vodenje postopka.

- h) Predmete, kot so trakovi ali žice, lahko med obdelavo kontinuirano premikamo skozi vakuumsko posodo, seveda pod pogojem da poskrbimo za primerno tesnjenje. V velikoserijski proizvodnji, pri kateri grejemo predmete posamično, je postopek zahtevnejši, saj med drugim potrebujemo predkomore in VF generatorje z dvojnimi izhodom za izmenično delo.

#### 4. Zaključek

V prispevku smo predstavili eksperimentalno napravo za vakuumsko VF segrevanje materialov, ki jo uporabljamo v eksperimentalne namene in za pilotno proizvodnjo. Opisali smo naše dosedanje izkušnje na tem področju in našeli zahteve VF tehnike segrevanja materialov v vakuumu in inertni atmosferi, s katerimi se morajo seznaniti vsi, ki želijo uporabiti to tehniko obdelave materialov.

#### 5. Uporabljena literatura

- /1/ H. Bollinger, W. Teubner, Industrielle Vakuumtechnik, VEB Deutscher Verlag für Grundindustrie, Leipzig 1980,
- /2/ G. Benkowsky, Induktions Erwärmung, VEB Verlag Technik, Berlin 1990
- /3/ J. Kranjc, Avtomatizacija VF indukcijskega segrevanja, Nova proizvodnja, **24**, 1-3, 1978
- /4/ J. Gasperič, Uvajanje vakuuma in VF taljenja zlitin v dentalno protetiko, poročilo IEVT, 1980
- /5/ V. Leskovšek, Predstavitev enokomorne vakuumске peči Ipsen VTC 324-R s homogenim plinskim hlajenjem pod visokim tlakom, Vakuumist **14**, 1987



# biro m

ekonomske, tržne, organizacijske, poslovne, tehnološke  
in tehnične storitve, grafična dejavnost - d.o.o.  
LJUBLJANA Žibertova 1, tel. 310-671

#### Nudimo vam storitve z grafičnega področja:

- Vnos in stavek besedil ter priprava za tisk
- Tisk knjig, brošur, učbenikov, časopisov, glasil, plakatov, barvni tisk
- Vezavo publikacij

SKRATKA VSE OD ROKOPISA DO KONČNEGA IZDELKA PO IZREDNO KONKURENČNIH CENAH!



# TANKOPLASTNI TEMPERATURNI SENZORJI

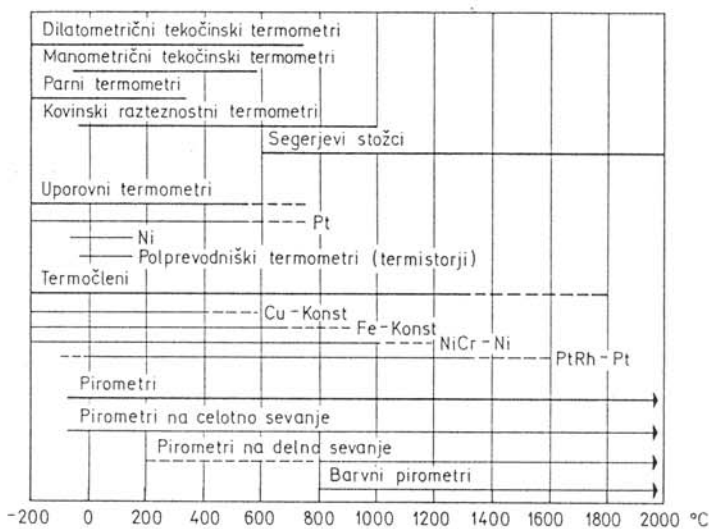
Peter Panjan, Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 61111 Ljubljana

## 1. Uvod

Za merjenje temperature uporabljamo v industrijski proizvodnji, pri znanstvenih raziskavah in v vsakodnevnem življenju najrazličnejše termometre. Za izdelavo temperaturnih senzorjev lahko uporabimo materiale, pri katerih so izbrane fizikalne lastnosti (npr. volumen, električna napetost, električna upornost) enolično odvisne od temperature. Ko se v praksi odločamo med možnimi materiali, vzamemo tiste, ki imajo v zahtevanem temperaturnem območju čimbolj linearno odvisne izbrane lastnosti (npr. termonapetost, upornost) od temperature in tiste, ki dajo največji izhodni signal.

V praksi uporabljamo najrazličnejše termometre (tabela 1), od katerih ima vsak svoje prednosti in omejitve. Prvi termometri so bili tekočinski, pozneje pa so prišli v uporabo uporovni in bimetalni termometri, termočleni in termometri na sevanje (pirometri). V merilni in regulacijski tehniki najbolj pogosto uporabljamo termometre na osnovi termočlenov, kovinskih uporov, termistorjev in temperaturne senzorje, izdelane v polprevodniški tehnologiji (IC-senzorji), ker nam na zelo enostaven način dajejo direkten električni signal. Njihova občutljivost in merilno področje sta najbolj odvisni od vrste materiala.

**Tabela 1: Temperaturna območja uporabe termometrov**



Nekatere od naštetih temperaturnih senzorjev je mogoče izdelati tudi v tankoplastni tehnologiji, ki je pocenila njihovo proizvodnjo, hkrati pa imajo tako narejeni senzorji krajše reakcijske čase.

## 2. Temperaturni senzorji

### a) Termočleni

V procesni industriji najpogosteje uporabljamo termočlenske termometre. Uporabo le-teh je omogočilo odkritje termoelektrične napetosti (Seebeck-ova napetost), ki jo lahko izmerimo med dvema kovinskima žicama iz različnih materialov, ki smo ju na enem koncu spojili in spoj segreli. Termonapetost je odvisna od temperature, na kateri je spoj in od vrste oz. sestave obeh materialov. Termonapetosti za različne kombinacije kovinskih materialov in njihovih zlitin so zbrane v literaturi in tabelirane /1/. Najpogosteje uporabljeni termočleni so pari Cu-konstantan (uporabimo ga lahko v temperaturnem območju od -200 do največ 600°C), Fe-konstantan (od -200 do 850°C), NiCr-Ni (od -200 do 1200°C) in PtRh-Pt (od -100 do 1600°C). Konstrukcija termočlenov je zelo enostavna, mehanično robustna in relativno poceni. Njihova največja prednost je, da lahko z njimi izmerimo tudi zelo visoke temperature (do +2000°C). Slabosti pa so: nelinearna zveza med termonapetostjo in temperaturo (že v področju od 0 do 100°C so odstopanja od linearnosti 1 do 2°C), majhna termonapetost (gledano absolutno), obvezna uporaba reference in v nekaterih primerih (Pt-PtRh) visoka cena. Izmed znanih temperaturnih senzorjev so termoelementi najmanj stabilni in imajo najmanjšo občutljivost (dU/dT). Termočlenov v tankoplastni izvedbi ne moremo realizirati, ker potrebujemo za meritev temperature kompenzacijski hladni spoj.

### b) Termistorji

Polprevodniški uporovni termometri (termistorji) obstajajo v dveh izvedbah, in sicer z velikim pozitivnim (PTK) ali z velikim negativnim (NTK) temperaturnim koeficientom upornosti. Termistorji so upori, ki so izdelani iz oksidov niklja, mangana, železa, kobalta in nekaterih drugih kovin in pri katerih je temperaturni koeficient upornosti od -0.7 do -0.3%/K. Pri spremembi temperature je sprememba upornosti termistorjev v primerjavi s kovinami zelo velika in je odvisna od širine energijske reže, vsebnosti nečistoč in prevladujočega mehanizma prevajanja. Pri spremembi temperature je sprememba upornosti zelo velika. Upornost teh senzorjev je eksponentna funkcija temperature. Kljub temu je ponovljivost priprave nekaterih industrijskih termistorjev zelo dobra, pa tudi odstopanja izmerjenih vrednosti temperature so minimalna (0.01°C v temperaturnem območju od -40 do 150°C). Uporabni so samo do približno 100°C. Za meritev upornosti potrebujemo tokovni izvir, ki pa povzroči nezaželjeno segrevanje senzorja. Termistorje uporabljamo za

temperaturno zaščito v različnih napravah. Cena termistorjev je od 0.2 do 40 DEM, odvisno od vrste termistorja. Čeprav so izdelani iz polprevodniških materialov, niso izvedljivi v silicijevi planarni tehnologiji, zato jih ne moremo integrirati z drugimi elementi regulacijskega vezja v čip.

Temperaturni senzor, ki ga lahko izdelamo v silicijevi planarni tehnologiji, izkorišča lastnost diod, da ima napetost v prepustni smeri pri konstantnem toku pozitiven temperaturni koeficient ( $\sim 2.25$  mV/K). Zveza med napetostjo in temperaturo teh senzorjev je linearna in ima veliko strmino. Diodo lahko skupaj s tokovnim izvirom, ojačevalnikom in morebitnim pretvornikom integriramo v čip. Maksimalna temperatura, do katere jih še lahko uporabimo je  $+150^{\circ}\text{C}$ . Njihovi glavni slabosti sta: velika časovna konstanta in samosegrevanje zaradi merilnega toka. Cena IC-senzorjev je zelo nizka (približno 0.04 DEM).

