



Fig. IV.

VAKUUMIST

ČASOPIS ZA VAKUUMSKO ZNANOST, TEHNIKO IN TEHNOLOGIJE, VAKUUMSKO
METALURGIJO, TANKE PLASTI, POVRŠINE IN FIZIKO PLAZME



Fig. II.

LJUBLJANA, SEPTEMBER 2016

ISSN 0351-9716

LETNIK 36, ŠT. 2

UDK 533.5.62:539.2:669-982



JSM-7800F
Field Emission Scanning Electron Microscope

JSM-7800F

FEG Scanning Electron Microscope

Featuring our latest Super Hybrid Lens
Search and observe specimens with ease, and with zero rotation.

Semi in-lens
Giving you better resolution at the same working distance.

Field free objective lens
Improved performance for imaging magnetic materials.

Superior low kV resolution
Producing better images of insulating materials.

Gentle Beam mode
Extremely high resolution at very low kV

Optional Electron Detectors
Available with four different Electron Detectors, all operating simultaneously.

SCAN, D.O.O., PREDDVOR
BREG OB KOKRI 7
SI-4205 PREDDVOR
SLOVENIA, EU

JEOL
www.jeol.com

TEL: 00386 4 2750 200
FAX: 00386 4 2750 240
E-MAIL: INFO@SCAN.SI

VAKUUMIST 36/2, september 2016

VSEBINA

ČLANKI

| | |
|---|----|
| Korozija aluminija in njegovih zlitin Gregor Žerjav, Matjaž Finšgar | 4 |
| Trde prevleke iz laboratorija v industrijo Stanislav Južnič | 11 |
| Vakuum predsednikovega brata? Stanislav Južnič | 17 |

DRUŠTVENE NOVICE

| | |
|---|----|
| Prvo posvetovanje o uporabi plazme v kmetijstvu Miran Mozetič | 24 |
| Naše društvo je junija 2016 V Portorožu organiziralo združeno vakuumsko konferenco JVC-16 in evropsko vakuumsko konferenco EVC-14 Janez Kovač | 27 |
| Vabilo na strokovno ekskurzijo v podjetje Odelo v Preboldu in na občni zbor društva DVTS dne 9. 11. 2016 Janez Kovač | 31 |
| Sporočilo za javnost – Turbomolekularne in membranske črpalke v laboratoriju, analitiki in biotehnologiji | 32 |

VAKUUMIST

Časopis za vakuumsko znanost, tehniko in tehnologije, vakuumsko metalurgijo, tanke plasti, površine in fiziko plazme

Izid publikacije je finančno podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz naslova razpisa za sofinanciranje domačih znanstvenih periodičnih publikacij

Glavni in odgovorni urednik: doc. dr. Miha Čekada

Uredniški odbor: dr. Matjaž Finšgar, dr. Jože Gasperič, prof. dr. Monika Jenko, dr. Stanislav Južnič, prof. dr. Marta Klanjšek Gunde, doc. dr. Janez Kovač, prof. dr. Urška Lavrenčič Štangar, dr. Peter Panjan, mag. Andrej Pregelj, dr. Drago Resnik, doc. dr. Alenka Vesel, prof. dr. Franc Zupanič

Tehnični urednik: Miro Pečar

Lektor: dr. Jože Gasperič

Korektor: dr. Matjaž Finšgar

Oblikovanje naslovnice: Ignac Kofol

Tisk: NONPAREL, d. o. o., Barletova 4z, 1215 Medvode

Naklada: 300 izvodov

Vakuumist on-line: <http://www.dvts.si/arhiv>

Letna naročnina: 25 EUR

ISSN 0351-9716

UDK 533.5.62:539.2:669-982

Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije

Teslova 30

1000 Ljubljana

Tel. (01) 477 66 00

E-pošta: info@dvts.si

Domača stran društva: <http://www.dvts.si>

Številka transakcijskega računa pri NLB: 02083-0014712647

Uredništvo Vakuumista

doc. dr. Miha Čekada

glavni in odgovorni urednik Vakuumista

Institut »Jožef Stefan«

Jamova 39

1000 Ljubljana

e-pošta: miha.cekada@ijs.si

tel.: (01) 477 38 29

faks.: (01) 251 93 85

KOROZIJA ALUMINIJA IN NJEGOVIH ZLITIN

Gregor Žerjav, Matjaž Finšgar

STROKOVNI ČLANEK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

POVZETEK

V članku so predstavljene lastnosti aluminija in njegovih zlitin. Posebna pozornost je namenjena sestavi aluminijevih zlitin ter vplivu sestave na njihovo korozijsko odpornost. V nadaljevanju članka so predstavljene različne vrste korozije, ki jim je izpostavljen aluminij in njegove zlitine. Vrsta korozijskega napada je odvisna predvsem od okolja, kateremu je izpostavljen aluminij in njegove zlitine, ter od sestave zlitin. Predstavljene so tudi različne oblike protikorozijske zaščite aluminija in njegovih zlitin.

Gljučne besede: korozija, aluminij, aluminijeve zlitine, protikorozijska zaščita

Corrosion of aluminum and its alloys

ABSTRACT

This article discusses properties of aluminum and its alloys and how the composition of aluminum alloys affects their corrosion resistance. The article also presents different corrosion types, which attack aluminum and its alloys. The type of corrosion attack depends primarily on the environment in which the aluminum and its alloy are exposed and in the case of alloys, their composition. Moreover, this article also presents different ways of corrosion protection of aluminum and its alloys.

Keywords: corrosion, aluminum, aluminum alloys, corrosion protection

1 UVOD

Aluminij se po navadi obravnava kot drugi (za železom) najpomembnejši material. Aluminij je tretja najpogostejša kovina v zemeljski skorji in na sploh četrta najpogostejša kovina. Ta kovina ima posebne mehanske lastnosti glede na njeno nizko gostoto, ki je $2,7 \text{ g/cm}^3$, kar je nekoliko manj kot tretjina gostote za jekla. Cena materiala je relativno nizka in njegove zlitine zagotavljajo visoko razmerje med trdnostjo in maso. Aluminij in njegove zlitine so nemagnetne in imajo visoko električno in toplotno prevodnost.

Aluminij in aluminijeve zlitine lahko zlahka obdelujemo z velikim številom kovinsko obdelovalnih

tehnologij, še posebej gre poudariti tehnologijo iztiskovanja ali ekstruzijo aluminija in aluminijevih zlitin. Pri tem procesu vročo kovino stisnemo skozi nastavek in tako dobimo izdelke z želeno obliko oziroma profilom. Ta lastnost omogoča uporabo aluminija in njegovih zlitin v različnih profilih. Reciklaža in ponovna uporaba aluminija in aluminijevih zlitin je popolna, kar pomeni, da so reciklirana kovina in izdelki iz nje zelo primerljive kakovosti in lastnosti kakor pred reciklažo [1].

2 ALUMINIJEVE ZLITINE

Pri aluminijevih zlitinah na splošno govorimo o zlitinah, ki se ne dajo toplotno obdelovati (serija 1xxx, 3xxx, 4xxx in 5xxx), in tistih, ki se dajo (serije 2xxx, 6xxx in 7xxx). Za zlitine, ki se ne dajo toplotno obdelovati, splošno velja, da imajo visoko odpornost proti splošni koroziji. V **tabeli 1** so predstavljene sestave in lastnosti aluminijevih zlitin [2].

Zlitine serije 1xxx so tehnično čiste in vsebujejo najmanj 99 % aluminija. V primerjavi z drugimi zlitinami aluminija imajo zelo majhno trdnost, vendar zelo visoko sposobnost oblikovanja in obdelovanja. Zlitine serije 3xxx (zlitine Al-Mn-Mg in Al-Mn) imajo podobne značilnosti kot serija 1xxx, vendar višjo trdnost. Zlitine serije 4xxx (zlitine Al-Si) imajo manjšo trdnost in se uporabljajo za spajkanje in varjenje izdelkov ter za oblaganje arhitekturnih izdelkov. Te zlitine postanejo sive po anodizaciji. Silicij ima le majhen efekt na korozijsko vedenje teh zlitin. Zlitine serije 5xxx (Al-Mg) so najtrše med zlitinami aluminija, ki se ne dajo toplotno obdelovati. Magnezij je med najbolj topnimi elementi v aluminiju. Te zlitine so v primerjavi z drugimi bolj odporne proti

Tabela 1: Sestava in lastnosti aluminijevih zlitin [2,3]

| Serija | Sestava | Natezna trdnost (MPa) | Tališče (°C) | Gostota (kg m ⁻³) | Toplotna prevodnost pri 20 °C (W m ⁻¹ K ⁻¹) | Električna upornost pri 20 °C (10 ⁻³ μΩ m) |
|--------|------------------------|-----------------------|--------------|-------------------------------|--|---|
| 1xxx | Al | 70–175 | 645–660 | 2700–2720 | 225–243 | 26,7–33,9 |
| 2xxx | Al-Cu-Mg (1–2 % Cu) | 170–310 | 502–645 | 2760–2840 | 113–193 | 34–62 |
| 3xxx | Al-Cu-Mg-Si (3–6 % Cu) | 380–520 | | | | |
| 3xxx | Al-Mn-Mg | 140–280 | 629–657 | 2710–2730 | 159–193 | 34–43 |
| 4xxx | Al-Si | 105–350 | 575–630 | 2680 | 163 | 40 |
| 5xxx | Al-Mg (1–2 % Mg) | 140–280 | 574–657 | 2640–2710 | 117–201 | 32–59 |
| 5xxx | Al-Mg-Mn (3–6 % Mg) | 280–380 | | | | |
| 6xxx | Al-Mg-Si | 150–380 | 570–655 | 2690–2710 | 153–218 | 29–43 |
| 7xxx | Al-Zn-Mg | 380–520 | 477–645 | 2780–2830 | 137–180 | 36–52 |
| 7xxx | Al-Zn-Cu-Mg | 520–620 | | | | |

splošni koroziji v šibko bazičnem mediju. Uporabljajo se predvsem za dekorativne gradbene elemente.

Med zlitinami, ki jih je mogoče toplotno obdelovati, so zlitine serije 6xxx (Al-Mg₂Si, zmerno trdne aluminijeve zlitine), primerljivo odporne proti splošni koroziji, kot so zlitine, ki se ne dajo toplotno obdelovati. Te zlitine se uporabljajo zelo pogosto v izdelkih za avtomobilsko industrijo, ker jih je lahko preoblikovati in jih je mogoče utrditi. Tudi zlitine serije 7xxx, ki ne vsebujejo bakra, so odporne proti splošni koroziji.

Druge zlitine, ki se dajo toplotno obdelovati, imajo bistveno slabšo odpornost proti splošni koroziji. To so zlitine serij 2xxx (Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Cu-Si-Mg) in 7xxx (Al-Zn-Mg-Cu, torej tiste iz te serije, ki vsebujejo baker). To je posledica prisotnosti bakra v zlitinah, ki pa bistveno poveča trdnost materiala, kar se uporablja v letalski in vesoljski tehnologiji.

3 KOROZIJA ALUMINIJA

Odpornost proti koroziji ultračistega aluminija je višja kot aluminija z neko stopnjo nečistoč. Ko govorimo o visoki korozijski odpornosti aluminija, imamo po navadi v mislih aluminij s tvorjeno oksidno površinsko plastjo. V Pourbaixovem diagramu so predstavljeni termodinamski pogoji, pri katerih so oksidi stabilni (slika 1). Oksidna plast je stabilna v pH-intervalu med okoli 5 in 8,5 (najbolj stabilna je pri pH 5). Meje pasivnega območja se lahko spreminjajo s temperaturo, specifično obliko nastale oksidne prevleke ter s prisotnostjo snovi, ki jih lahko tvorijo z aluminijem topne komplekse ali netopne soli. V kislem aluminij korodira do Al³⁺, v bazičnem pa se tvori aluminat (AlO₂⁻). V kislem mediju se aluminij raztopi v Al³⁺ po enačbi:



V bistvu se raztopi oksidna plast in nastanejo ioni Al³⁺.



Obstaja nekaj izjem, kjer aluminij korodira počasneje kot navadno pri kislem mediju. Primer je očetna kislina, dušikova kislina (koncentracije višje od 80 %) in žveplove kislina (koncentracije 98–100 %). Čist aluminij je odporen proti koroziji v 25-odstotni žveplove kislini pri sobni temperaturi, kjer je hitrost razpadanja med 0,18 in 0,3 mm na leto. Vendar protikorozijska odpornost pada z večanjem vključkov v aluminijevih zlitinah. V kromovi in žveplove kislini ali mešanici le-teh lahko debelino oksidne plasti povečamo z anodizacijo. Spodbudi se raztapljanje aluminija in tvorjenje oksidov na površini. Hitrost raztapljanja oksidne plasti je nižja kakor hitrost na-

stajanja novih oksidov. Nastanejo homogene protikorozijsko zaščitne plasti.