### c) Kovinski uporovni termometri

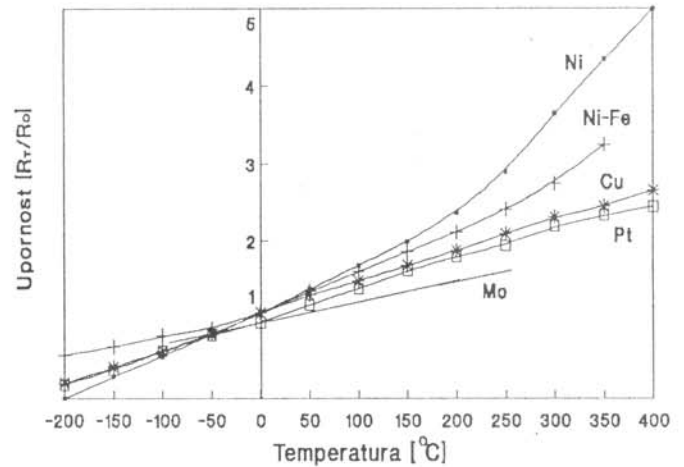
Kovinski uporovni termometri [2-9] so zasnovani na pojavu, da ima upornost kovinskih prevodnikov, kot so npr. nikelj ali platina, pozitiven temperaturni koeficient. Takí senzori so zelo stabilni, natančni in imajo ponovljive lastnosti v širokem temperaturnem območju (za platino od  $-200^{\circ}\text{C}$  do  $+850^{\circ}\text{C}$ ), pri čemer za meritev ne potrebujemo reference. Naredimo jih lahko v obliki uporovne žice ali kot tanke plasti.

Slabosti termometrov s kovinskimi prevodniki so: nizke vrednosti upornosti (npr.  $100\ \Omega$  pri  $0^{\circ}\text{C}$ ) in s tem relativno majhne spremembe upornosti, relativno velika toplotna kapaciteta ter obvezna uporaba tokovnega izvira, kar povzroča že omenjene težave zaradi samosegrevanja. V primerjavi s termistorji so termouporovni termometri uporabni v širšem temperaturnem območju, so stabilni tudi pri višjih temperaturah, odlikuje jih linearna odvisnost upornosti od temperature, vendar pa so 100-krat manj občutljivi od termistorjev, hkrati pa veliko dražji in zahtevajo kompleksnejšo merilno tehniko. Cena ultrastabilnih senzorjev, npr. Pt-100, skupaj s certifikatom je od 40 do 2000 DEM.

Za zmanjšanje sistemske napake na minimum je pomembna čim višja vrednost upornosti ( $R_0$  pri  $0^{\circ}\text{C}$ ) senzorja. Čim večja je upornost senzorja, tem manjši je vpliv upornosti priključnih žic. Čim manjša je specifična upornost kovine, tem več materiala potrebujemo pri isti vrednosti upornosti (npr.  $100\ \Omega$  pri  $0^{\circ}\text{C}$ ). Na osnovi tega sta zlato in srebro, ki imata najnižjo specifično upornost, neprimerna materiala za termouporovne plasti.

Najprimernejši in najpogosteje uporabljen material za uporovne termometre je platina. Le-to je predlagal kot material za uporovne termometre W. Siemens že leta 1870. Platinske termometre odlikuje optimalna ponovljivost in stabilnost, linearna zveza med upornostjo in temperaturo, visoka temperatura tališča, uporabnost v relativno širokem temperaturnem območju (od  $-200$  do  $+850^{\circ}\text{C}$ ), kemijska inertnost in stabilnost (najboljša med vsemi kovinami).

Spričo visokega temperaturnega koeficienta se pogosto uporabljata tudi nikelj in nikelj-železo. Kot temperaturna senzorja sta uporabna v temperaturnem območju od  $-60$  do  $+180^{\circ}\text{C}$ . Slabosti sta nelinearnost temperaturne odvisnosti (sl. 1) in staranje.



Slika 1: Temperaturna odvisnost upornosti različnih termouporovnih materialov

Zaradi linearne odvisnosti upornosti in majhne cene je sprejemljiv material za senzore baker. Maksimalna temperatura, do katere so uporabni, je  $+250^{\circ}\text{C}$ .

V zadnjih letih so se pojavili na tržišču termometri z molibdensko termouporovno plastjo. Le-ti imajo v primerjavi s platinskimi bistveno bolj linearno uporovno karakteristiko (slika 1), hkrati pa so med staranjem zelo stabilni. Po 240 ciklih staranja (en cikel staranja je segrevanje od  $-50$  do  $150$  in ohlajanje na  $-50^{\circ}\text{C}$  v šestih urah) se je začetna upornost spremenila za manj kot 0.15 ppm. Molibdenski senzori so uporabni do nižjih temperatur kot platinski, vendar so za razliko od slednjih uporabni le do temperature  $+250^{\circ}\text{C}$ .

Tudi iridijeva termouporovna plast ima bolj linearno uporovno karakteristiko kot platinska, vendar je uporabna le v temperaturnem območju od  $-50$  do  $+400^{\circ}\text{C}$ . Njihova slaba stran je, tako kot pri platinskih senzorjih, visoka cena.

Ugotavljamo (tabela 2), da imajo senzori na osnovi različnih termouporovnih plasti določene prednosti in slabosti, ki jih moramo upoštevati v konkretnih primerih uporabe.

Kot je bilo že omenjeno, so vsi naštetí kovinski termouporovni senzori izvedljivi tudi v tankoplastni tehnologiji. Standarden postopek izdelave tankoplastnega senzorja temperature vključuje nanos plasti (npr. platine) na keramično podlago, sledi postopek doravnovanja upornosti plasti z laserjem ali fotojedkanjem in končno zaščita s primerno izolacijsko plastjo. Glavna prednost tankoplastne izvedbe je znatno zmanjšanje stroškov izdelave, znatno večja upornost, široka izbira oblike, v kateri lahko senzor realiziramo, predvsem pa krajši reakcijski čas.

**Tabela 2: Primerjava karakteristik termouporovnih plasti različnih materialov**

	Pt	Ni	Cu	Ir	Mo
Specifična električna upornost [ $\mu\Omega\text{cm}$ ]	10.58	7.8	1.69	5.3	5.78
TKU [ppm/°C]	3850	6750	4350	3000	3000
Merilno območje	-50..+600	-60..+180	-70..+120	-50..+400	-200..+200
Linearnost	slaba	slaba	odlična	dobra	odlična (<0.05%)
Časovna konstanta [s]	0.05	0.9	/	/	1.8
Stabilnost [%]	0.3	slaba	/	/	$\pm 0.04$
Merilni tok [mA]	1	1	/	/	1
Cena	visoka	nizka	nizka	visoka	nizka

Izdelava kovinskih uporovnih termometrov je standardizirana. V uporabi je standard DIN 43760, ki predpisuje upornosti platinskih senzorjev v odvisnosti od temperature. Za platinske upore se zahteva upornost plasti  $100\Omega$  pri  $0^\circ\text{C}$  in temperaturni koeficient upornosti  $3.85 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ , kar pri povečanju temperature z 0 na  $100^\circ\text{C}$  pomeni povečanje upornosti za  $38.5\Omega$ . Ustrezen napetostni signal na  $^\circ\text{C}$  je tako kot pri termočlenih majhen, zato potrebujemo drage ojačevalnike. Nelinearnost, ki ima kvadratičen potek, lahko kompenziramo z analognimi ali digitalnimi vezji.

Slabost kovinskih termouporovnih plasti, ki se sicer odlikujejo z visoko stabilnostjo, relativno velikim signalom, majhno termično maso, enostavno izdelavo in nizko ceno, je nelinearna karakteristika. Odstopanja od linearnosti so seveda veliko manjša kot pri polprevodnikih oz. termistorjih. Odvisna so od čistote plasti oz. dopiranja z drugimi elementi in od kristaliničnosti plasti.

Bistvena prednost kovinskih uporovnih senzorjev v primerjavi z drugimi je optimalna časovna stabilnost. Zlasti to velja za platinske termoupore. Raziskave so pokazale, da se je upornost, npr. pri  $0^\circ\text{C}$  Pt 100 senzorju po 10000 urah žarjenja na  $+800^\circ\text{C}$  (približno eno leto) povečala le za 0.2 %. Ustrezna temperaturna sprememba je  $0.5^\circ\text{C}$ .

Absolutna natančnost platinskega termouporovnega senzorja je naslednja njegova prednost. Velike spremembe upornosti na  $^\circ\text{C}$  omogočajo pri višjih temperaturah absolutno natančnost. Pri natančnih meritvah temperature pa moramo upoštevati tudi vpliv samosegrevanja senzorja. Za majhne tankoplastne senzorje je še dopusten merilni tok 1mA.

Odzivni čas senzorja je odvisen od mase, specifične toplotne kapacitete in njegove površine. Za masivne Pt 100 senzorje je ta čas med 0.1 in 1 s ter 0.05 s za tankoplastni senzor. Če so senzorji vgrajeni v zaščitno cev, so ti časi lahko 5 do 10-krat večji.

### 3. Zaključek

Termouporovne tanke plasti (platina, nikelj, iridij, molibden, baker), ki jih v praksi uporabljamo za izdelavo temperaturnih senzorjev, zadoščajo splošnim kriterijem (t.j. stabilnost na staranje, linearna temperaturna odvisnost upornosti, široko temperaturno območje uporabnosti, čim boljše temperaturna občutljivost - velik TKU, nizka cena), le delno oz. v omejenem temperaturnem območju. Aktualno je iskanje tistih materialov, ki bi lahko nadomestili platinske termouporovne plasti, ki bi bili uporabni do  $1000^\circ\text{C}$  in ki bi bili predvsem cenejši. Z vidika fizikalno-kemijskih lastnosti zahtevamo od takih materialov: (1) velik temperaturni koeficient upornosti, (2) linearno odvisnost upornosti od temperature, (3) dobro odpornost proti oksidaciji, (4) visoko temperaturo tališča, ki naj bi bila vsaj dvakrat višja od maksimalne delovne temperature (t.j.  $>2000^\circ\text{C}$ ), da bi se na ta način izognili težavam z rekristalizacijo in (5) odsotnost faznih in magnetnih prehodov.