Prav tako je korozija počasnejša od običajne za alkalen medij v amonijevem hidroksidu koncentracije višje od 30 %. Korozijska odpornost se predpisuje nastanku tanke pasivne plasti aluminijevega oksida, ki ima nizko prevodnost in zavira katodni del korozijske reakcije. V kloridnih raztopinah lahko pride do nastanka jamičaste korozije. V alkalnih raztopinah se aluminij raztaplja po naslednji reakciji:

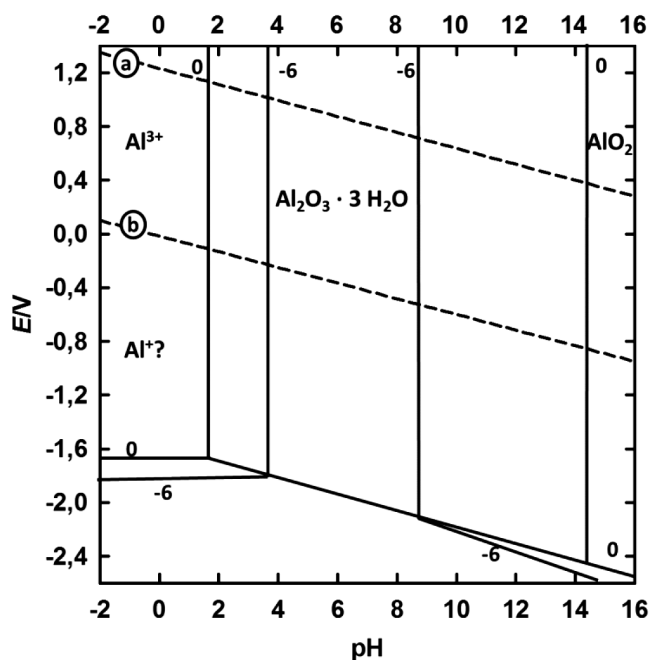


Oksidna plast se raztaplja po enačbi:



Korozijska hitrost aluminija je zelo hitra tudi v bazičnih raztopinah NaOH ali KOH. Zlitine z vsebnostjo magnezija okoli 4 % so bolj odporne proti koroziji v alkalnih raztopinah kot druge aluminijeve zlitine.

Kot že omenjeno, je najpomembnejša lastnost aluminija ta, da na svoji površini tvori plast, ki je sestavljena iz oksidov. Oksidna plast je močno vezana s površino aluminija in pomeni pregrado. Debelina oksidne plasti, tvorjene v zraku pri sobni temperaturi, je približno 5–10 nm. Debelejše plasti lahko tvorimo pri višjih temperaturah s potopitvijo v vodo pri temperaturi vrelišča ali pa z uporabo pare. Kadar pride do poškodbe oksidne plasti, se plast v večini okoljih obnovi in ponovno ščiti aluminij pred korozijo. V okoljih, v katerih se oksidna plast ne more ponovno obnoviti, pride do korozije aluminija.



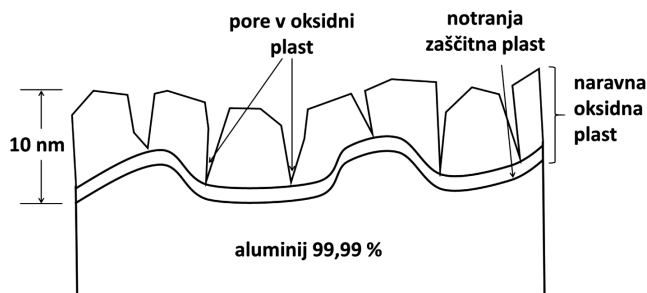
Slika 1: Pourbaixov diagram za sistem Al/H₂O pri 25 °C [2, 4, 5]

Slika 2 prikazuje, kako je naravna oksidna plast, tvorjena v normalni atmosferi, sestavljena iz dveh plasti. Tik ob kovini se v nekaj milisekundah tvori kompaktna amorfna zaščitna plast oksidov, ki deluje kot prepreka. Ta zaščitna prepreka se nemudoma in neodvisno od temperature tvori na površini aluminija, kadar le-ta pride v stik z zrakom. Temperatura vpliva na končno debelino notranje zaščitne plasti. Na površini notranje zaščitne plasti se zaradi reakcije z okoljem tvori debelejša, porozna plast hidratiziranega oksida. Kemijske lastnosti oksidov vplivajo na korozijske lastnosti aluminija in njegovih zlitin. Porozne plasti oksidov dosežejo končno debelino šele po dolgoročni izpostavitvi aluminija korozivnemu mediju.

Pri nizkih temperaturah se pretežno tvori bajerit (aluminijev hidroksid, $\text{Al}(\text{OH})_3$), medtem ko pri visokih temperaturah bemit ($\text{AlO}(\text{OH})$). Med procesom staranja aluminijevega hidroksida, ki je sprva v amorfni obliki, se lahko tvorijo tudi druge oblike aluminijevega hidroksida, kot so gipsit ali hidragilit. Te se tvorijo predvsem takrat, kadar so prisotni ioni alkalijske kovine. Zaščitna plast oksidov se v vodi ali vodni pari preneha tvoriti pri temperaturi višji od $230\text{ }^\circ\text{C}$ in ves aluminij, ki je bil izpostavljen korozivnemu mediju, se pretvori v oksid.

Naravna oksidna plast je rezultat ravnotežja, ki teži k tvorjenju kompaktne zaščitne plasti, in sile, ki teži k uničenju le-te. V okoljih, kot je na primer vroč zrak, kjer je odsotna destruktivna sila, je naravna oksidna plast sestavljena le iz kompaktne zaščitne plasti. V primeru prevelike destruktivne sile je hidratizacija zaščitne plasti hitrejša kakor njena tvorba, kar ima za posledico zelo tanko zaščitno plast. Le v okoljih, kjer sta sili v ravnotežju, nastanejo relativno debele naravne oksidne plasti [2, 4, 5].

Vpliv kisika na korozijo aluminija je signifikanten. To je še posebej izrazito v kisljih raztopinah, kjer je vpliv kisika na korozijo bolj izrazit kot za druge kovine. V deaeriranih raztopinah je korozija aluminija počasna. Vodik in dušik ne vplivata na korozijo aluminija (njuna prisotnost bo vplivala le na koncentracijo kisika). Zanimivo je, da CO_2 in H_2S malenkost



Slika 2: Shema naravne oksidne plasti, ki se tvori na površini aluminija [2].

upočasnita hitrost korozijske reakcije, kar je v nasprotju z jekli. V vodnih raztopinah H_2S nastane jedkanje aluminija, vendar počasneje, kot je to pri bakru ali jeklih. Po drugi strani pa je hitrost korozije aluminija v HCl zelo hitra.

Korozijska hitrost aluminija se upočasnjuje z zniževanjem temperature (pod sobno temperaturo). Po drugi strani pa se z višanjem temperature povečuje hitrost korozije do temperature okoli $80\text{ }^\circ\text{C}$. Pri višanju temperature nad okoli $80\text{ }^\circ\text{C}$ pa se hitrost korozije ponovno zmanjšuje. Raztopine, ki vsebujejo bakrove in kloridne ione so za aluminij zelo korozivno občutljive. Po drugi strani pa silikati in kromati inhibirajo korozijo aluminija v alkalnem.

3.1 Galvanska korozija aluminija

Aluminij in njegove zlitine imajo pogosto bolj negativni korozijski potencial kot mnoge kovine in zlitine. Zato bodo pri električnem kontaktu aluminij ali aluminijeve zlitine predstavljale anodo glede na drug kovinski material in bo prišlo do galvanske korozije [6].

Za nevaren električen stik aluminija in njegovih zlitin se vedno ima, kadar imamo opravka z bakrom in njegovimi zlitinami. Zanimiv primer je stik aluminijevih zlitin, ki so pogosto okrasni detajli (npr. ograj), z impregniranim lesom, saj se kot impregnacijsko sredstvo pogosto uporablja modra galica.

Stik aluminija in njegovih zlitin z nerjavnimi jekli ni zelo problematičen v okolju (tudi industrijskem), kjer v ozračju ni mnogo soli. Po drugi strani pa je hitrost galvanske korozije v zadnjem primeru mnogo hitrejša ob takšnem stiku v območjih morske obale ali v morski vodi. V nekaterih naravnih vodah pa lahko pride ravno do obratnega efekta – korozije nerjavnih jekel in zaščite aluminija. To sledi iz dejstva, da je korozijski potencial aluminija ali aluminijevih zlitin bolj pozitiven kot tisti za nerjavna jekla v tem mediju. Treba je poudariti, da bomo takšne primere zasledili zelo redko.

Pri električnem stiku cinka in aluminija ali aluminijevih zlitin pomeni cink anodo v mnogih nevtralnih in kisljih medijih. Torej bo prišlo do oksidacije cinka. Obratno je v mnogih alkalnih medijih, kjer se korozijski potenciali spremenijo tako, da je aluminij anoda glede na cink. Prav tako je korozijski potencial magnezija pogosto bolj negativen od korozijskega potenciala aluminija.

Ker je korozijski potencial aluminija bolj negativen od mnogih kovin in zlitin, razen od tistega za cink in magnezij, je treba biti pazljiv pri stikih teh kovinskih materialov še posebej, če je površina aluminija in njegovih zlitin majhna v primerjavi z bolj žlahtnim materialom. Pogosto se takšno galvansko korozijo

rešuje z izolacijo in preprečevanjem kontakta kovinskih materialov [6].

3.2 Interkristalna korozija (angl. *intergranular corrosion*)

Kadar gledamo na kovino na nivoju kristalnih zrn, lahko korozija poteka na dva načina. Lahko se širi v vse smeri in vpliva na vsa kristalna zrna komponent, ki tvorijo kovino oziroma zlitino. Tej koroziji rečeno transkristalna korozija in se širi s kristalnimi zrni ter tako prizadene celotno kovino. Interkristalna korozija se pojavi na mejah kristalnih zrn in v njihovi okolici ter v nasprotju s transkristalno korozijo prizadene manjše območje kovine oziroma zlitine. Kristalna zrna niso prizadeta in delujejo kot katoda, medtem ko so kristalne meje korodirajočega materiala anodne. Razlika v potencialih mora biti vsaj 100 mV, da pride do poteka korozije. Interkristalna korozija lahko nastopa sama ali v povezavi z jamičasto korozijo. Interkristalna korozija prodira hitreje v notranjost materiala kakor jamičasta. Globina prodiranja je omejena z transportom kisika (pri jamičasti koroziji) in korozijskih produktov, saj so nastale špranje zelo ozke. Ko doseže končno globino se začne korozija širiti lateralno po celotni površini kovine [2, 3].

V aluminijevih zlitinah, kot so Al-Mg ali Al-Zn-Mg-Cu, so oborine Mg_2Al_3 , $MgZn_2$ in Al_3Zn_3Mg bolj anodne kakor preostala matrica. V Al-Cu-zlitinah pa so oborine $CuAl_2$ in Al_3Cu_3Mg bolj katodne od preostanka matrice. V obeh primerih pride do korozijskega napada na mejah kristalnih zrn. Dovzetnost zlitine na interkristalno korozijo lahko nadzorujemo z pravilno pripravo zlitin, saj tako lahko vplivamo na velikost, število in razporeditev kristalnih zrn v zlitini. Vplivamo lahko tudi s pravilno izbiro legirnih elementov in količino le-teh v zlitini. Hitro ohlajanje zlitin serije 2xxx ima za posledico boljšo odpornost proti interkristalni koroziji. Serija 5xxx z manj kot 3 % magnezija je odporna v primerjavi s interkristalno korozijo, pojavi se le, kadar so zlitine dolgoročno izpostavljene visokim temperaturam (nad 100 °C), kislinskim medijem (npr. kislina raztopina amonijevega nitrata pri temperaturi večji od 150 °C) ali vodnim medijem pri temperaturi višji od 80 °C. Zlitine serije 5xxx z več kot 3 % magnezija so dovzete za interkristalno korozijo, saj nastaja anoden Mg_2Al_3 . Protikorozijska odpornost serije 5xxx na interkristalno korozijo pada z večanjem deleža magnezija, z daljšim časom izpostavitve korozivnemu okolju in večanjem temperature le-tega.

Serije 6xxx so manj dovzete za interkristalno korozijo kakor seriji 2xxx in 7xxx. Tukaj nastane $MgSi_2$, ki spodbudi nastanek korozije. Pri seriji 7xxx je komponenta $MgZn_2$ tista, ki je napadena med

interkristalno korozijo. Odpornost zlitin 7xxx lahko povečamo s kaljenjem [2,4].