### 4. Literatura

- /1/ Katalog Degussa, Emf Values of Thermocouples
- /2/ H.J. Klappe, Platin-Wiederstandstermometer für industrielle Anwendungen, Technisches Messen, 54 Jahrgang, Heft 4, (1987)
- /3/ R. A. Pease, Temperatursensoren, Elektronik 14, (1986)
- /4/ U. Heller, Ein Temperatur Messwiderstand nach DIN, Elektronik Produktion and Prüftechnik, Heft 9A (1986)
- /5/ Molybdenium sensors on the forward march, Elektron. ind., Vol. 20, N3 (1989) p. 80-86
- /6/ D.E. Bahniuk, The Changing Face of Temperature Measurements, Machine Design, (1989) p. 111
- /7/ K. Požun, B. Stariha, A. Banovec in M. Kern, Odstopanje upornosti in temperaturnega koeficienta napršenih nikljevih tankih plasti od standardnih Pt-100 uporovnih termometrov, Zbornik simpozija o elektronskih sestavnih delih SD-89, Maribor (1989) str. 243
- /8/ A. Banovec, K. Požun, B. Stariha, B. Praček in M. Kern, Vpliv atmosfere pri termični obdelavi na sestavo in električne lastnosti tankih napršenih plasti Pt, Zbornik simpozija o elektronskih sestavnih delih SD-90, Radenci (1990) str. 301
- /9/ K. Požun, A. Banovec, B. Stariha in M. Kern, Odvisnost TKU radio-frekvenčno napršenih tankih plasti Pt od parametrov depozicije in stabilizacije, Zbornik predavanj XI. jug. vak. kongresa, Gozd Martuljek, (1990) str. 275



---



---

## DRUŠTVENE NOVICE

---



---

### OBČNI ZBOR DRUŠTVA ZA VAKUUMSKO TEHNIKO SLOVENIJE

Občni zbor društva je bil v sredo, 19.12.1990 na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko v Ljubljani. Udeležilo se ga je nekaj več kot dvajset članov društva. Na zboru je dosedanja predsednica društva dr. Monika Jenko poročala o delu izvršnega odbora v obdobju od 1985 do 1990. Poročilo je objavljeno v nadaljevanju tega zapisa. Izvolili smo nove člane izvršnega odbora in druge organe društva. V **izvršni odbor** so bili izvoljeni: Andrej Pregelj (predsednik), IEVT, Andrej Banovec (podpredsednik), IEVT, mag. Bojan Jenko (tajnik I), IEVT, Vinko Nemanič (tajnik II), IEVT, Darja Rozman (blagajnik), IEVT, Peter Panjan, IJS, Andrej Demšar, Iskra CEO, dr. Monika Jenko, MI, dr. Stane Jurca, IEVT, dr. Vasilij Prešern, MI, Salam Sejjad, Iskra-Žarnice, Borut Stariha, IEVT, Matija Trček, Saturnus, dr. Franc Vodopivec, MI, dr. Anton Zalar, IEVT. V **nadzornem odboru** so: dr. Eva Perman (predsednik), IEVT, mag. Melita Murko Jezovšek, IEVT in Ludvik Pipan, ELVAK. **Tovariško razsodišče** pa bo v sestavi: dr. France Lah (predsednik), Vojteh Leskošek, MI, Rajko Kalan, IEVT in Janez Šetina, IEVT.

Novi predsednik DVT Slovenije Andrej Pregelj je predstavil program dela društva v naslednjem letu. Organizirali naj bi dva tečaja iz osnov vakuumske tehnike in dva tečaja za vzdrževalce vakuumske opreme. Zelo zahtevna naloga, ki jo moramo v letu 1991 realizirati je izdaja knjige "Osnove vakuumske tehnike". Že obstoječo knjigo je potrebno v ta namen dopolniti. Med važnejše naloge društva štejemo izdajanje strokovnega glasila **Vakuumist**. V letu 1991 naj bi izdali vsaj tri številke. Seveda moramo nadaljevati z aktivnostmi v IUVESTA in JUVAK-u. V kolikor bo mogoče, bomo poskusili pripraviti specializirane tečaje v naših tovarnah (npr. vakuumska higiena, vakuumska metalurgija, ...) in javna predavanja renomiranih domačih in tujih predavateljev. Organizirali naj bi tudi več strokovnih ekskurzij. Društvo bo, v kolikor bo mogoče, organiziralo skupinsko potovanje članov društva na 3. evropsko in 5. združeno avst.-madž.-jug. vakuumsko konferenco, ki bo na Dunaju od 23. do 27. septembra. Predstavniki društva bodo pri organizatorjih konference poskusili doseči popust pri plačilu kotizacije za udeležence iz Jugoslavije.

### POROČILO O DELU IZVRŠNEGA ODBORA DVT SLOVENIJE V OBDOBJU OD 23.5.1985 DO 19.12.1990

V tem obdobju je imel I.O. DVTS v povprečju štiri seje letno, v času večjih akcij so bile seje pogostejše. Na teh smo se člani dogovarjali za akcije, ki smo jih večinoma tudi uspešno izpeljali.

Finančno stanje društva je bilo v zadnjih petih letih kar zadovoljivo. Vir dohodka so bili tečaji "Osnove vakuumske tehnike", ki se jih je udeležilo okrog 350 slušateljev različnih poklicev, iz industrije, inštitutov in univerz. Leto 1986 je bilo za prireditelja zelo težko, ker so trije pomembni predavatelji iz različnih vzrokov prenehali s sodelovanjem. Organizacijskemu odboru je s skrajnimi naporimi uspelo obdržati nivo in dopolniti predavanja in vaje ter že v naslednjem letu organizirati rekordno število tečajev. V letu 1986 je DVTS organiziralo specializirani tečaj za vzdrževalce vakuumske opreme v servisu TV sprejemnikov "Gorenje" v Velenju. Tečaj je izredno uspel.

V letu 1987 je DVTS organiziralo enodnevni tečaj "Vakuumska higiena in čisti prostori" za potrebe IEVT.

Ena najpomembnejših akcij DVT Slovenije je bila v letu 1988, ko je bilo društvo lokalni organizator 4. združene vakuumske konference Jugoslavije, Avstrije in

Madžarske v Portorožu. Takoj po zaključku konference je bila po 17-tih letih ponovno na slovenskih tleh seja mednarodne vakuumske unije IUVESTA.

Druga največja akcija I.O. in aktivnih članov DVTS je bila organizacija XI. jugoslovanskega vakuumskega kongresa letos spomladi v Gozd Martuljku. Kljub težki gospodarski situaciji je bila udeležba vakuumistov na kongresu razveseljivo velika, pogrešali smo le močnejše zastopstvo srbskih vakuumistov. Na kongresu je bila tudi razstava manjših vakuumskih eksponatov, ki jih je predstavilo deset svetovnih proizvajalcev vakuumske opreme. O proizvodnji in problematiki vakuumske opreme v Jugoslaviji so se udeleženci pogovarjali za okroglo mizo. Na kongresu je bila prvič podeljena Kanskyjeva nagrada za najbolje ocenjen prispevek.

Za večje število članov je društvo organiziralo in finančno podprlo njihovo udeležbo na:

- 3. združeni vakuumski konferenci Madžarske in Avstrije 1985 v Debrecenu.
- mednarodnem vakuumskem kongresu v Baltimoreu leta 1986
- prvi evropski vakuumski konferenci EVC-1 v Manchesteru leta 1988

- mednarodnem vakuumskem kongresu v Köln-u 1989 in
- drugi evropski vakuumski konferenci EVC-2 v Trst-u 1990.

Društvo je leta 1986 pripravilo strokovno ekskurzijo k proizvajalcu vakuumске opreme Balzers v Liechtensteinu.

Septembra 1987 je organiziralo strokovno ekskurzijo k proizvajalcu vakuumске opreme Edwards. Udeleženci so si ogledali tri njihove tovarne, v Crowleyu in Brightonu, in imeli možnost izmenjave strokovnih informacij s strokovnjaki tega svetovnega giganta vakuumskih črpalk in opreme.

V sodelovanju z Leyboldom iz Hanaua je društvo organiziralo v letu 1988 v Ljubljani simpozij s področja merjenja visokega vakuuma in uporabe masnega spektrometra. Simpozija se je udeležilo okrog 150 vakuumistov iz Slovenije in Hrvatske.

V letu 1987 je DVTS skupno s Saturnusom, tovarno avtomobilskih žarometov, organiziralo enodnevni seminar "Vakumske tanke plasti". Predavatelji so bili člani DVTS-(IEVT) in strokovnjaki Saturnusa. Zanimanje vakuumistov je bilo izredno, seminarja se je udeležilo preko 100 slušateljev.

Posebej je potrebno omeniti publicistično dejavnost društva. V letu 1990 je bil izdan Zbornik predavanj XI. jugoslovanskega vakuumskega kongresa, Bilten JUVAK 24.

Zbornika predavanj Vakuumске tanke plasti zaradi objektivnih razlogov tudi sedanji I.O. ni uspel pripraviti. Društvo je izdalo le prispevek dr. E. Kanskega v knjižici: "Nastanek in rast vakuumskih tankih plasti".

DVTS je edino vakuumsko društvo v Jugoslaviji s svojim strokovnim glasilom. Vakuumist izhaja v treh številkah letno, za kar gre zahvala uredniku A. Preglju.

DVTS je član Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije JUVAK. Uspešno sodeluje z DVT Srbije in DVT Hrvatske. V okviru JUVAK je DVTS pomagalo pri organizaciji X. jugoslovanskega vakuumskega kongresa, ki je bil julija 1986 v Beogradu. Člani DVT Slovenije so člani tako v izvršnem odboru JUVAK, kot v nekaterih organih društva. Trije člani DVTS so predstavniki Jugoslavije v Mednarodni zvezi za vakuumsko znanost, tehniko in aplikacije IUVSTA.

Iz navedenega je razvidno, da DVTS uspešno deluje na vakuumskem področju in zapolnjuje vrzeli, ki nastajajo zaradi togosti nekaterih delovnih organizacij, ki se profesionalno ukvarjajo z vakuumsko tehniko.

Sodelovanje z Inštitutom za elektroniko in vakuumsko tehniko je uspešno, saj nam le-ta v okviru svojih možnosti daje vsestransko pomoč. Omogoča nam prirejanje tečajev v svojih laboratorijih, v letu 1986 pa smo dobili v pritličju zgradbe manjši prostor, ki smo ga preuredili v društveno pisarno.

V zadnjih letih se je vključilo v delo društva več mlajših vakuumistov, ki bodo morali sčasoma prevzeti funkcije in obveznosti pri delu društva. Zaželjeno je, da se vključi in aktivira še več mlajših kolegic in kolegov, ki naj bi poživili delo v društvu. Zaželjena je vsaka pobuda in predlog, ki bi pripomogla k razvoju društvenega dela predvsem v teh težkih kriznih časih. Seveda je to povezano z včasih suhoparnim delom in prisostvovanjem na sejah društva v popoldanskih in večernih urah, delo pa je več ali manj ljubiteljsko. Od mlajših pričakujemo atraktivnejše akcije. V tem smislu je tudi sestavljen in izvoljen nov I.O. DVTS s predsednikom Andrejem Pregljem na čelu.

Novemu odboru želim veliko uspehov pri delu, pomembnem za nadaljnji razvoj vakuumске stroke pri nas in s tem za celotno našo družbo.

**dr. Monika Jenko**

## NOVE KNJIGE

**EVGEN KANSKY: Rast vakuumskih tankih plasti,**

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Ljubljana, 1990, 61 str.;

cena knjižice je 80,00 din za člane DVTS in 90,00 din za vse druge.

**Zbornik prispevkov XI. jugoslovanskega vakuumskega kongresa - bilten JUVAK 24,**

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Ljubljana, 1990, 600 str.;

cena knjige je 250,00 din.

Obe knjigi lahko naročite na naslov:

**DVT Slovenije, Teslova 30, 61111 Ljubljana,**

ali po telefonu (061) 263 461 (Lidija Koller, Andrej Pregelj).

Kansky-jevo knjižico prodajajo tudi v Mladinski knjigi v Ljubljani (konzorcij).

---



---

## OBVESTILA

---



---

### TEČAJ ZA VZDRŽEVALCE VAKUUMSKIH NAPRAV

Vse uporabnike vakuumske tehnike obveščamo, da organiziramo tečaj za vzdrževalce vakuumskih naprav, in sicer **20. in 21. marca 1991**. Tečaj se bo pričel v sredo ob **8. uri** v knjižnici Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, Ljubljana. Tečaj je namenjen vzdrževalcem vakuumskih naprav, ki morajo zagotavljati tehnologiji primerne vakuumske pogoje.

Na tečaju bomo obravnavali problematiko, ki jo največ srečujemo v tehniki grobega in srednjega vakuuma, to je: delovanje, vzdrževanje in popravila rotacijskih črpalk, predstavili pa bomo še druge črpalke, meritve vakuuma in odkrivanje netesnosti v vakuumskih sistemih; skupno 16 ur, od tega polovico za praktična dela.

Ker bomo praktični del tečaja skušali prilagoditi potrebam delovne organizacije, iz katere kandidat prihaja, **prilagamo vprašalnik**, ki ga prosimo, izpolnjenega pošljite na naš naslov do 28.2.1991.

Cena za udeležence iz delovnih organizacij je 4500,00 din. Prosim vas, da dokončno prijavo in potrdilo o plačilu dostavite do 15.3.1991 na naslov:

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije,  
Teslova 30, 61111 Ljubljana

Številka žiro računa:  
(500101-678-52240).

Vsak udeleženec bo prejel izbor predavanj iz osnov vakuumske tehnike in izkaz o opravljenem tečaju. Prijave sprejema organizacijski odbor (Lidija Koller, Marjan Drab, Vinko Nemanič in Andrej Pregelj), ki daje tudi vse dodatne informacije (tel. (061) 263-461).

**DVT Slovenije**  
**Odbor za pripravo tečaja**

---

### TEČAJ "OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE"

Sporočamo vsem zainteresiranim, da bomo ponovili tečaj iz OSNOV VAKUUMSKE TEHNIKE, in sicer od 16. do 18. aprila 1991. Tečaj bo v prostorih Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, Ljubljana. Obsegal bo 20 ur z naslednjimi temami:

1. Pomen in razvoj vakuumske tehnike
2. Fizikalne osnove vakuumske tehnike
3. Črpalke za grobi vakuum (membranske, rotacijske, z vodnim obročem)
4. Črpalke za visoki vakuum (ejektorske, difuzijske in turbomolekularne)
5. Črpalke s površinskim delovanjem (sorpcijske, ionsko-geterske in kriogenske)
6. Vakuumski spoji in tesnilke
7. Vakuumski sistemi
8. Vakuummetri
9. Odkrivanje netesnih mest (leak detekcija)
10. Vakuumski materiali in delo z njimi
11. Vakuumske tankoplastne tehnologije

12. Pomen površin v vakuumski tehniki in njihova karakterizacija
13. Vakuumska higiena in čisti postopki
14. Doziranje, čiščenje in preiskave plinov
15. Šest ur vaj in ogled inštituta

Tečaj je namenjen tako vzdrževalcem in razvijalcem vakuumskih naprav kot tudi raziskovalcem, ki pri svojem razvojnem oziroma raziskovalnem delu potrebujejo vakuumske pogoje. Cena za udeležence iz delovnih organizacij je 3000,00 din. Prosim vas, da dokončno prijavo in potrdilo o plačilu dostavite najkasneje do 10.4.1991 na naslov: Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Teslova 30, 61111 Ljubljana (št. žiro računa: 50101-678-52240).

Vsak udeleženec bo prejel zbornik predavanj "Osnove vakuumske tehnike". Prijave sprejema organizacijski odbor (Koller, Mozetič, Drab in Spruk), ki daje tudi vse dodatne informacije (tel. (061) 267-341).

**Predsednik DVT Slovenije**  
**dipl. ing. Andrej Pregelj I.r.**



## ŠTIPENDIJE WELCHOVEGA SKLADA ZA LETO 1992

Komite Welch-ovega sklada pri mednarodni organizaciji za vakuumsko znanost, tehniko in aplikacije (IUVSTA) tudi letos razpisuje več štipendij za mlade raziskovalce, ki se želijo izpopolnjevati na tem področju. Namenjene so tistim mladim, ki so končali študij na univerzi, pri čemer imajo prednost kandidati z že opravljenim doktoratom znanosti. Štipendija v višini 12500 ameriških dolarjev je enoletna, z začetkom izplačevanja 1. septembra 1991. Izplačuje se v treh obrokih: prvi obrok 6000 \$ na začetku, drugi, 6000 \$, po šestih mesecih dela in zadnji 500 \$ po predaji končnega poročila. Kandidat si lahko sam izbere laboratorij, kjer bo delal, zaželeno pa je, da je le-ta, zaradi mednarodnega značaja štipendije, v tujini.

Od kandidatov se zahteva, da tekoče govorijo jezik dežele, v kateri bi se želeli izpopolnjevati ali angleški jezik.

Obrazec za prijavo dobite pri IUVSTA Welch foundation administrative office

**Dr. W.D. Westwood**  
**Advanced Technology Laboratory**  
**BNR**  
**BOX 3511, Station C**  
**Ottawa, Canada K1Y 4H7**

Prijavo z ustreznimi prilogami pošljite na ta naslov najkasneje do 15. aprila 1991.

Vir: News Bulletin (№ 115, 1990), v katerem je še nekaj dodatnih informacij (bilten je na vpogled na sedežu DVTS).

## MEDNARODNA KONFERENCA O METALURŠKIH PREVLEKAH IN TANKIH PLASTEH (ICMCTF 1991), SAN DIEGO, 22-26. APR. 1991

V organizaciji ameriškega vakuumskega društva bo od 22. do 26. aprila 1991 v San Diegu (Kalifornija) konferenca o metalurških prevlekah in tankih plasteh. Doslej se je v istem kraju zvrstilo že šestnajst zelo odmevnih mednarodnih konferenc o metalurških prevlekah (International Conference on Metallurgical Coatings, ICMC). Od lanskega leta naprej pa to konferenco organizirajo skupaj z mednarodno konferenco o tankih plasteh (International Conference on Thin Films, ICTH), ki so jo prvotno organizirali vsaki dve leti. Z združitvijo se je naziv konference spremenil v International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF). Tematsko področje konference, ki je prvotno obsegalo tribološke, visoko temperaturne in trde prevleke, se je razširilo na področje mikroelektronike, optike, visoko temperaturnih superprevodnikov, diamantnih tankih plasti in senzorjev.

Na konferenci bodo obravnavane naslednje teme:

- A. Visoko temperaturne prevleke
- B. Trde prevleke
- C. Tanke plasti v mikroelektroniki
- D. Diamantni in njim sorodni materiali (c-BN, b-SiC in AlN)
- E. Tribološke prevleke
- F. Optične prevleke in tanke plasti
- G. Visoko temperaturne superprevodne tanke plasti
- H. Metode za karakterizacijo

Sprejeti prispevki bodo objavljeni v posebnih izdajah revij Surface and Coatings Technology in Thin Solid Films.