3.3 Luščenje (angl. *exfoliation*)

To je posebna oblika interkristalne korozije, saj lahko poteka vzdolž mej kristalnih zrn. Korozijski produkti, ki so nastali med mejami kristalnih zrn, povzročijo trenje med kristalnimi zrni in posledično luščenje in nabrekanje ter dvigovanje plasti materiala. Luščenje se pojavi predvsem pri produktih, kjer je kovina uporabljena v tankih plasteh oziroma ploščah, kjer so kristalna zrna podolgovate oblike. Pojav luščenja spodbujajo povečana temperatura, prisotnost soli v okolju in uporaba sredstev za odmrzovanje. Primer tega je uporaba aluminijeve zlitine 2024 za izdelavo avtomobilskih koles, pri katerih niso ugotovili pojava korozije pri uporabi v suhem okolju. Samo v nekaj letih uporabe v hladnem in mokrem okolju, kjer so pogosto solili cestišča med zimskim časom, so na istem materialu opazili pojav luščenja.

Seriji zlitin 1xxx in 3xxx sta najbolj odporni proti pojavu luščenja. Pojav pa so ugotovili pri seriji 5xxx, kadar so bile zlitine hladno obdelane in uporabljene v morskem okolju. Pri serijah 2xxx in 7xxx se luščenje pojavi le pri zlitinah, ki imajo podolgovata kristalna zrna. Na primer plošča iz zlitine 2024 debeline 13 mm je bila pri preizkusih bolj dovzeta za luščenje kakor plošča debeline 50 mm ali več. Izdelki, narejeni z ekstruzijo so manj dovzetni za luščenje, saj so se kristalna zrna rekristalizirala. Tako lahko rečemo, da na pojav luščenja lahko vplivamo s pravilno izbiro postopka obdelave in priprave zlitin, saj le-ta med drugim tudi določa obliko kristalnih zrn v zlitini [2–4].

3.4 Jamičasta korozija (angl. *pitting corrosion*)

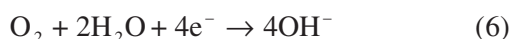
Za jamičasto korozijo je značilen pojav vdolbin in jamic nepravilnih oblik na površini kovine. Premer in globina jamic je odvisna od vrste materiala, korozivnega medija in od lastnosti okolja, kateremu je izpostavljen aluminij in njegove zlitine. Jamičasta koroziji aluminija poteka predvsem v medijih z nevtralnim pH, kot so morska voda, vlažen zrak, površinske vode itn. Korozijski produkti, ki nastanejo pri koroziji aluminija, pokvarijo estetski videz izdelka, saj se nalagajo na površini aluminija v obliki belih kosmičev. Velikost kosmičev je večja kakor jamice, katere prekrivajo (slika 3). Korozija se bo pojavila že nekaj tednov po permanentnem stiku aluminija z vodnimi mediji. Število jamic na površini aluminija se poveča z naraščanjem temperature vodnega medija.

Prisotnost kloridnih ionov spodbudi nastanek jamičaste korozije. Kloridni ioni se vežejo na naravno oksidno plast, čemur sledi deformacija oksidne plasti

v najšibkejših točkah in nastanek nekaj nanometrov širokih razpok. Rast razpok se po nekaj dnevih ustavi in razpoke se repasvirajo. Pri ponovni polarizaciji repasvirane razpoke mirujejo in pojavijo se nove. Na katodnih področjih se kisik počasi reducira. Ta področja so medkristalne faze pod oksidno plastjo, ki jih le-ta prekriva. Plast na površini razpoka in aluminij se hitro oksidira, pri čemer nastane kompleksen kloridni intermediat AlCl_4^- . Na dnu jamice se ustvari anoda, na kateri poteče reakcija oksidacije:



Zunaj jamice poteče reakcija redukcije na katodi: vodni medij:

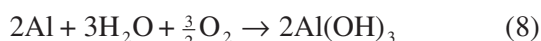


kisli medij:



Pri stabilni anodi nastane vedno večja jamica, nastajanje ionov OH^- in porabljanje ionov H^+ bo lokalno vodilo do prebitka ionov OH^- in alkalnega pH korozivnega medija.

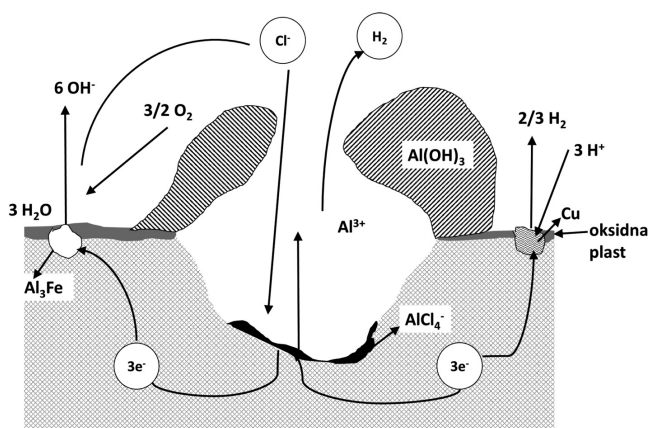
Splošna enačba jamičaste korozije na površini aluminija je:



Raztapljanje aluminija z nastankom ionov Al^{3+} na dnu jamice vodi do nastanka električnega polja, ki privlači ione Cl^- na dno jamice, kemijsko nevtralizira raztopino in spodbudi nastanek aluminijevih kloridov. Enačba prikazuje hidrolizo aluminijevih kloridov ali kompleksa AlCl_4^- :



Zaradi tega se korozivni medij na dnu jamice zakisa do pH 3, postane agresiven in kot posledica se jamica začne širiti in večati. Ioni Al^{3+} , koncentrirani na dnu jamice, difundirajo proti izhodu iz jamice in prehajajo v vedno bolj alkalen korozivni medij zunaj



Slika 3: Mehanizem jamičaste korozije aluminija [3,4]

jamice. Pride do alkalne reakcije in nastanka oborine $\text{Al}(\text{OH})_3$. Majhni mehurčki vodika, ki nastanejo pri redukciji H^+ , porinejo nastali aluminijev hidroksid proti izhodu jamice, kjer se poseda in tvori bele kosmiče. Koncentracijski gradient reaktantov narašča od dna jamice proti izhodu. Korozijski produkti se nabirajo na izhodu iz jamice in ga tako blokirajo, kar ima za posledico oviranje izmenjave ionov Cl^- in rast jamice [3,4].

Proti jamičasti koroziji je najbolj odporen čisti aluminij (99 %). Od vseh komercialnih aluminijevih zlitin je najbolj odporna serija 5xxx z manj kot 3 % magnezija, ki ji sledi serija 3xxx. Vključki AlMn v seriji 3xxx imajo korozijski potencial podoben čistemu aluminiju in tako niso podani pogoji za nastanek jamičaste korozije. Zlitine, ki vsebujejo več kako 0,15 % bakra, so bolj izpostavljene jamičasti koroziji, predvsem v okoljih, ki vsebujejo kloride. Prav tako se z večanjem deleža železa poveča afiniteta do nastanka jamičaste korozije. Podoben efekt najdemo pri zlitinah serije 6xxx. Seriji 7xxx in 2xxx sta najmanj odporni proti nastanku jamičaste korozije, saj vsebujeta velik delež bakra [2].

4 PROTIKOROZIJSKA ZAŠČITA

4.1 Anodizacija

Anodizacija je elektrokemijski postopek, pri katerem se aluminijeva naravna oksidna plast poveča tako, da predstavlja površina aluminija anodo v elektrolitski celici. Plast anodiziranega oksida je debelejša (5–30 μm) kakor naravna oksidna plast. Anodizacija se uporablja za dekoracijo produktov, narejenih iz aluminija in njegovih zlitin, za zaščito pred vremenskimi vplivi, abrazijo, za boljši oprijem organskih prevlek, za izboljšanje dielektričnih lastnosti itn.

V uporabi je več vrst anodizacijskih postopkov. Anodizacija v žvepleni kislini je najpogostejša oblika anodizacije in se uporablja za zaščito pred atmosfersko korozijo, saj izdelki dalj časa obdržijo svoj prvotni videz (barvo). Kromova kislina se uporablja za anodizacijo serij 2xxx in 7xxx pri uporabi le-teh v vesoljske namene. Redko se uporabljajo tudi druge kisline, kot so fosforna, oksalna, borova itn., predvsem za anodizacijo izdelkov, ki so izpostavljeni ekstremnim razmeram. Primernost aluminijevih zlitin za postopek anodizacije je odvisen od mikrostrukture in sestave le-teh, saj imajo anodizirane prevleke, nastale na različnih aluminijevih zlitinah, različne lastnosti. Anodizirajoče prevleke imajo, tako kot naravna oksidna plast, slabo korozijsko odpornost v alkalnih in kislih medijih in ne preprečujejo rizika nastajanja galvanske korozije [2–4].

4.2 Konverzijske prevleke

Konverzijske prevleke so sestavljene iz slabo topnih fosfatnih ali kromovih oksidov, ki so močno vezani na površino aluminija in njegovih zlitin. Prevleke vplivajo na videz, korozijski potencial, električno upornost, površinsko trdoto in druge površinske lastnosti tako obdelanih površin aluminija in njegovih zlitin. Konverzijske prevleke nastanejo s kemijskim oksidacijsko-redukcijskim postopkom na površini aluminija, medtem ko je anodizacija elektrokemijski postopek. Konverzijske prevleke so se izkazale za dobre inhibitorje korozije ob souporabi organskih inhibitorjev.

Najboljšo protikorozijsko zaščito aluminija so pokazale kromatne konverzijske prevleke. Protikorozijska učinkovitost kromatnih prevlek narašča z njihovo debelino, vendar le do določene debeline, kjer se začne tvoriti porozna plast. Učinkovitost se pripisuje prisotnosti tako heksavalentnega in trivalentnega kroma. Trivalenten krom v prevleki nastopa kot netopen hidrirani oksid. Med korozijskim napadom kloridnih ali katerih drugih korozijskih ionov se heksavalenten krom reducira v netopen trivalenten in tako zaščiti aluminij pred korozijo. Kromatne prevleke se uporabljajo za zaščito izdelkov, uporabljenih v letalski in vesoljski industriji, za zaščito tuljav, izdelkov, narejenih s postopkom ekstruzije, za zaščito toplotnih izmenjevalnikov in kontejnerjev.

Vendar je slaba stran kroma njegova toksičnost. Predvsem pomeni veliko nevarnost heksavalentnega kroma, ki mu prepisujejo vpliv na povzročanje pljučnega raka. Alternative so organske konverzijske prevleke, konverzijske prevleke na osnovi redkih zemelj, trivalentnega kobalta in mangana [2].

4.3 Barve in organske prevleke

Pred nanosom organskih prevlek moramo površino aluminija predhodno očistiti in pripraviti. Postopek obsega razmaščevanje površine, sledi odstranitev obstoječih oksidov, nanos osnovnega sloja in primerja. Za izdelke, uporabljene na prostem, se pred nanosom primerja uporablja postopek anodizacije ali konverzijske prevleke.

Končen nanos je izbran glede na razmere v okolju, v katerem bo izdelek uporabljen. Na primer, da preprečimo rast alg, školjk in drugih morskih organizmov v morskem okolju, uporabimo za končen nanos barve, ki preprečujejo obraščanje. V dekorativne namene lahko nanese prozoren lak, ki daje aluminiju sijoč videz. Pri živilski industriji lak obarvamo, da se resnično prepričamo, da je bil pravilno nanesen. V živilski industriji moramo biti pozorni zaradi higienskih zahtev, da v laku ni luknjic. Poseben primer organskih prevlek na površini aluminija so tudi

prevleke na osnovi politetrafluoroetilena (PTFE ali teflon), ki se uporabljajo za zaščito izdelkov, izpostavljenih visokemu tlaku in temperaturam [2, 3].

4.4 Korozijski inhibitorji

Korozijski inhibitorji lahko vplivajo na lastnosti korozijskega medija in ga naredijo manj agresivnega za kovino. Drugi način delovanja inhibitorjev je modifikacija površine aluminija, na katero se vežejo in tvorijo prevleko. Glede na fizikalno-kemijski mehanizem delovanja ločimo inhibitorje na:

- inhibitorje, ki vplivajo na pH korozivnega medija,
- inhibitorje, ki tvorijo netopne aluminijeve spojine,
- inhibitorje, ki tvorijo zaščitno prevleko na površini aluminija (kromati, fosfati itn.),
- inhibitorji, ki tvorijo organske prevleke (amidi, sulfati).

Kot že omenjeno zgoraj, se inhibitorji delijo tudi na elektrokemičen mehanizem delovanja:

- inhibitorji z mešanim učinkom delovanja, saj zavirajo tako katodno kot anodno korozijsko reakcijo,
- anodni inhibitorji, ki zavirajo anodno korozijsko reakcijo (silikati, volframati, permanganati, fosfati, kromati, nitrati itn.),
- katodni inhibitorji, ki zavirajo katodno korozijsko reakcijo.