Vir: News Bulletin (№ 115, 1990)

## TRETJA EVROPSKA IN PETA AVSTRIJSKO-MADŽARSKO-JUGOSLOVANSKA KONFERENCA, DUNAJ, 23-27. SEPT. 1991

Tretjo evropsko vakuumsko konferenco bo skupaj s peto avstrijsko-madžarsko-jugoslovansko organiziralo avstrijsko vakuumsko društvo (OGV) v septembru 1991 na Dunaju. Na konferenci bodo obravnavane teme, ki tradicionalno pokrivajo področje vakuumskih znanosti in tehnologij: elektronski materiali, fuzijske tehnologije, plazemske tehnologije, znanost o površinah, nano tehnologije, uporaba znanosti o površinah, vakuumske tanke plasti in vakuumska metalurgija. Zbornik predavanj bo izdan kot posebna izdaja revije Vacuum.

Povzetke prispevkov pošljite do 1. apr. 1991 na naslov:

**EVC-3 Wolfgang Husinsky**  
**Institut für Allgemeine Physik**  
**Technische Universität Wien**  
**Wiedner Hauptstrasse 8-10**  
**A-1040 Wien, Austrija**

(tel.: (43)(1)-588 01-5591, faks: (43)(1)-56 42 03), kjer dobite tudi vse potrebne informacije.

Vir: News Bulletin (№ 115, 1990).

## ČETRТА EVROPSKA KONFERENCA O UPORABI METOD ZA PREISKOVANJE POVRŠIN IN MEJ (ECASIA 91), BUDIMPEŠTA, 14-18. OKT. 1991

Na konferencah ECASIA (European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis), ki jih organizirajo vsaki dve leti, obravnavajo probleme z naslednjih področij: razvoj tehnik, interpretacija podatkov, globinski profili, tridimenzionalno slikanje, mikroelektronika in superprevodniki, korozija, kataliza, keramike in stekla, polimeri, metalurgija, tanke plasti in prevleke, adhezija, biomateriali, tribologija, radiacijske poškodbe in uporaba sinhrotrona.

Povzetke prispevkov pošljite najkasneje do 1. aprila 1991 na naslov:

**ECASIA 91 Conference Secretary  
MTA ATOMKI Pf .51  
H-4001 DEBRECEN, Hungary**

(tel/fax: +36 (52) 16-181, telex: 72 210 ATOM H)

V okviru konference bo organiziranih tudi več triurnih tečajev o uporabi različnih analitskih tehnik. Tečaji so namenjeni tako strokovnjakom iz industrije kot tudi raziskovalcem, ki bi se želeli seznaniti s posameznimi

tehnikami. Tečaje bodo vodili priznani predavatelji z različnih evropskih univerz in inštitutov. Obravnavane bodo naslednje tehnike: (a) Augerjeva elektronska spektroskopija in vrstična Augerjeva mikroskopija, (b) fotoelektronska spektroskopija, (c) statična in dinamična spektroskopija sekundarnih ionov, (d) RBS spektroskopija, (e) spektroskopija nizkoenergijskih sipanih ionov, (f) tunelska mikroskopija, (g) analitska elektronska mikroskopija, TEM/SEM in (h) priprava vzorcev za presevno elektronsko mikroskopijo presekov, XTEM.

Prijave za tečaj pošljite na naslov:

**Mrs. F. SCHMITZ  
Rue de la Briqueterie 66,  
B-4340 VILLERS L'EVEQUE**

(tel.: 32-2-235.93.13/236.14.23, fax: 32-2-235.80.72)

Vir: Drugo obvestilo organizatorjev, ki ga lahko dobite na vpogled pri uredniku Vakuumista.

### OBVESTILO

Naročnike Vakuumista vljudno prosimo, da s priloženo položnico poravnajo naročnino za leto 1991. Cena glasila (v tem letu bodo izšle tri ali štiri številke) je 150,00 din. Prosimo vas, da naročnino nakažete čimpej.

DVT Slovenije vabi vse svoje člane na ogled tovarne Saturnus, ki bo v četrtek 7. marca 1991 ob 11 uri. V program obiska je vključeno predavanje in ogled vakuumskih naprav, ki jih uporabljajo v redni proizvodnji avtomobilskih žarometov. Vse, ki se nameravate udeležiti obiska prosimo, da se predhodno prijavite po telefonu (061) 263-461 (Andrej Banovec, Lidija Koller). Število obiskovalcev je omejeno.

---



---

## NEKATERE NOVOSTI PROIZVAJALCEV VAKUUMSKE OPREME

---



---

Novi proizvodi firme **Vacuum Generators**:

- Pnevmatični vakuumski ventili, ki jih lahko pregrevamo do 450°C.
- Linearne in rotacijske prevodnice z magnetnim upravljanjem (dolžina pomikov od 305 do 1250 mm).
- Goniometer za natančno manipulacijo vzorcev v vakuumski posodi; možna je rotacija vzorca okrog treh osi in linearni pomiki po vseh treh oseh.

Firma **Balzars** se predstavlja z naslednjimi novostmi:

- Modulna proizvodna linija za polprevodniške tehnologije; naprava je sestavljena iz devetih vakuumsko ločenih procesnih postaj, kjer je možno narediti naslednje procese: nizko energijsko RF jedkanje, Ti, Si, TiW, TiN in Al/Cu/Si metalizacijo, hitro termično obdelavo, kemijsko nanašanje iz parne faze (CVD), reaktivno ionsko jedkanje (RIE) in pregrevanje. Vsi procesi so računalniško kontrolirani, medtem ko je zmogljivost naprave 60 rezin na uro.
- Turbomolekularna črpalka za srednji vakuum, ki lahko dela pri vhodnem tlaku 10 mbar; tak tlak lahko vzdržujemo npr. z membransko črpalko in se na ta način izognemo onesnaženju vakuumске posode s oljnimi parami.
- Konektorji za povezovanje optičnih vlaken.
- Naprava za ionsko prekrivanje, s katero lahko pripravimo kvalitetne optične prevleke na podlage večjih dimenzij (s premerom do 1 m).

Novi proizvodi firme **Edwards** so:

- Avtomatizirana kontrolna enota za črpalne sisteme, ki jih uporabljamo v laboratorijih za tanke plasti.
- UHV turbomolekularna črpalka z magnetnimi ležaji.

Firma **VAT** pošilja na tržišče:

- Mini UHV ploščni ventil (DN 25-50) na ročni ali pnevmatski pogon.
- Ventil z režo po MESA standardu, ki se odlikuje z zelo kratkimi časi zapiranja; plošča ventila se giblje brez trenja in brez treslajev.

Nov proizvod firme **Panmure Instruments** UHV je goniometer, ki zagotavlja zelo natančno kotno nastavitve vzorca, tarče ali detektorja (natančnost 0.05°). Firma **Megatech** ponuja nov sistem za zajemanje podatkov, ki ga lahko uporabimo pri vseh analizah optičnih spektrov (npr. za plazemsko diagnostiko pri plazemskem jedkanju, reaktivnem naprševanju, kemijskem nanosu iz parne faze ipd.)

Novost firme **Nordiko** je 10 cm RF ionski izvir z velikim ionskim tokom (0.5 A za O<sup>+</sup> ione) pri majhnih energijah ionov (~100eV).

Firma **Ohio-Tosoh SMD** ponuja nove indij-kositer oksidne (ITO) tarče, ki imajo veliko gostoto (75% teoretične gostote) in so zelo čiste. Iz njihovih tarč

lahko z naprševanjem pripravimo kvalitetne električno prevodne in presojne tanke plasti za HDTV in LCD prikazalnike, ter prekritja avionskih in avtomobilskih vetrobranskih stekel.

Firma **Park Scientific Instruments** se predstavlja z naslednjimi novimi vrstičnimi mikroskopi, ki imajo ultravisoko ločljivost:

- vrstični tunnelski mikroskop (Ambient Scanning Tunneling Microscope, STM), ki dela na zraku
- vrstični mikroskop na osnovi atomskih sil (Ambient Scanning Force Microscope, SFM), ki dela na zraku
- kombiniran STM/SFM mikroskop
- UHV vrstični tunnelski mikroskop.

Novosti firme **Huntington Mechanical Laboratories** sta:

- Nova rotacijska prevodnica, na katero je možno priključiti druge naprave in na ta način zagotoviti dodatne funkcije le-te, kot so linerni pomiki, dovod plina ali tekočine ipd.
- Infrardeča žarnica s kontrolno enoto, ki je namenjena pregrevanju (razplinjevanju) vakuumskih posod.

Firma **CTI-Cryogenics** kupcem ponuja nov kriočrpalni sistem, ki se odlikuje s hitro regeneracijo in ima računalniško upravljanje vseh komponent, ki so potrebne za optimalno delo sistema.

Novosti firme **Scanwel** so novi (ročni in elektropnevmatski) ventili in univerzalna mikroprocesna kontrolna enota za standardne vakuumске sisteme.

**VG Microtech** pošilja na trg nove izvedbe ionskih pušk. Ponujajo t.i. FAB (fast atom bombardment) izvedbo in puško z zelo ozkim ionskim curkom (20 μm).

Firma **VG Quadrupoles** se predstavlja z naslednjimi novostmi:

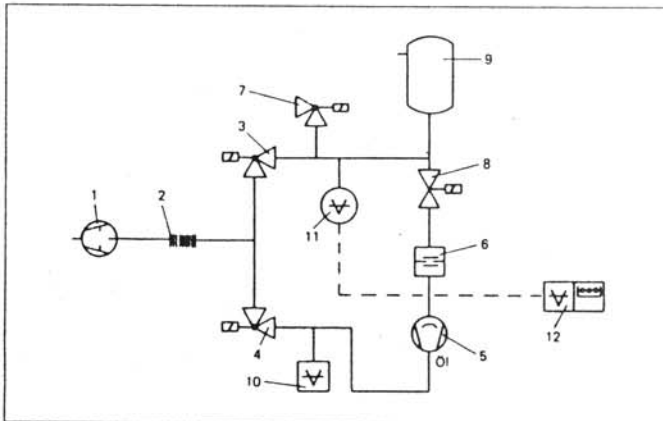
- Langimuir-jevo sondo
- Masnim spektrometrom za analizo plazemskih procesov
- Plinskim analizatorjem, ki je prirejen za merjenje plinov v različnih industrijskih procesih in pri raziskovalnem delu.

Uporabnikom ponujajo tudi potreben software za upravljanje analizatorja z osebnim računalnikom.

Novost firme **VG Microscopes** je vrstični presevalni mikroskop (Scanning transmission electron microscope), ki se odlikuje z zelo dobro ločljivostjo (0.22 nm pri 100 kV).










Vir: "Vacuum News" iz revije Vacuum, kjer najdete podrobnejše podatke o posameznih vakuumskih komponentah in napravah, kakor tudi točen naslov firm.

## Grafični simboli v vakuumski tehnologiji po DIN 28 401 standardu



- 1 vakuumski rotacijska črpalka
- 2 gibljiva cev
- 3 kotni ventil z elektromagnetnim pogonom
- 4 kotni ventil z elektromagnetnim pogonom
- 5 difuzijska črpalka
- 6 lovilnik
- 7 kotni ventil z elektromagnetnim pogonom
- 8 ventil z elektromagnetnim pogonom
- 9 vakuumski posoda
- 10 vakuumski merilnik
- 11 merilna glava
- 12 merilna kontrolna enota z digitalnim prikazalnikom

### Vakuumske črpalke

-  Vakuumska črpalka (Vacuum pump)
-  Rotacijska črpalka (Sliding vane rotary pump)
-  Vodna centrifugalna črpalka (Liquid ring vacuum pump)
-  Roots črpalka (Roots vacuum pump)
-  Turbomolekularna črpalka (Turbo-molecular pump)
-  Ejektorska črpalka (Ejector vacuum pump)
-  Difuzijska črpalka (Diffusion pump)
-  Adsorpcijska črpalka (Adsorption pump)
-  Geterska črpalka (Getter pump)



Sublimacijska črpalka (Sublimation pump)



Ionska črpalka (Sputter ion pump)



Kriočrpalka (Cryopump)

### Vakuumski sestavni deli



Past (Condensate trap)



Past s toplotnim izmenjevalnikom (Condensate trap with heat exchange)



Filter za pline (Gas filter)



Filtrska naprava (Filtering apparatus)



Lovilnik (Baffle)



Hlajeni lovilnik (Cooled baffle)



Hlajena past (Cold trap)



Past s hladilnikom (Cold trap with coolant reservoir)



Sorpcijska past (Sorption trap)

### Vakuumski merilniki



Merila glava (Gauge head)



Merilnik (Gauge control unit)



Merilnik s pisalnikom (Gauge control unit, with recorder)



Merilnik s prikazalnikom (Gauge control unit, with analog display)



Merilnik z digitalnim prikazalnikom (Gauge control unit, with digital display)





Merilnik pretoka  
(Measurement of throughput)

**Vakuumske posode**



Vakuumska posoda,  
(Vacuum chamber)



Vakuumski stekleni  
poveznik (Vacuum  
bell jar)

**Zapore**



Zapora (Shut-off  
device)



Ventil (Isolating valve)



Kotni ventil (Right  
angle valve)



Pipa (Isolating stop  
cock)



Tripotna pipa (Three-  
way stop cock)



Kotna pipa (Right  
angle stop cock)



Ploščni ventil (Gate  
valve)



Ventil z nihajnim  
pomikom (Quarte  
swing valve)



Nepovratni ventil  
(Non-return valve)



Varnostni ventil  
(Safety shut-off  
device)

**Pogon ventilov**



Ventil na ročni  
pogon (Manual drive)



Dozirni ventil  
(Dosing valve)



Ventil na elektromag-  
netni pogon (Electro-  
magnetic drive)



Ventil na hidravlični  
oz. pnevmatski  
pogon (Hydraulic or  
pneumatic drive)



Ventil na  
elektromotorni  
pogon (Electric  
motor drive)



Težnostni ventil  
(Weight driven)

**Vakuumske cevi in spoji**



Priključek s prirob-  
nico (Flange connec-  
tion)



Priključek s prirob-  
nico z vijaki (Flange  
connection, screwed)



Priključek z malo  
prirobnico (Small  
flange connection)



Priključek s prirob-  
nico in objemko  
(Clamped flange con-  
nection)



Vijačni cevni  
priključek (Threaded  
tube connection)



Križna povezava  
dveh cevi brez  
priključkov (Cross-  
over of two conduct-  
ing tubes without  
connection)



Gibljivi priključek  
(Flexible connection)



Linearna, gibljiva  
prevodnica s prirob-  
nico (Linear motion  
feedthrough, flange  
mounted)



Gibljiva prevodnica  
brez prirobnice  
(Linear motion  
feedthrough, without  
flange)



Linearno-rotacijska  
prevodnica  
(Feedthrough for  
rotary transmission  
and linear motion)



Rotacijska prevod-  
nica (Rotary trans-  
mission feedthrough)



Električna prevod-  
nica (Electric current  
feedthrough)

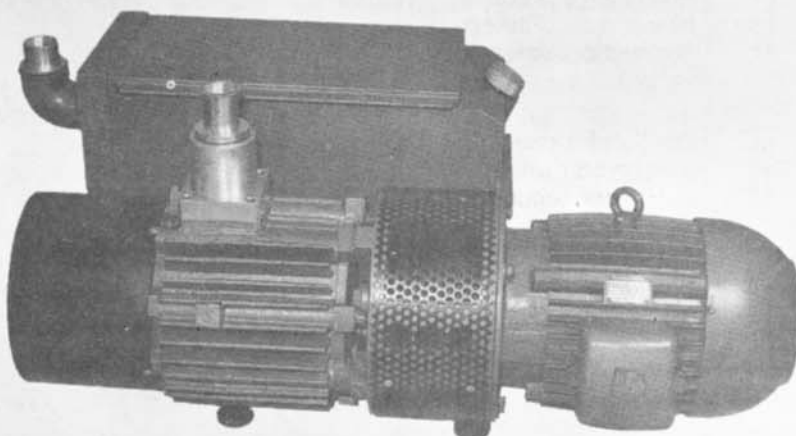
Grafični simboli v vakuumski tehnologiji po DIN 28401 standardu so v veljavi od novembra 1976.

## VAKUUMSKE ČRPALKE VACUUM PUMPS

PLS VAC E-10 do E-400 so oljno tesnjene rotacijske vakuumske črpalke, direktno priključene na motor. Rezervoar olja, ki ima vgrajen tudi oljni filter, je pritrjen na črpalke. Enosmerni ventil je vgrajen v sesalno cev in vzdržuje vakuum v posodi, ko se črpalke ustavi ter preprečuje vstop olja vanjo.

The PLS VAC E-10 to E-400 are oil-sealed rotary vane vacuum pumps, directly connected to the motor. The oil reservoir with a built-in oil filter is fitted beside the pump. The valve is incorporated in the intake port in order to maintain vacuum in the vessel when the pump is stopped and therefore prevent oil from flowing into the low pressure side.

model		E-10	E-20	E-40	E-100	E-250	E-400
črpalna hitrost (pumping speed)	m <sup>3</sup> /h	10	20	40	100	250	400
končni totalni tlak (ultimat. pressure, total)	mbar	0.5	0.5	0.5	3	3	3
maksimalna kol. olja (max. quantity of oil)	l	1.4	1.7	2	3	5	15
moč motorja (motor power)	kW	0.18	0.55	1.1	3.3	5.5	11
št. vrtljajev (rotation speed)	1/min	1400	1400	1400	1400	1400	1000
širina (wide)	mm	220	260	310	380	570	1060
višina (height)	mm	210	250	290	340	470	750
dolžina (length)	mm	400	530	535	820	980	1180



**E-250**

**LIPAR**

68333 Semič – Yugoslavia  
Telefon: (068) 56-197  
Telefax: (068) 56-455

## STROJI IN NAPRAVE ZA PAKIRANJE IN DOZIRANJE

### AVTOMATSKO PLANETARNO MEŠALO APM-50

MEŠALO APM-50 je namenjeno za gnetenje kvašenega testa, stepanje jajc in smetane ter mešanje peščenih in penastih mas v pekarnah, slaščičarnah in kuhinjah. Možno ga je uporabiti za homogenizacijo različnih mas v obratih kemične in farmacevtske industrije. Mešalni kotel je ogrevan z el. uporovnimi grelniki s termostatsko regulacijo temperature. Z vpenjalnimi ekscentri je kotel vpet na nosilne ročice, ki so premične po višini in gnane elektromotorno.

Za različne mase je možno uporabiti različna mešala, ki so zelo hitro zamenljiva. Hitrost mešala je nastavljiva brezstopenjsko (hitrost glavnega vretena je od 20 do 100 obr/min). Tehnološki postopek mešanja lahko poteka avtomatsko po programu, ki je nastavljen - hitrost vrtenja, pospeševanje, pojevanje in dvigovanje kotla.

Stroj je robustne konstrukcije in sodobno oblikovan, ne zahteva posebnega vzdrževanja in ima dolgo življensko dobo. Vsi deli, ki pridejo v stik z mešalno maso, so izdelani iz nerjavečega jekla.

### STROJ ZA PLASTIFICIRANJE

Stroj je namenjen za plastificiranje papirja, dokumentov, načrtov, slik in raznih drugih grafičnih izdelkov.