Inhibitorji se lahko na površino kovine vežejo s kemisorpcijo ali fizisorpcijo. Uporabljajo se predvsem za zaščito aluminija v zaprtih sistemih, kot so hladilni sistemi v avtomobilskih motorjih, solarnih celicah itn. Dodajajo se tudi pri procesu jedkanja aluminija, kjer želimo preprečiti napad kisline na aluminij. Silikati in fluorosilikati se dodajajo pri čiščenju opreme z alkalnimi čistili v živilski industriji. Med pogostejšimi inhibitorji korozije aluminija so natrijev silikat, ben-zotriazol, natrijev fluorosilikat, amonijev nitrat, natrijev fosfat, amini in trimetilamin. Predvsem je pomembna prava izbira inhibitorja glede na okolje, kateremu je izpostavljen aluminij [2,3].

5 SKLEP

Aluminij je zaradi svojih posebnih mehanskih lastnosti ena najbolj uporabljenih kovin na svetu. Uporaba aluminija in njegovih zlitin se v svetu vedno bolj povečuje. Pri uporabi aluminija in njegovih zlitin v različnih okoljih lahko pride do pojava korozije, kar ima za posledico propad materiala in posledično ekonomske izgube in ekološko onesnaženje okolja. Dobra lastnost čistega aluminija je, da tvori oksidno površinsko plast, ki ga zaščiti pred korozijo. Vendar se pogosteje uporabljajo aluminijeve zlitine, ki imajo izboljšane mehanske lastnosti kakor čisti aluminij,

vendar se na njihovih površinah tvori precej manj protikorozijsko učinkovita zaščitna plast kakor na površini čistega aluminija.

V tem delu je predstavljenih nekaj možnosti protikorozijske zaščite aluminija in njegovih zlitin. Izbira prave protikorozijske zaščite je odvisna predvsem od namena uporabe izdelka, okolja, v katerem je uporabljen izdelek, in od uporabljenega materiala za izdelavo izdelka.

6 LITERATURA

- [1] J. G. Kaufman, Introduction to aluminum alloys and tempers, *ASM International*, Russell, 2000
- [2] J. R. Davis, Corrosion of aluminum and aluminum alloys, *ASM International*, Russell, 1999
- [3] C. Vargel, Corrosion of aluminium, *Elsevier*, Oxford, 2004
- [4] R. Winston Revie, Uhlig's corrosion handbook (Third edition), *John Willey & Sons Inc.*, New York, 2011
- [5] M. Stratmann, G. S. Frankel, Corrosion and oxide films, *Wiley-VCH*, Weinheim, 2003
- [6] M. Finšgar, *Vakuumist*, 32 (2012) 2, 13–15

TRDE PREVLEKE IZ LABORATORIJA V INDUSTRIJO

Stanislav Južnič

ZNANSTVENI ČLANEK

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA; Arhiv Slovenske jezuitske province, Ljubljana

POVZETEK

Slovenske vakuumske tehnike naprševanja tankih plasti so bile še v povojih, ko se je zanje začel zanimati Peter Panjan. V štirih desetletjih svojega dela na Institutu »Jožef Stefan« je v veliki meri botroval tesnim vezem med temeljnimi raziskavami in industrijo trdih prevlek.

Gljučne besede: belokranjski fiziki-vakuumisti, zgodovina vakuumskih tehnik, trde prevleke, Institut »Jožef Stefan«, 16. združena vakuumska konferenca, 14. evropska vakuumska konferenca

Hard coatings from laboratory to industry

ABSTRACT

The Slovenian vacuum techniques of thin film sputtering were still in their infancy when Peter Panjan began to work with them. In four decades of his work in Jožef Stefan Institute he achieved the closest relationship between the fundamental research and industry of hard coatings.

Keywords: Bela krajina physicists-vacuum researchers, history of vacuum techniques, hard coatings, Jožef Stefan Institute, 16th Joint Vacuum Conference, 14th European Vacuum Conference

1 UVOD

V prazničnih januarskih dneh bomo praznovali prvih šest desetletij dr. Petra Panjana, enega vodilnih slovenskih vakuumistov in dejavnikov Društva za vakuumsko tehniko Slovenije. Gotovo prvovrstna priložnost za pogled nazaj s poskusi predvidevanja nadaljnjega razvoja slovenskih tehnologij tankih plasti, ko jih bodo vodili mlajši strokovnjaki, vzgojeni pod Petrovim okriljem ob železnem pravilu: »Načrtuj industrijsko aplikacijo svojih laboratorijskih snovanj!« Slavnostni izlet v preteklost je nujen, čeprav pri sodobnem timskem delu ne gre pretirano poudarjati zaslug posameznih kovačev uspešnosti DVTS.

2 BELOKRANJSKI ZAČETKI

Učinkovit učenjak vedno sloni na ramenih velikanov. Kakšne so bile zgodnje teorije atomov-molekul, na katere smo oprli sodobna snovanja nanotehnologij tankih plasti? Kaj smo utegnili podedovati od zgodnjih snovalcev iz dobe Boškovićeve jezuitske fizike? Ljubljanska in zagrebška jezuitska učenost je dve stoletji povsem obvladovala znanja na vmesnem belokranjskem območju med obema metropolama in je tako v slovensko zaledje na tihem vnašala nova dognanja iz poglavitnih središč fizikalnega raziskovanja.

Prapor naših vakuumistov so njega dni nosili ljubljanski rektor Dunajčan Karl Dillherr, mariborski rektor Belgijec Peter pl. Halloy in Gabrijelov brat Tobija Gruber. Gabrijel sam je veliko pripomogel k novostim, saj je ob njegovem prihodu v Ljubljano koroški profesor J. Pogričnik objavil ljubljanski ponatis Boškovićeve poglavitne knjige o vakuumu in silah med molekulami ob izpitu sošolcev na Ortneku odraslega Franca Samuela Karpeta, bodočega dunajskega profesorja Boškovićeve idej.

Med prvimi jezuiti sta bila belokranjski beograjski misijonar Gašper Gorian (* 1588) in njegov viniški sosed Martin Fabri (* 1610). Mnogi belokranjski fiziki so se dodobra vpisali v zgodovino razvoja vakuumskih tehnik, še posebej na zagrebški katedri za fiziko. Trije med njimi so bili doma z Vinice: prvi med njimi, Franjo Jambrehović (1634–1703), je študiral fiziko v Trnavi leta 1655/56 pri Varaždincu Andreju Makarju. Leta 1667/68 je predaval fiziko na Zagrebški akademiji in naslednje leto kot prvi zagrebški profesor objavil učbenik fizike skupaj s svojim študentom Štefanom Račkim, ki je bil bržkone prav tako rojen ob kranjskih bregovih reke Kolpe. V sosledju svojih poglavij je Jambrehović seveda sledil Aristotelovi vakuumu sovražni fiziki, vendar na podoben način, kot so polpretekli slovenski humanisti sledili Marxu: treba ju je bilo nenehno citirati, v resnici pa si vmes lahko poljubno razpredal lastna dognanja.¹

Janez Patatic (Pathatic, Patačić, Patechich, 1649–1700) iz Vinice je študiral fiziko v Gradcu pri baronu Andreju Foyachu, leta 1683 in 1684/85 pa je predaval fiziko v Trnavi in Zagrebu. Sigmund pl. Jenčič (1679–1718) je bil sin poljanskega oskrbnika, ki je gospodaril tudi nad Sodevci (Schefflenlackh); ime vasi priča o nekdanji poljanski sodnijski funkciji, pobiranju davkov in straženju jetnikov.² Jenčič je fiziko študiral pri Alexandru Donatiju v Gradcu, leta 1714/15 pa je predaval fiziko v Ljubljani in ob koncu šolskega leta dal natisniti izpitne teze.

Pomembni belokranjski grofje Purgstalli so vzgojili kar dva zanimiva fizika. Albert grof Purgstall (1671, Gradec–1744) je leta 1705/06 na Dunaju predaval fiziko in pisal o Konfucijevem nauku. Baron in nato grof, viniški graščak Johan (Janž) Adam Purgstall,³ je vplival na vse tri jezuitske fizike iz

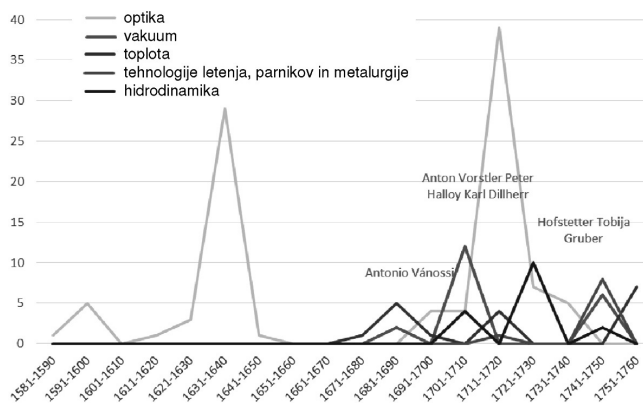
¹ Jambrehović, 1669

² Kos, 1991, 91

³ Kos, 1991, 27, 60, 75

Vinice, ki je bila njega dni precej pomembnejše naselje kot dandanes. Janžev sin Johann Leopold z gradu Pobrežje pri Adlešičih je bil oče Antona grofa Purgstalla (Burgstall, Purstall, 1708–1771), ki je na Dunaju študiral fiziko pri poznejšem ljubljanskem rektorju in piscu fizikalnih učbenikov Antonu baronu Erbergu z graščine Dol ob Savi. Erberg je Purgstalla navdušil za elektrotehniške poskuse v času, ko je Erbergov nečak Avguštin Hallerstein v Pekingu razvijal zgodnji elektrofor za prednika Voltove baterije. Profesor fizike Purgstall je na tedaj poglavitni ogrski univerzi v Trnavi skupaj s svojim trnavskim študentskim sodelavcem objavil knjižico o električni sili, razdeljeni na trenje, prevajanje in ogenj.⁴

Zadnji v paleti jezuitov Viničanov, Ivan Vitković (1738–1783/1820), je bil vnuk Marthina Vitkhoutitscha, ki je leta 1674 v Vinici plačeval po 4 libre na leto za svoj vrt.⁵ Ivan je leta 1760 študiral fiziko v Gradcu pri vakuumistu Halloyu in jo predaval kot zadnji jezuitski profesor v Zagrebu leta 1773. Po prepovedi jezuitov si je še vsaj desetletje služil kruh kot zagrebški profesor matematike, ki je njega dni vsebovala še vse izračunljive dele fizike. Leta 1782 je objavil aritmetični učbenik, osem let pozneje pa še prvo kajkavsko gramatiko v Zagrebu. Čeprav so bili med jezuiti številni kmečki sinovi, so bili med belokranjski jezuiti zgolj sinovi viniških tržanov, graščaka in sosednjega poljanskega oskrbnika. Metličani in Črnomaljci so izbirali druga pota.

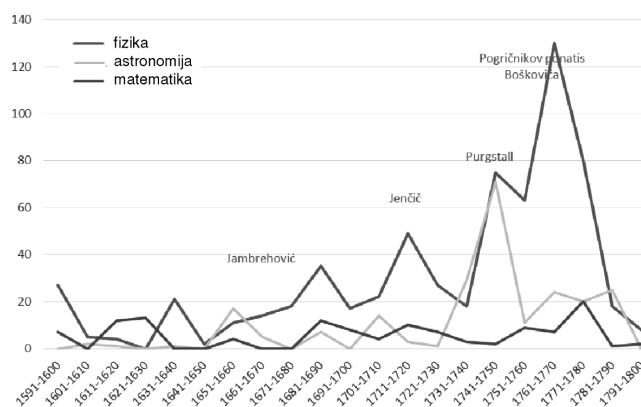


Slika 1: Srednjeevropska vakuumsko tehnologija se je uveljavila z Vánossijevimi, Halloyevimi, Vorstlerjevimi in Hofstetterjevimi graško-dunajskimi ponatisi del izumitelja vakuumskega balona Francesca Lana Terzija iz Brescie.⁶ Prikazano je število objavljenih fizikalnih knjig jezuitov avstrijske in češke province glede na desetletje rojstva od skupno 616, med njimi 72 izpod peres ljubljanskih jezuitov, 29 pa od onih, ki so fiziko in/ali matematiko predavali tudi v Ljubljani.

⁴ Purgstall, Purgine, 1746

⁵ Kos, 1991, 474

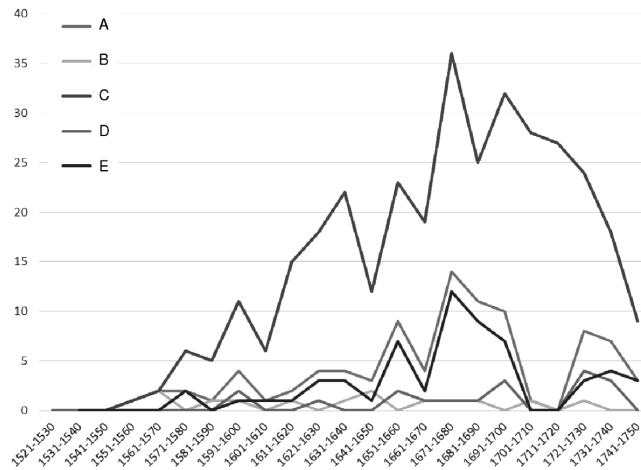
⁶ *Catalogius Personarum, & Officiorum Provinciae Austriae Societatis Jesu pro anno...; Catalogius Personarum, & Officiorum Provinciae Boemiae Societatis Jesu pro anno...; Vánossi, Lana Terzi, 1723–1724; Hofstetter, 1784.*



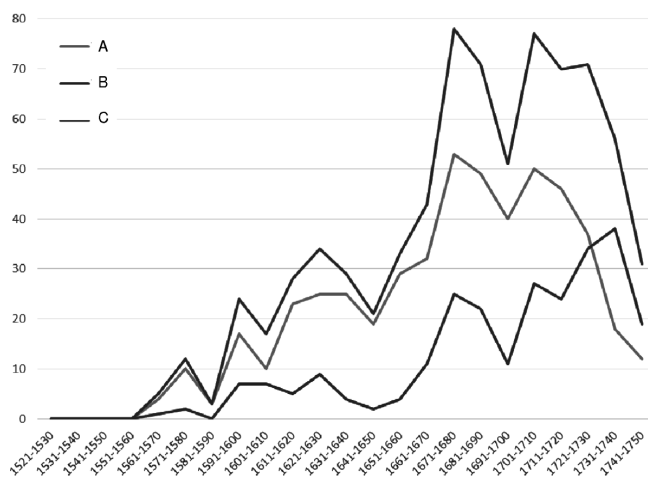
Slika 2: Objavljena fizikalna dela belokranjskih jezuitov kot del ohranjenih spisov jezuitov iz avstrijske in češke province

3 ZGODNJE PREDSTAVE O MOLEKULAH KOT PREDNICE SODOBNIH NANOTEHNOLOGIJ

Jezuitska dognanja o vakuumu med delci snovi in o silah med njimi so prevladovala v srednjeevropskih in drugih katoliških deželah nad dve stoletji. Po prepovedi jezuitov so bila ob privilegirani položaj v šolah v svojevrstni svobodni konkurenci prevladujočih pariških in londonskih idej, upoštevanih še dandanes. Z izjemo Christopherja Claviusa, njegovega učenca Paula Guldina, Galileijevega nasprotnika Christoph Scheinerja, rimskih profesorjev Athanasiusa Kircherja ali Rudjerja Boškoviča je le malo jezuitov doseglo svetovno raven. Jezuitski prispevki k povezavam med



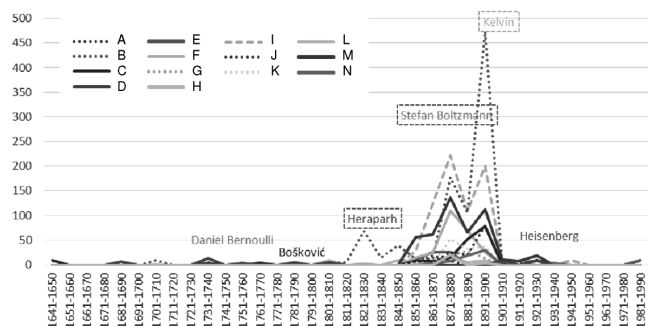
Slika 3: Ohranjena dela 1449 ljubljanskih jezuitov, razporejena po dekadah rojstva avtorjev. A: število objav v tehniških vedah (matematika, fizika, astronomija) ljubljanskih jezuitov od skupno 103, B: astronomskih spisov od skupno 10, C: vseh spisov od skupno 341, D: matematičnih spisov od skupno 21, E: fizikalnih spisov od skupno 72



Slika 4: 1449 ljubljanskih jezuitov na katedrah filozofije-fizike in matematike različnih šol glede na desetletje rojstva. A: vseh fizikalnih profesorov v letih 1560–1750 od skupno 504 pod vodstvom 345 profesorjev filozofije s fiziko ali matematiko in skupno 1449 ljubljanskih jezuitov, B: vseh matematičnih profesorov in repetitij – usposabljanj, razporejenih po letih rojstva nosilcev od skupno 259, C: fizikalnih in matematičnih profesorov ter repetitij po letih rojstva nosilcev od skupno 763

temeljno znanostjo in industrijo niso bili primerljivi z novodobno nujo, kar je jezuitska snovanja bremenilo kot svojevrstna cokla, ki je niso mogle odtehtati prednosti širin jezuitskih pogledov na vakuum in snov.

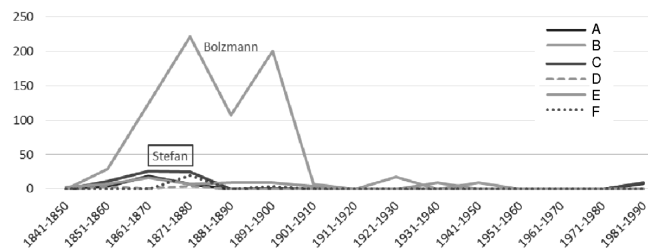
Boškovićeve sile v vakuumu so ostale večno mlad okvir podstati sodobnih vakuumistov, podroben sodoben način pa je temeljil na praktičnih prijemih, ki jim preohlapni Boškovičev model točkastih središč sil ni bil kos. Vseeno so si Kelvin, J. Stefanov dijak Ludwig



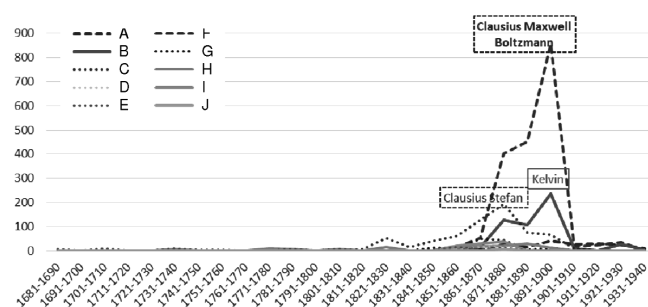
Slika 5: Teorije atomov in vakuumu po dekadah objav glede na narodnost piscev.⁸ A: slovenski prispevki k poskusom, B: angleški prispevki k teorijam, C: francoski prispevki k teorijam, D: švicarski prispevki k teorijam, E: slovenski prispevki k teorijam, F: škotski prispevki k teorijam, G: italijanski prispevki k teorijam, H: madžarski prispevki k teorijam, I: avstrijski prispevki k teorijam, J: irski prispevki k teorijam, K: nizozemski prispevki k teorijam, L: angleški prispevki k poskusom, M: nemški prispevki k teorijam, N: prispevki ZDA k teorijam.

⁷ Boltzmann, 1895, 413–415

⁸ Brush, 1976. Prispevki so ocenjeni od 1 do 9 glede na odmevnost medija objave v dobi, ko še ni bilo sodobnega indeksa citatov.

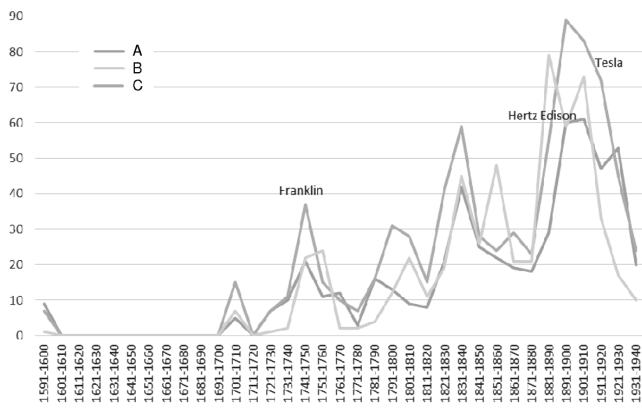


Slika 6: Jožef Stefan in njegov profesor razrednik Karl Robida sta sloves slovenskih raziskovanj vakuumu dve stoletji po Janezu Vajkardu knezu Turjaškemu znova spravila na svetovno raven Stefanovega študenta Boltzmann. Prikazane so teorije atomov in vakuumu po dekadah objav glede na narodnost srednjeevropskih piscev. A: slovenski prispevki k poskusom, B: avstrijski prispevki k teorijam, C: slovenski prispevki k teorijam, D: češki prispevki k teorijam, E: avstrijski prispevki k poskusom, F: madžarski prispevki k teorijam

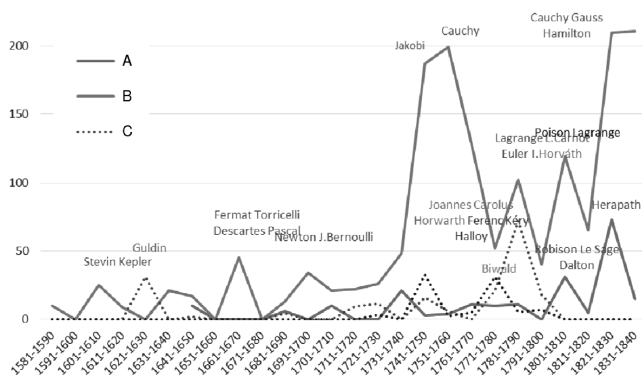


Slika 7: Med dobrim ducatom nasprotujočih si mnenj o najmanjših delcih snovi in vakuumu med njimi je predvsem po J. Stefanovi zaslugi prevladala kinetična teorija poznejše statistične kvantne mehanike. Prikazani so novoveški atomi po desetletjih opisovanj. A: vsi poskusi statistične mehanike, B: vsa teorija kritikov statistične mehanike, C: vsa kinetična teorija toplote, D: vse vrtilne teorije atoma, E: vsa teorija gravitacije in elektrike z etrom, F: vsa teorija statistične mehanike, G: vsi poskusi kinetične teorije toplote, H: vse teoretične kritike kinetične teorije toplote, I: vsa teorija Dynamid, J: vse valovne teorije brez etra.

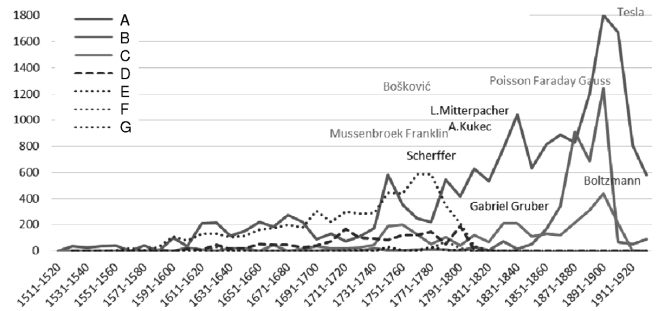
Boltzmann in predvsem Nikola Tesla povsem prisvojili Boškovićeve poglede.⁷ Ob pretvorbi nekdanjega Boškovičevega in Teslovega etra v sodoben Einsteinov vakuum se zdi, da sodobno razmišljanje o praznem spreminja predvsem Boškovičevo besedišče, po drugi strani pa je docela prekvasilo uporabo vakuumskih tehnologij na dimenzije mnogokrat manjše celo od Boškovičevih sanj.



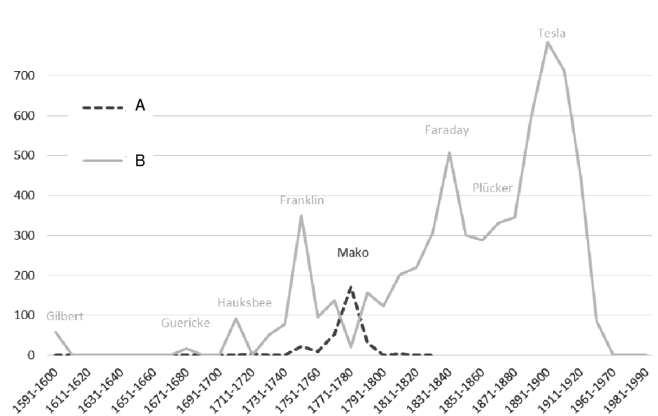
Slika 8: Preučevanje razelektritev od prvih strelvodnih uporab do sodobnih vakuumskih tehnologij.⁹ Prikazani so raziskovalci elektromagnetizma po dekadah končanih del. A: vsa teorija elektromagnetizma glede na leto končanega dela, B: vsa tehnologija elektromagnetizma glede na leto končanega dela, C: vsi eksperimenti elektromagnetizma glede na leto končanega dela.



Slika 9: Srednjeevropski jezuitski prispevek k svetovni fiziki kot 10 % celote. A: vsa teorija in poskusi s toploto po dopolnjenem Brushovem popisu, B: vsi prispevki mehanike trdnin glede na desetletje objave po popisu Gevorkjan-Fradlina, C: vsa avstrijsko-češka jezuitska mehanika s statiko, dinamiko, akustiko in hidrodinamiko, ovrednotena z upoštevanjem števila ohranjenih naravoslovnih del.