Plastificiranje je lahko enostransko ali obojestransko. Hitrost stroja in temperaturo valjev lahko nastavimo na vrednosti, ki ustrezajo debelini in kvaliteti folije.

max. delovna širina:	800 mm
max. debelina papirja:	2 mm
debelina folije:	od 0.03 do 0.25 mm
napetost in priključna moč:	220V, 4.3 kW
dimenzije stroja:	1170x620x900 mm
teža stroja:	100 kg, cca
zmogljivost:	do 7.5 m/min

### STROJ ZA KOSOVNO PAKIRANJE

Stroj za pakiranje SPZ 01 je namenjen za pakiranje ploščatih predmetov, npr. sladolednih žličk v papirnate vrečke, ki jih tudi sam izdelava iz dveh samolepilnih papirnatih trakov. Vrečke so medsebojno povezane, ločiti jih je možno po perforaciji.

Stroj je opremljen s škarjami, ki odrežejo skupino vrečk z žličkami. Število žličk v enem paketu (seriji) je poljubno nastavljivo. Podajanje žličk je avtomatično s pomočjo vibracijskega podajalnika.

širina vhodnega papirja:	100 mm
razmaki med žličkami:	38 mm
koristni prostor v vrečki:	88x28 mm
napetost, priključna moč:	220 V, 500 W
tlak stisnjenega zraka:	6 bar
dimenzije stroja:	1100x1100x1300 mm
zmogljivost:	3000 kosov/h

### STROJ ZA AVTOMATSKO DOZIRANJE IN PAKIRANJE

Pakiranje se opravlja v posebnih enotah (posodah), ki jih stroj sam oblikuje iz plastične folije. Folija (poliester, PVC, polipropilen, polietilen ipd.) se odvíja z bale. Stroj v eni liniji oblikuje posode, jih napolni z marmelado, medom ipd., posode hermetično zapre z aluminijasto folijo, jih izseka iz traku in odloži na transportni trak. Delovanje stroja je popolnoma avtomatsko. Krmiljen je z naj-sodobnejšimi elektronskimi elementi, ki zagotavljajo enostavno upravljanje in zanesljivo delovanje.

Vsi deli stroja, ki pri obratovanju prihajajo v stik s polnilno maso, so izdelani iz nerjavečega jekla.

Enostavna konstrukcija zagotavlja veliko zanesljivost delovanja. Krmiljenje je možno tudi z uporabo mikroprocesorja.

### STROJ ZA IZDELAVO VREČEK

Stroj izdeluje vrečke za različna pakiranja in sicer iz PVC (ali papir + PVC) cevi, ki je navita na jedro. Dolžino vrečke nastavlja poljubno, a stroj sam podaja PVC cev, jo reže in enostransko vari. Možna je tudi izvedba z vzdolžnim varjenjem vrečke po robu, t.i. izdelava vrečk iz dveh trakov. Stroj je izdelan v namizni izvedbi.

širina cevi (vrečke):	100 mm
dolžina vrečke:	20 do 1000 mm
napetost in priključna moč:	220 V, 300 W
tlak stisnjenega zraka:	6 bar
dimenzije stroja:	510x550x340 mm
zmogljivost: do	3000 kosov/h

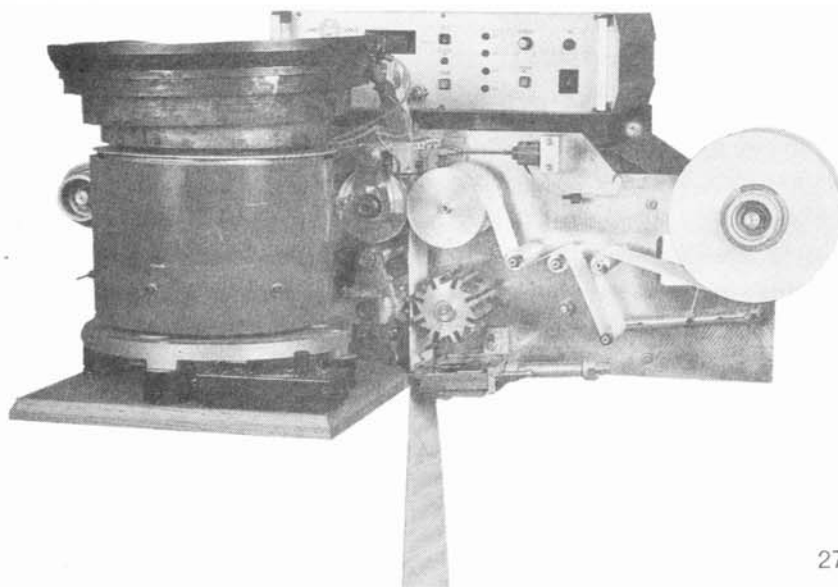
### STROJ ZA PAKIRANJE LANCET

Stroj za pakiranje SPL 01 je namenjen za kosovno pakiranje krvnih lancet, ki se uporabljajo v medicini. Stroj pakira lancete posamično, in sicer po dve istočasno v papirne vrečke, ki so med seboj povezane v serije po deset kosov. Posamične vrečke z že vpakirano lanceto so ločene s perforacijo. Vse operacije, kot je podajanje lancet, izdelava papirnih vrečk, rezanje in odlaganje v zalogovnik, so avtomatske.

širina vhodnega papirja:	110 mm
razmak med lancetami:	20 mm
koristni prostor v vrečki:	45x14 mm
dimenzije stroja:	1000x1000x1530 mm
napetost in priključna moč:	220 V, 700 W
zmogljivost:	5000 kosov/h

**LIPAR**  
68333 Semič - YU

tel.: (068) 56-197  
fax: (068) 56-455





VAKUUMSKA TEHNIKA – IZDELAVA IN SERVISIRANJE  
LABORATORIJSKE OPREME  
KAMBIČ ANTON  
68333 SEMIČ, tel. in fax (068) 56-200

Olja za vakuumske črpalke

## SI ŽELITE DOBER VAKUUM? BREZ TEŽAV Z DOBRIMI VAKUUMSKIMI OLJI

Na osnovi večletnih izkušenj ter potrditvi v praksi smo osvojili proizvodnjo naslednjih vakuumskih olj:

### VAKUUM OIL K2

- najboljše olje za vse vrste rotacijskih vakuumskih črpalk  
parni tlak:  $1 \times 10^{-4}$  mbar pri 80°C  
viskoznost: 15 mm<sup>2</sup>/s pri 100°C
- nadomešča uvozna olja kot so: N62; Edwards 15; OL P3

### VAKUUM OIL K3

- gostejše olje, ki ga priporočamo za že iztrošene črpalke  
parni tlak:  $1 \times 10^{-4}$  mbar pri 80°C  
viskoznost: 18.5 mm<sup>2</sup>/s pri 100°C  
embalaža: olje dobavljamo v posodah 5, 10, 25 in 200 litrov

### KADIFF OIL 33\*

- olje za difuzijske vakuumske črpalke  
parni tlak:  $1 \times 10^{-8}$  mbar pri 25°C  
viskoznost: 254 mm<sup>2</sup>/s pri 20°C  
embalaža: olje dobavljamo v plastenkah 1, 5, 10 litrov

Obenem dovolite, da vas opozorimo še na drugi

### PROIZVODNI PROGRAM:

Vakuumski sušilniki, zračni sušilniki in sušilniki za lak v laboratorijski in industrijski izvedbi  
Coil Coating - Hot Air Cyclus peči  
Testne komore, keramični kroglični mlini, liofilizatorji, viskozometri  
Aparati za koncentracijo odpadnih tekočin

Informacije in prodaja

"BELA KRAJINA" Obrtna zadruga Črnomelj, Ulica 21. oktobra 10, tel.:n.c.(068) 51-614, 51-446, fax: 51-318

\* Primerjavo difuzijskega olja KADIFF OIL 33 z Leybold-ovim oljem DIFFELEN smo naredili v tovarni kondenzatorjev Iskra Semič. Za test smo uporabili difuzijsko črpalko DI 30000, ki je sestavni del črpalnega sistema Leybold-ove naprave za metalizacijo kondenzatorskih folij A 500 B2 KZAS. Primerjali smo končni tlak v vakuumskem sistemu in hitrost izčrpavanja. Testi, ki so bili narejeni pri enakih pogojih kot veljajo za redno proizvodnjo, so pokazali, da se hitrost črpanja in končni tlak v vakuumski posodi za obe vrsti olj ne razlikujeta.



## VAKUUMSKI SUŠILNIKI



Tip: VS 50  
 Prostornina: 50 l  
 Notranje mere (šxvxg): 405x340x370 mm  
 Zunanje mere (šxvxg): 730x510x525 mm  
 Velikost polic: 320x390 mm  
 Priključna napetost: 220 V  
 Frekvenca: 50 Hz  
 Priključna moč: 1.52 kW  
 Merjenje in regulacija temperature: Pt 100, elektronska  
 Temperaturno območje: do 200°C  
 Število polic: 2  
 Prikaz temperature: digitalni  
 Število ogrevanih polic: 2  
 Regulacija temperature polic: elektronska, Pt 100  
 Prikaz temperature polic: digitalni  
 Prikaz temperature proizvoda: digitalni  
 Točnost temperature: 2 %  
 Prikaz vakuuma: mehanski vakuummeter  
 Hitrost črpanja in končni tlak: 3 m<sup>3</sup>/h, 10<sup>-2</sup> mbar

Vakuumski sušilniki so najprimernejši za sušenje temperaturno občutljivih materialov, ker vakuum omogoča učinkovito sušenje pri nizkih temperaturah. Zaradi velike hitrosti izparevanja vlage je čas sušenja krajši kot v navadnih sušilnikih. Razen tega pa je tudi preprečena vsakršna oksidacija sušenega materiala.