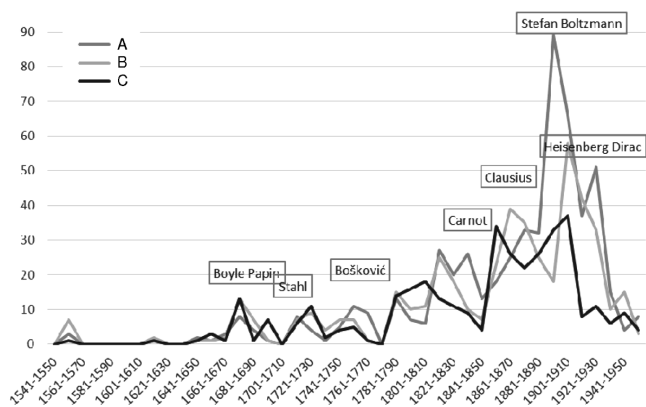


Slika 10: Srednjeevropski jezuitski prispevek k svetovni fiziki kot 10 % celote med izgonom protestantov v 1590. letih in prepovedjo jezuitov v 1770 letih. A: vsa fizika iz dopoljnega Asimovega popisa, razvrščena po desetletjih sredin delovnih dob, umerjena glede na Bruschi-Grigorjan & Frandlinova popisa, B: vsa teorija in poskusi s toploto po dopolnjenem Brushovem popisu, C: vsi prispevki mehanike trdnin glede na desetletje objave po popisu Gevorkjan-Fradlina, D: dežele, poseljene s Slovenci: kranjski, goriški, tržaški, koroški in spodnještajerski profesorji: število letnikov predavanj in ovrednoteni naravoslovnih spisi ter profesorji v Trstu, Gorici, Celovcu, Ljubljani po letih objave oziroma predavanj, E: vsi profesorji avstrijske in češke jezuitske province: število letnikov predavanj in ovrednoteni spisi, F: vsa avstrijsko-češka jezuitska mehanika s statiko, dinamiko, akustiko in hidrodinamiko, ovrednotena z upoštevanjem števila ohranjenih naravoslovnih del, G: vsa avstrijsko-češka jezuitska raziskovanja toplote in vakuumu.

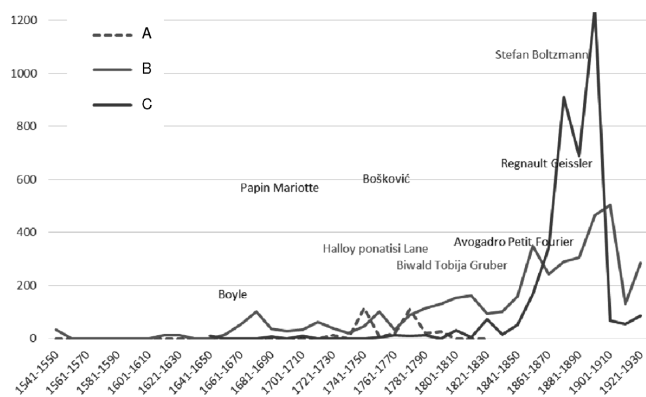


Slika 11: Napredek vakuumске elektrotehnike ob preučevanju razelektritev dunajskega profesorja Madžara Pavla Maka, ki ga je Jurij Vega dal vezati ob svoj ljubljanski končni izpit. Prikazana so srednjeevropska raziskovanja elektrike z magnetizmom v primerjavi s celoto po dopolnjenem umerjenem popisu Asimova. A: jezuitska srednjeevropska raziskovanja elektrike z magnetizmom, ocenjena po desetletjih objave, B: vsa preučevanja elektrike-magnetizma po dopolnjenem popisu Asimova, umerjena glede na sredo delovne dobe.

⁹ Asimov, 1978; Grigorjan, Fradlin, 1982; Bogoljubov, 1983; Hramov, 1977



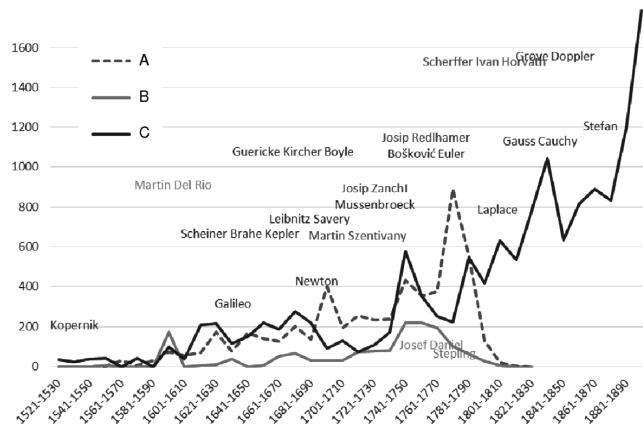
Slika 12: Raziskovalci toplote s kvantno mehaniko po dekadah končanih del. A: vse teorije toplote, statistične in kvantne mehanike glede na leto končanega dela, B: vsi eksperimenti toplote, statistične in kvantne mehanike glede na leto končanega dela, C: vsa tehnologija toplote, statistične in kvantne mehanike glede na leto končanega dela.



Slika 13: Srednjeevropska jezuitska raziskovanja toplote in vakuumu v primerjavi s celoto po dopolnjenem popisu Asimova, umerjenem po Brushu. A: jezuitska raziskovanja toplote in vakuumu, ocenjena po desetletjih objave, B: vsa preučevanja toplotnih pojavov po dopolnjenem popisu Asimova, umerjena glede na sredo delovne dobe, C: vsa teorija in poskusi po dopolnjenem Brushovem opisu.

4 INSTITUT »JOŽEF STEFAN«

Sodevci so že stoletja domovina uskoških Panjanov, ki med sosedi od nekdaj veljajo za modre. Pri devnik se nanaša tako na Petrovega starejšega brata, kot za Petra samega, saj sta oba prvovrstna inženirja. Peter se je učenosti najprej lotil v Črnomlju, nato pa je s štipendijo Instituta »Jožef Stefan« zajadral v ljubljanski hram fizikalne učenosti. Periferne gimnazije je ponudila dobro fiziko, žal pa premalo angleščine, ki se ji je moral Peter priučiti komaj med objavljanjem vakuumskih izsledkov. V študentskem naselju pod Rožnikom si je kmalu pridobil krog prijateljev inženirske stroke. Edisona si je jemal za zgled in precej raje poslušal radio od televizije, češ da človeka manj zasvoji. Počitnic ni bilo brez obdelovanja poljskega vinograda, skrbi za brezove gozdove nad vasjo in njive



Slika 14: Vsi srednjeevropski jezuitski fiziki po dekadah zapisa o vrednotenih ohranjenih del v luči razvoja fizike. A: jezuitski privrženci Aristotela Hansiza-Voisa, Steplingovega Nolleta, zamejskih jezuitov Gastona Pardiesa, Honorata Fabrija, Boškovića z astronomijo Tycha, Ricciolija in francoskega jezuita Milleta Dechalesa, B: ideje zunaj jezuitskega reda bavarskega avguštinskega kopernikanca Eusebija Amorta (1692–1775, Musschenbroeka, Keplerja, kartezijancev, Leibnitza, ovrednotena in pomnožena s številom ohranjenih naravoslovnih del glede na osrednje desetletje pisanja, C: vsa fizika po dopolnjenem popisu Asimova glede na sredo delovne dobe, umerjena po popisih Brusca-Grigorjana & Frandlina.

za hišo. Kolpa je tekla nekoliko nižje proti Teslovemu Karlovcu in pripovedovala svoje zgodbe o praznem, trdem, tankem in nevidno majhnem.

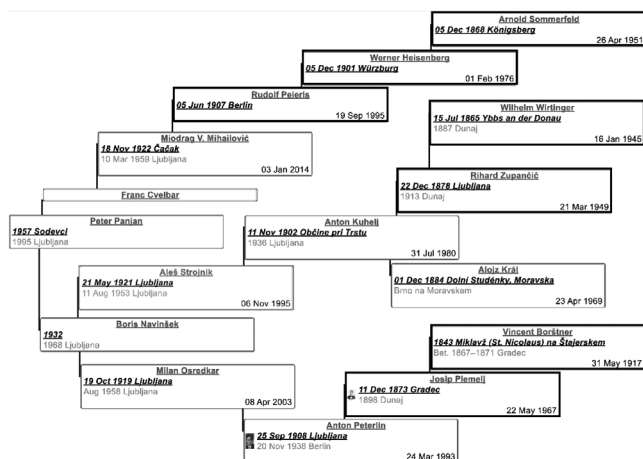
Po diplomi pri profesorju Francu Cvelbarju leta 1980 je Peter kmalu postal zaupnik prof. dr. Borisa Navinška, čeprav mu ni bilo vedno z rožicami poslano. Cvelbarjev sin Andrej je pozneje med letoma 1990–1998 delal na Odseku za tanke plasti in površine Instituta »Jožef Stefan«.

V obdobju velikih družbenih sprememb konec osemdesetih let je Peter sprejel funkcijo predsednika sindikata na Institutu »Jožef Stefan«, s katero je dobil vpogled v delovanje celotnega inštituta. Obenem je dolga leta pronicljivo urejal Vakuumista, čeprav ni bilo vsakomur prav, da marsikaj zanj postori kar med delovnim časom. Sledil je navodilom mentorja svoje generacije dr. Jožeta Gasperiča, ki je v svojih indijskih in evropskih izkušnjah videl mnoga društva rasti in propadati ob zavesti, da je steber delovanja DVTS ravno revija Vakuumist z Jožetovo kleno domačo besedo in dodobra pripravljenimi javnimi nastopi. Morda bi se Peter prelevil v pristnega Ljubljancana, vendar se je usoda zasukala drugače, saj si je življenjsko družico Marjanco izbral med Belokranjkami in se z Nejcem za vekomaj priklenil ob rodno grudo. Po očetovi smrti je Peter ostal navezan na ovdovelo mater na domačiji, Nejc pa je odrasel v prelepi hiši tik ob Črnomlju. Med najbolj navdušenimi je bil tedanji predsednik Hrvaškega vakuumskega društva dr.

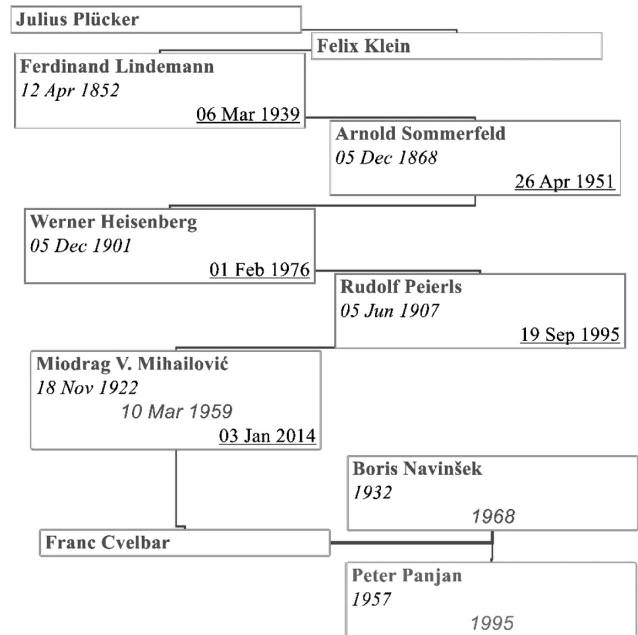
Nikola Radić, ki je na Hrvaško-slovenskih vakuumskih srečanjih Petra navdušeno klical »Ajta«.

Marsikdo je Petru zavidal številne objave, s katerimi je magistrski študij kar preskočil in se lotil doktorata s področja materialov na ljubljanski Fakulteti za metalurgijo. Prva mednarodna pota Navinškovega in Panjanovega odseka niso bila z rožicami postlana, saj Američani niso vedno dovolj cenili slovenskih idej. Sodelovanje z Balzersom je postalo bistveno po nakupu naprševalnika Sputrona leta 1978. Navinškova in Petrova skupina je leta 1983 zaščitila lastno tankoplastno tehnologijo s patentom in blagovno znamko JOSTiN, v predbožičnih dneh 18. 12. 1985 pa je odprla Center za trde prevleke v Domžalah. Svojo organizacijsko žilico je postavil v precep z uspešno ureditvijo monografije ob stoletnici Braunove elektronke, h kateri je pritegnil slovenskega pionirja televizije, tedaj že na smrt bolnega, a še vedno čilega dr. Albina Wedama (1921–1997) ter dr. Petra Stariča.

Po Navinškovi upokojitvi leta 2002 je za polno desetletje prevzel vodstvo svojega odseka, kar pa ga je obremenilo mnogo neljubega pisarniškega dela, ki ga je odtegovalo znanosti. Sekira mu je padla v med pod Drnovškovim ministrom Gregorjem Golobičem, ko je vodja Centra odličnosti »Nanoznanosti in nanotehnologije« prof. Dragan Mihailović pridobil kvalitetno opremo za dodatne kletne prostore pod glavno stavbo Instituta »Jožef Stefan«. Novo sodobno vakuumsko opremo, ozaljšano z veselimi risbami vnukinje Navinškovega mentorja prof. dr. Aleša Strojnika, lahko uporablja tudi Petrova skupina kot članica Centra. Peter je ob tem briljiral celo s parlamentarnim govorom v okviru projekta »Znanje žanje« 25. 3. 2010.

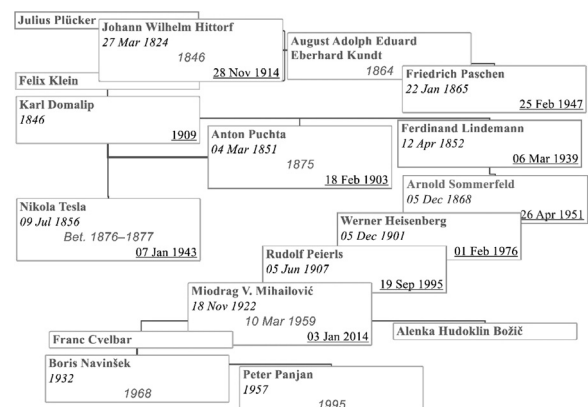


Slika 15: Akademski predniki Petra Panjana glede na njegovo diplomu in doktorat. Prednika sta njegova profesorja fizike in matematike brez kakršnega koli namiga o njihovih zaslugah; povezave nakazujejo predvsem potek vplivanja, ki brez njih nikakor ne bi bila razvidna. Pod rojstnimi letnicami so datumi pridobitve najvišjih akademskih stopenj. Matematiški so v črni, fiziki pa v sivih pravokotnikih.



Slika 16: Akademski predniki Petra Panjana glede na njegovo diplomu kot dediči vodilnega bonskega raziskovalca razelektritev v katodnih elektronkah Juliusa Plückerja. Plücker je bil v vsej zgodovini vakuumske tehnike edini vrhunski vakuumist, ki je enako uspešno raziskoval tudi temeljne matematične zagate in tako družil dve na videz različni polji znanja. Peter mu tako daleč ni sledil v svojevrstni distanci do teorijske fizike.

Peter je eden redkih slovenskih učenjakov, ki si je znal priskrbeti prvovrstne dediče. Marsikdo tega ni zmožal. Svoj vodstveni položaj na odseku in urejevanje Vakuumista je pravočasno prepustil mlajšemu Mihi Čekadi, saj se je zavedal, da novodobno načelstvo zahteva mnogo neposrednih stikov z zunanjimi sodelavci. Belokranjski turizem in vsakdanje zgodbe



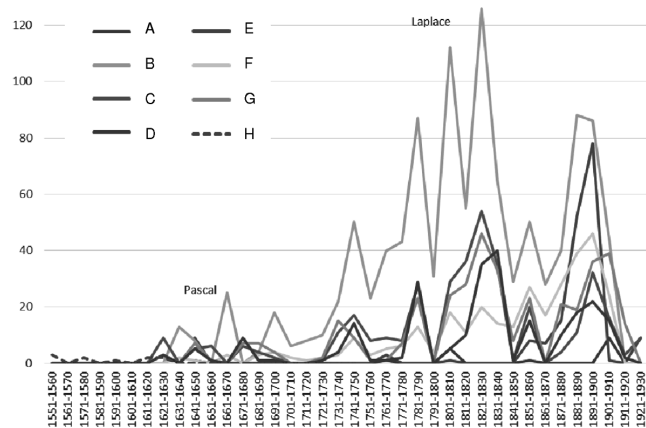
Slika 17: Raziskovalca katodnih elektronk Plücker in Hittorf kot akademski predniki praških študijev Nikole Tesle in ljubljanske diplome Petra Panjana. Domače belokranjsko Panjanovo okolje je bilo stoletja pomemben privesek Teslove Vojne krajine, tako da so mladostne zgodbe in tradicije oba raziskovalca na podoben način usmerjala skozi njuna vakuumsko snovanja, kljub stoletju, ki je domala natančno minilo med njunima rojstvom.

poljanskih posebnežev so vtakane v Petrove odmerjeno dobronamerne družabne spotakljive šale, izjemni posamezniki z Instituta »Jožef Stefan« od Petra Stariča do Andreja Detele pa so vedno dobrodošli gostje Petrove pisarne. Vodenje DVTS je doslej raje prepuščal velikopotezni zgovernosti in organizacijski nadarjenosti Mirana Mozetiča in Janeza Kovača.

Zgledi vlečejo in Petrov primer ima nedvomno velik značaj za bodoče rodove raziskovalcev tankih plasti. Med premorom za kosilo v četrtek, 9. 6. 2016, v Portorožu na 16. združeni vakuumski konferenci je Peter peljal svoje mlajše sodelavce na ogled podjetja Phos, ki mu je sam svoj čas uspešno svetoval uporabo trdih zaščitnih prevlek. Stiki se množijo in marsikateri uporabnik trdih prevlek že uspešno sprašuje za nasvet Petrove dediče na Institutu »Jožef Stefan«, ki s svojo vnemo počasi prekašajo učiteljevo.

5 MEDNARODNA SODELOVANJA: TURKI

Petrovi uskoški predniki so si bili resda v laseh z »divjimi« Turki, toda odtlej so se časi korenito spremenili. Turki ne hodijo več k nam ropati na konjih, temveč se raje pripeljejo z letali po vrhunsko znanje vakuumskih tehnologij. Karbidna in jeklena orodja za rezanje so zamenjala zlohoto rezanje nekdanjih damaščanskih sabelj, namesto bojnih polj pa se bitke raje bijejo v veliko prijaznejših vakuumskih posodah. Tako je v Ankari rojeni docent, dr. Halil Çalıřkan z oddelka za mehansko inženirstvo univerze v Bartinu



Slika 18: Gotovo smo na portoroškem srečanju pogrešali marsikaterega francoskega strokovnjaka z nadvse bogato tradicijo izjemnih dosežkov. Precej več je bilo Švicarjev, ki so svoj čas gostili številne majhne poljanske podjetnike. Prikazani so francoski vakuumisti v prevladi Napoleonovih dni. A: francoski prispevki k poskusom, B: vsi prispevki teorije mehanike trdnin Francozov glede na desetletje objave, C: vsa teorijska fizika Francozov, D: vsa tehnologija Francozov glede na sredo delovne dobe, E: francoski prispevki k teorijam toplote, F: število objav mehanike trdnin Francozov glede na sredo delovne dobe, G: vsi eksperimenti Francozov glede na sredo delovne dobe, H: francoski jezuiti v avstrijski in češki provinci.

ob enako imenovani reki dober streljaj od Črnega morja, raziskave za svoj doktorat opravil na Petrovem odseku Instituta »Jožef Stefan« pod somentorstvom carigrskega profesorja Cahita Kurbanogluja ob spominih na enoletno R. Boškovićevo raziskovanje atomov v vakuumu med carigrskimi zidovi pred poltretjim stoletjem.

Družna sredina portoroška večerja na srečanju 16. združena vakuumski konferenca / 14. evropska vakuumski konferenca v slogu nekdanjih velikih Çalıř-Kanov je prispevala k uskladitvi belokranjsko-turško-črnomorskih pogledov na prednosti večplastnih trdih prevlek. Kako tudi ne, saj Çalıř v turščini pomeni delovanje, pridevka Kan in Pan pa Turkom in Slovanom namigujeta na vodstva njunih nosilcev.

Letošnja troedina konferenca portoroških dimenzij pod taktirko Janeza Kovača seveda ni bila uspešna zgolj zavoljo merodajnosti prikazov, temveč predvsem zaradi vmesnih družabnih stikov udeležencev, kot je vedno rad poudarjal dr. Vinko Nemanič, katerega belokranjska starša sta doma iz Lokvice pri Metliki. Dobri piškoti na policah k uspehu pripomorejo več, kot bi si kdo mislil.

6 SKLEP

Na trdnih nogah stoji temeljna znanost trdih prevlek, ki si zna sama poiskati industrijske aplikacije. Široka paleta povezav z uporabniki je bila od nekdanj Petrov zaščitni znak, h kateremu je močno priganjal tudi svoje sodelavce. Marsikomu se je zdelo za malo vključno s Petrovim nečakom, sprva usmerjenim v astronomijo; dandanes že vsi priznavamo Petrov prav. Znanje, ki ni samemu sebi namen, temveč zna usmerjati industrijske uporabnike in se obenem od njih učiti, je zlata vredno, podobno zlato bleščočim titanovim prevlekam rezilnih orodij. Dr. Stipe Šušar je nekoč tovrstno španovijo imenoval sprego šole in tovarne, vendar jo je zamočil predvsem za spreminjanje srednjih šol v dokaj jalovo usmerjeno izobraževanje 1980. let. Panjanov mnogo plodnejši vpogled je previharil preizkušnje desetletij, gotovo pa obeta še nove uspehe po slavljenečevi šestdesetletnici.

7 LITERATURA

- Asimov, Isaac. 1978. *Biographical Encyclopedia*. London: Pan
Bogoljubov, A. N. 1983. *Matematiki mehaniki*. Kiev: Naukova dumka
Boltzmann, Ludwig. 1895. On certain Questions of the Theory of Gases. *Nature*, 751: 413–415
Brush, Stephen. 1976. *The Motion We Call Heat*. North Holland
Çalıřkan, Halil; Kurbanoglu, Cahit; Panjan, Peter: Kramar, Davorin. 2013. Investigation of the performance of carbide cutting tools with hard coatings in hard milling based on the response surface methodology. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66, 883–893

- Çalışkan, Halil; Kurbanoglu, Cahit; Panjan, Peter; Kramar, Davorin. 2012. Hard milling operation of AISI O2 cold work tool steel by carbide tools protected with different hard coatings. *JESTECH*. 15, 1
- Grigorjan, A.T.; Fradlin, B.N. 1982. *Istoria mehaniki tverdogo tela*. Moskva: Nauka
- Hofstetter (Hofstätter), Felix. 1784. Sie Luft Schiffahrt Navigatio Aerea, res antiqua ex scriptis majorum nostrorum. *Geminigeri Promptuario pro Scientiis et literature*
- Hramov, Ju. A. 1977. *Fiziki*. Kiev: Naukova dumka
- Jambrehović, Franjo. 1669. *Philosophia Peripatetica Zagrebiae propugnata a D. Stephani Ratzku*. Dunaj
- Kos, Dušan. 1991. *Urbarji za Belo Krajino in Žumberk*. Ljubljana: SAZU
- Kovač, Janez; Jakša, Gregor (ur.). 2016. *JVC-18/EVC-14/Cro-SloVM23 Programme and Book of Abstracts, Portorož*, Ljubljana: DVTS.
- Purgstall, Anton; Purgine, Janos. 1746. *De vi electrica*. Trnava
- Vánossi, Antonio; Lana Terzi, Francesco. 1723–1724. *Placita physica de Sympathia et Antipathia*, Viennae

VAKUUM PREDSEDNIKOVEGA BRATA?

Stanislav Južnič

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA; Arhiv Slovenske jezuitske province, Ljubljana

ZNANSTVENI ČLANEK

POVZETEK

Dva slovenska kandidata tekmujeta v ZDA novembra 2016 na predsedniških volitvah: Melanija Knaus - Trump (z možem) in Slavoj Žižek (s svojo demokratično kandidatko). Katera slovenska stran bo zmagala? John Trump, brat Melanijinega tasta, je bil osrednja osebnost FBI pri pregledu visokonapetostne vakuumske dediščine Nikole Tesle. Kot vodja fizike visokih napetosti pri razvoju Van de Graaffovega generatorja na MIT je uporabljal različne vakuumske tehnike za doseganje enakih ciljev, h katerim je stremel Tesla s svojo znamenito tuljavo. John Trump se je v svojem znamenitem vakuumskem tunelu prav tako ukvarjal z možnostmi Teslove brezžične distribucije energije. Trump je javno deloval razočarano nad Teslovimi »žarki smrti« kot posebnim primerom Teslove brezžične distribucije energije. Trdil je, da Tesla ni napredoval v zadnjem desetletju in pol, torej po začetku leta 1928, ko je bil Trump nedaleč od Teslovega hotela absolvent na Politehniškem inštitutu v Brooklynu. Ali je John govoril resnico ali pa je raje skrivaj uporabljal najdene dosežke iz Teslove zapuščine za svoje poslovanje kot toliko drugih?

Ključne besede: zgodovina vakuumske tehnike, Amerika, Srednja Evropa, Trump, Van de Graaff, Nikola Tesla

Vacuum of the president's brother?

ABSTRACT

Two Slovenian candidates compete in the USA November 2016 presidential polls: Melania Trump (with her husband) and Slavoj Žižek (with his democratic candidate). The predictions are provided on fundamental questions considering which Slovenian party will win the USA polls: Melania Knaus - Trump' or Slavoj Žižek's?

John Trump, the brother of Melania's father-in-law was a central figure in FBI examinations of Nikola Tesla's high voltage designed heritage. He was the leader of Van de Graaff's high voltage physics at MIT which used different techniques to reach the same goals as Tesla's coil, eventually not entirely focused on Tesla's central ideas of wireless distribution of energy. John Trump publicly announced his disappointment with Tesla's »death rays« as a special case of Tesla's wireless distribution of energy. John Trump stated that Tesla made no progress in last decade and a half, that is after early 1928 when Trump was undergraduate student at the Polytechnic Institute of Brooklyn not far from Tesla's hotel. Did John speak the truth or he used Tesla's achievements for his own business like so many others?