Standardna izvedba: Ohišje vakuumskega sušilnika je izdelano iz obarvane pocinkane pločevine, notranji del pa iz nerjaveče. Grelniki posebne izvedbe, z zelo veliko ogrevalno površino, so trdno pritrjeni na zunanji strani notranjega nerjavečega dela sušilnika. Steklена vrata so tesnjena s silikonskim tesnilom in imajo možnost nastavitve. Police v sušilniku so izdelane iz toplotno dobro prevodnega materiala. Izvedba s posebej ogrevanimi policami ima digitalni prikaz temperature polic in temperature proizvoda. Vakuumska črpalka je vgrajena v ohišje sušilnika. Regulator temperature je elektronski.

Posebne izvedbe: Na željo kupca izdelamo tudi druge velikosti laboratorijskih vakuumskih sušilnikov, ogrevanih z različnimi mediji in opremljenimi z različnimi vrstami vakuumskih črpalk.

## VAKUUMSKA TEHNIKA

**Pavle Pezdirc,**

**Kočevje 31 A, 68340 Črnomelj**

**tel. (068) 52-630**

### Program proizvodnje:

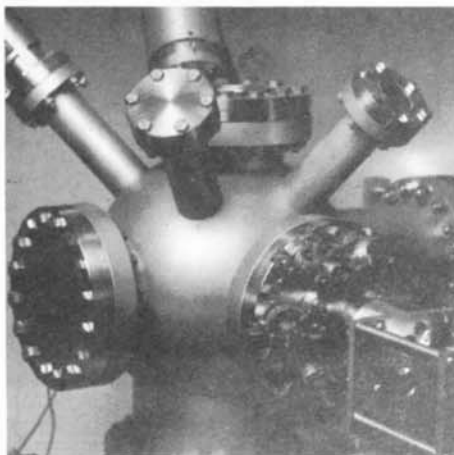
- brezoljne vakuumske črpalke
- eno in dvostopenjske oljno tesnjene vakuumske črpalke
- servisni aparati za hladilno tehniko
- vakuumski merilniki in preklopniki
- izdelava visoko vakuumskih sistemov
- stroji za vakuumsko pakiranje proizvodov

### Nudimo sledeče usluge:

- leak detekcija
- popravilo vseh vrst rotacijskih črpalk

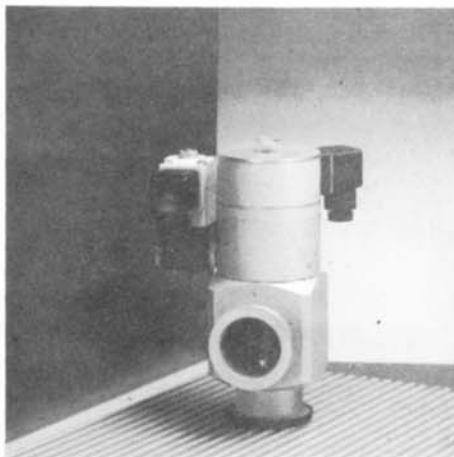
# IEVT

## RAZISKAVE, RAZVOJ, STORITVE:



- vakuumska, visokovakuumska in ultravakuumska tehnika
- vakuumske tehnologije
- tehnologije tankih plasti
- površinska analitika

## IZDELKI:



- vakuumske komponente in sistemi
- elementi za elektroniko
- optoelektronske komponente
- elektronska oprema
- naprave za medicino

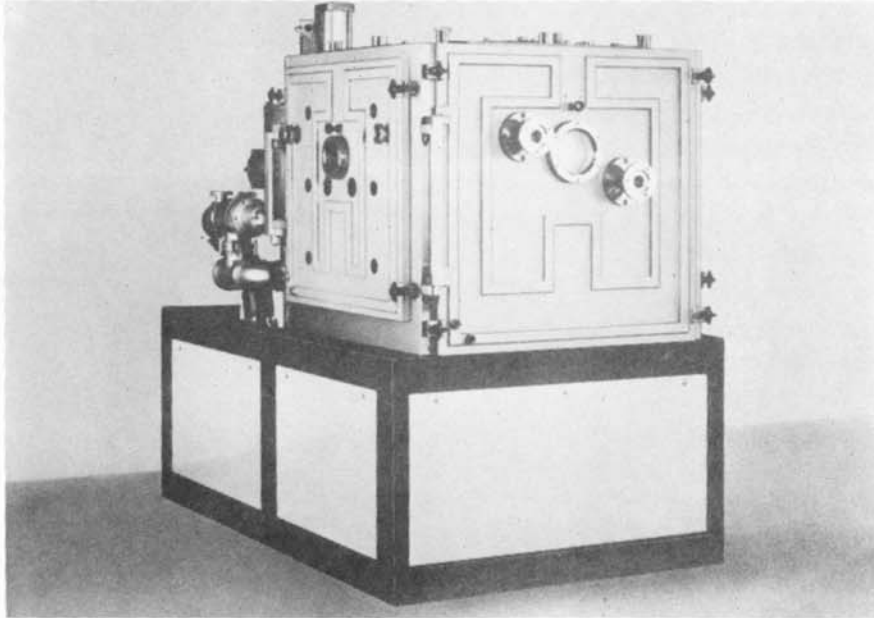
**ŽELIMO VAM USTREČI – POKLIČITE NAS !**

**INŠTITUT  
ZA ELEKTRONIKO  
IN VAKUUMSKO  
TEHNIKO**

61111 LJUBLJANA, TESLOVA ULICA 30, POB 59,  
JUGOSLAVIJA

Telefon: 061 267-341, 267-377, 263-461  
Telefax: 061 263-098, Telex: 31629 YU IEVT

# ERFOLG mit dünnen Schichten



Vollautomatische, industrielle Hartstoffbeschichtungsanlage (PVT 1000) für verschleißbeanspruchte Werkzeuge und Bauteile

Wenn auch Sie Erfolg haben wollen mit dünnen Schichten ist PVT für Sie die richtige Adresse. Wir bauen und liefern:

- **Dünnschichtanlagen**

- zum Sputtern,
- Arc-Verdampfen,
- auch kombiniert

- **Komponenten**

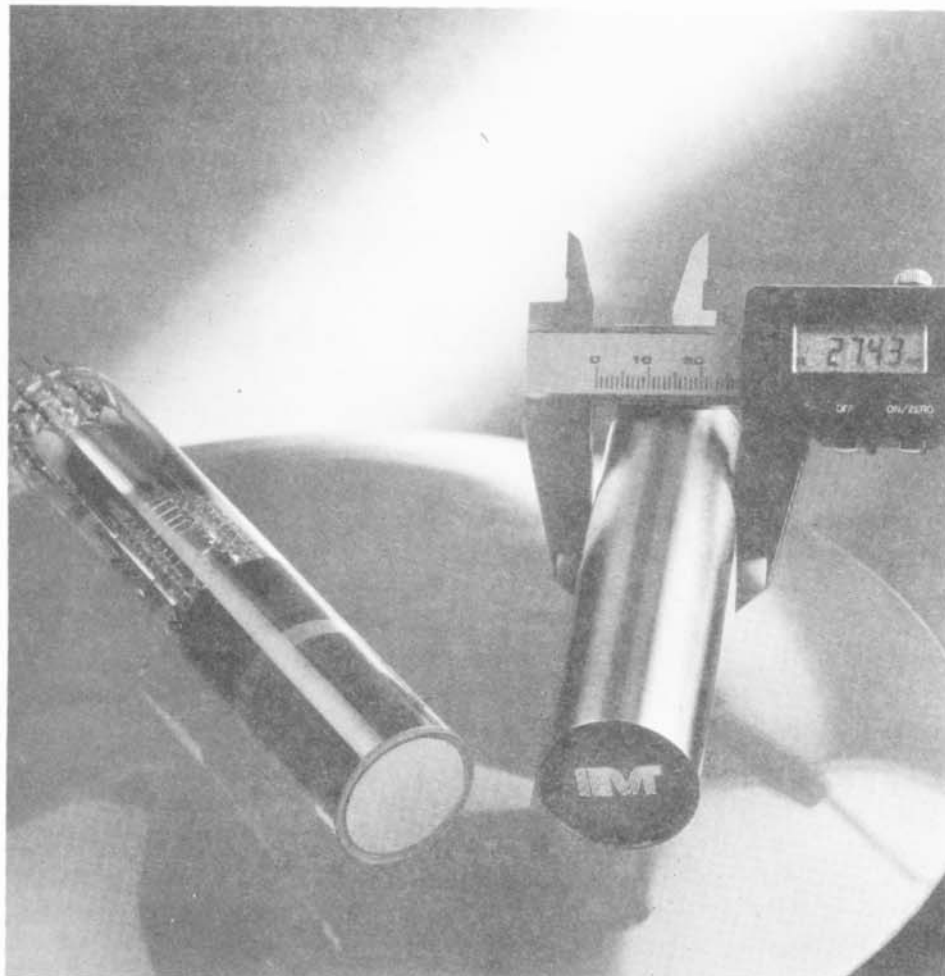
- Sputterquellen,
- Arc-Verdampfen

- **Lohnbeschichtung**

- (TiN, Ti(C,N) u. v. a.)



PVT Plasma und Vakuum Technik GmbH  
 Robert-Koch-Straße 14  
 D-6108 Weiterstadt  
 Telefon: (49) 6151/85001  
 Telex: 4197221  
 Telefax: (49) 6151/895592

**IEVT**

## MINIATURNE 1" KATODNE CEVI Z VISOKO LOČLJIVOSTJO

- **MKEM:** elektromagnetni odklon, visoka svetilnost, odlična linearnost, zaslon iz vlaknaste optike
- **MKES:** elektrostatski odklon, nizka masa, nizka poraba

**IEVT** INŠTITUT  
ZA ELEKTRONIKO  
IN VAKUUMSKO  
TEHNIKO

61111 LJUBLJANA, TESLOVA ULICA 30, POB 59,  
YUGOSLAVIA  
Telefon: 061 267-341, 267-377, 263-461  
Telefax: 061 263-098 Telex: 31629 YU IEVT