Keywords: history of vacuum techniques, history of physics, Central Europe, USA, Trump, Van de Graaff, Nikola Tesla

Leta 1938 je Tesla javno ponižal Vannevarja Busha, Roberta Van de Graaffa in Johna Trumpa, ko je dokazal, da dve njegovi majhni tuljavi dajeta več energije in učinkovitosti kot velikanski Van de Graaffov generator na MIT. Področja Trumpovih raziskav so bila: rentgenski žarki, sevanja, električnoprenosni

sistem in radar. Vsa so bila obenem tudi v domeni Tesle.

V začetku projekta Manhattan pod vrhovnim vodstvom Vannevarja Busha naj bi Tesla izumil smrtne žarke, o katerih so novinarji na široko razpravljali. Po Teslovi smrti v New Yorker hotelu 7. januarja 1943 je FBI zasegel njegovo dediščino (dokumente) in najel sina nemškega priseljenca, profesorja inženirstva visokih napetosti na MIT Johna Georga Trumpa (1907–1985) z OSRD (*Office of Scientific Research and Development*) pod vodstvom Vannevarja Busha. Trump naj bi raziskal Teslovo dediščino in ugotovil, kako smrtonosni utegnejo biti ti razvpiti žarki.

V tistih časih je Trump delal pri radarju kot sekretar Mikrovalovnega odbora britanske veje MIT, Laboratorija za sevanje, saj se je izkazalo, da so Britanci precej bolj napredovali pri razvoju radarja. Leta 1944 je Trump postal direktor laboratorija in je neposredno sodeloval s poveljstvom generala Eisenhowerja. Ob osvoboditvi Pariza se je Trump tam peljal skupaj z Eisenhowerjem in tako postal prvorazredna zvezda.¹

Po treh dneh preiskav Teslove zapuščine je Trump uradno poročal, da ni ničesar vojaško uporabnega v dokumentih Tesle v zadnjih petnajstih letih. Teslova dediščina je bila nato posredovana Teslovemu nečaku, vodilnemu izseljeniškem prokomunističnemu politiku Savi Kosanoviću (1894–1956), ki je bil nato Titov minister za informatiko v marcu 1945 in jugoslovanski veleposlanik v Washingtonu in Mehiki od 1946 do 1949. Sava je večino prejetega dal Teslovemu beograjskemu muzeju, s katerim je le-ta leta 2016 gostoval v Cankarjevem domu.

Brat Melanijinega tasta John Trump je bil torej osrednja osebnost FBI pri pregledu zapuščine Nikole Tesle glede visokonapetostnih dosežkov. Bil je vodja fizike visoke napetosti in poglavni sodelavec Van de Graaffa na MIT, kjer so uporabljali različne tehnike, da bi dosegli enake cilje kot Teslova tuljava.

Po diplomu v Brooklynu leta 1929 je John Trump magistriral iz fizike na oddelku Srba Mihajla Pupina (1858–1935), ki se je upokojil leta 1929 kot dekan fakultete za uporabne znanosti (fizike) na newyorški *Columbia University*. Med Trumpovimi učitelji so bili še George Braxton Pegram (1876–1958), docent, imenovan leta 1930, pozneje Nobelov nagrajenec za odkritje NMR leta 1944 Isidor Isaac Rabi (1898–1988),

¹ Smullin, Louis. 1989. John George Trump (ur. National Academy of Engineering). Memorial Tributes: National Academy of Engineering, 3: 333–335.

prav tako pa kemik Harold C. Urey, ki je dobil Nobelovo nagrado leta 1934 za svoje delo na *Columbia University* v New Yorku leta 1931. Sošolec Trumpa na Columbii je bil John Ray Dunning (1907–1975), ki je bil med poglavitnimi voditelji projekta Manhattan. Pupin in predsednik Woodrow Wilson (1856–1924) sta bila prostozidarja in prijatelja, Pupinov prijatelj pa je bil tudi Edison, čeprav je Pupin med »vojno tokov« potegnil raje z rojakom Teslo. Nikola Tesla ni bil prostozidar, vendar je bil njegov prijatelj Mark Twain (1835–1910) v loži. Pupin in Tesla sta se v ZDA odtujila drug drugemu, saj je Pupin podpiral Marconijev radio.

Šele po magisteriju je John Trump zapustil rodni New York, da se je na MIT lahko pridružil profesorju V. Bushu in novincu Robertu J. Van de Graaffu z oxfordskim doktoratom iz leta 1918. Bush je potisnil Trumpa v Van de Graaffove roke. V začetku leta 1932 je Van de Graaff izdelal vakuumski valj s približno 18 cm premera in vanj shranil vakuumsko izolacijo približno 10 mm med ploščama. Van de Graaff si je želel, naj bi Trump razvijal vakuumsko izolacijo pretvornika elektrostatične energije. Dne 6. oktobra 1932 je Trump predlagal gradnjo sinhronskega motorja 60 Hz, ki bi ustrezal Van de Graaffovemu vakuumskemu valju. Trump je predložil doktorsko tezo pod Van de Graaffovim nadzorom z naslovom »Vakuumski elektrostatični inženiring« 18. decembra 1933. Trump je obravnaval več vrst vakuumskih naprav vključno z enosmernim tokom generatorja s konstantno napetostjo. Trumpov sinhronski motor na izmenični tok so namestili na konec plošče Van de Graaffovega vakuumskega rezervoarja. Napravo so prvič pognali 9. avgusta 1933.

Trump je v svoji doktorski tezi obenem raziskal in preračunal Van de Graaffovo idejo o enosmernem toku v vakuumskem daljnovodu za prenos milijon kilovatov na razdalji 1000 milj z električno napetostjo milijon voltov ob izgubah energije v višini 2,5 %. Veliko cenejši vakuumski daljnovod bi po Trumpovem prepričanju lahko nadomestil tedanje podzemne vodnike, saj ni povzročal neželene korone, svetlobnih napak ali nestabilnosti. Cilj je bil popolnoma enak kot pri brezžičnem prenosu Teslove energije. Van de Graaff je s Trumpovo pomočjo vložil patentni zahtevek za elektrostatični generator 16. decembra 1931, potrjen pa je bil 12. februarja 1935. Vakuumski temeljni električni prenosni sistem s priljubljenim nazivom »tisoč milj vakuuma« je patentiral 5. julija 1932, potrdilo pa je prejel 17. decembra 1935.

Po doktoratu iz elektrotehnike leta 1933 je Trump na MIT postal Van de Graaffov raziskovalni sodelavec, docent leta 1936, redni profesor od 1952 do 1973

in zaslužni profesor od leta 1973 do 1980. Spomladi 1935 je John Trump razvil izolacije supervisokih napetosti v vakuumu, v stisnjenih plinih ali zraku. Napravo je namenil za jedrsko fiziko, kjer je briljiral s svojo zračno izolacijo generatorja 750 kV v kovinskem sistemu.

Trump je vzporedno preučeval razgradnjo organskih snovi v vakuumski izolaciji. V začetku poletja 1935 je Trump uporabljal svoj sesalni sistem za proizvodnjo visokonapetostnih rentgenskih žarkov za vodilnega raziskovalca raka dr. Richarda Dresserja s Harvarda. Trump je zasnoval biološke aplikacije visokonapetostnih sevanj reda velikosti megavolta za medicinsko zdravljenje raka, prav tako pa za konzerviranje hrane.² Z elektronskim žarkom dveh megavoltov je ekološko čistil umazanijo iz kanalizacijskih voda ali blata leta 1976, kar je bil njegov zadnji odmevni dosežek. Trumpova skupina je z donacijami iz sklada Godfreyja M. Hyamsa leta 1937 zgradila zračno izoliran megavoltni generator za Memorial Hospital v Huntingtonu za globoka tumorska zdravljenja. Naprava sicer ni najbolje delovala v vlažnih dneh. Leta 1938 je Trump izdelal generator 1,25 MV za glavno bolnišnico George Robert White v Massachusettsu. Izoliral ga je s stisnjenim plinom.

Sestavil je generator zmogljivosti 1,75 MV za Onkološko bolnišnico v Filadelfiji, ki pa je bila uporabljena za projekt Manhattan pri izdelavi bomb.

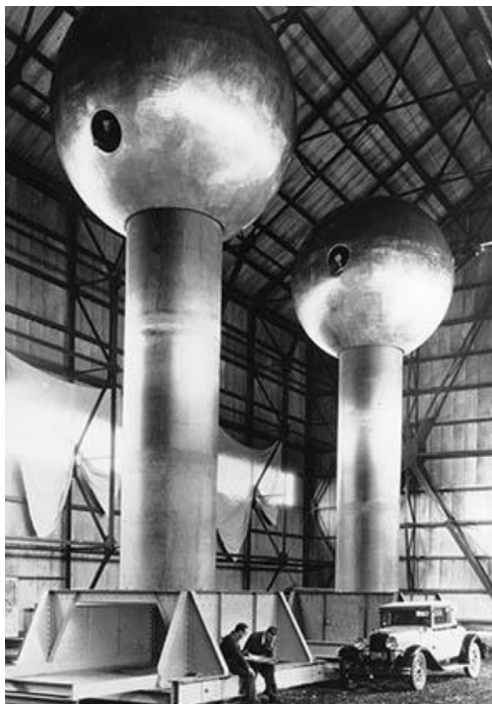
Julija 1945 je V. Bush v zelo branem časopisu *The Atlantic Monthly* objavil odmevni zapis Kot si lahko mislimo (*As We May Think*), ki je bil prav tako vpliven kot Emersonovo sporočilo ameriškim učenjakom leta 1837. Bush si je obetal razvoj znanja in ne le moči v prihodnosti. Razpravljal je o dosežkih Georga Mendla, Leibnizev in Babbagov prezgodnji razvoj računalnikov. Končno se je osredinil na razvoj fotografije in računalnikov, z na novo skovanim izrazom *memex* pa je označil shranjevanje knjig in drugih virov znanja v spomin.

Bushov zvesti učenec John Trump je bil strog recenzent Teslove inženirske dediščine v januarju 1943, vendar se je morda naučil iz Teslove dediščine veliko stvari, ki jih ni hotel uradno predstaviti v svojem poročilu za FBI. Po vojni se je John George Trump pridružil Van de Graaffu pri izdelovanju visokonapetostnih elektrostatičnih generatorjev, podobnih Teslovemu stolpu. Razlika med Teslovim in Trumpovim načinom je bila seveda v tem, da je Van de Graaff uporabljal v velikem obsegu triboelektrični učinek, ki je bil znan že dve stoletji, medtem ko je Tesla pri svoji tuljavi uporabljal pred kratkim odkriti resonančni transformator, ki ga je sam zasnoval leta 1891.

² Wildes, Karl. L.; Lindgren Nilo A. 1985. A Century of Electrical Engineering and Computer Science at MIT, 1882–1982, MIT Press, 160–163

Medtem ko se danes Van der Graaffov generator še pogosto uporablja, je danes edina resna uporaba Teslove tuljave odkrivanje netesnosti v steklenih vakuumskih sistemih. Teslova tuljava je sedaj v prvi vrsti zanimiva igrača, podobno kot je bila nekoč katodna elektronka v prvih desetletjih po izumu sredi 19. stoletja. Zgodovina se morda ponavlja in Teslovo tuljavo bržkone čaka podobno svetla prihodnost, ki jo je uprizorila katodna elektronka Karla Ferdinanda Brauna v Teslovih najboljših letih. Res pa je, da je na tovrstne Teslove posmrtno uspehe treba kar nekako dolgo, predolgo čakati.

John Trump je doktoriral iz elektrotehnike na MIT v času Hitlerjevega prevzema oblasti leta 1933, medtem ko je Robert Van de Graaff (1901–1967) na MIT sestavljal Grosse Bertho (Debelo Berto) v obliki 32-tonskega pospeševalnika, poimenovanega po nemškem topu iz prve svetovne vojne. Tesla seveda ni ostal kratkih rokavov, saj je izdelal svoj lastni Van de Graaffov generator leta 1934. Nekdanje Teslovo Westinghousovo podjetje je razvilo podobno napravo v predmestju Pittsburga za civilne jedrske raziskave leta 1937, sedemnajst let kasneje pa je Edvard Cilenšek v Ljubljani oblikoval svoj Van de Graaffov generator po vzoru Trump-Van de Graaffovega izdelka. Po vojni leta 1946 sta Trump in sodelavec pri razvoju radarja za *Royal Air Force* Denis M. Robinson (1907–1994) ustanovila podjetje *High Voltage Engineering Corporation* (MA). Robinson je bil glavni operativni uradnik (1946–1970) in predsednik uprave skupaj z Trumpom po letu 1970. Trump je bil



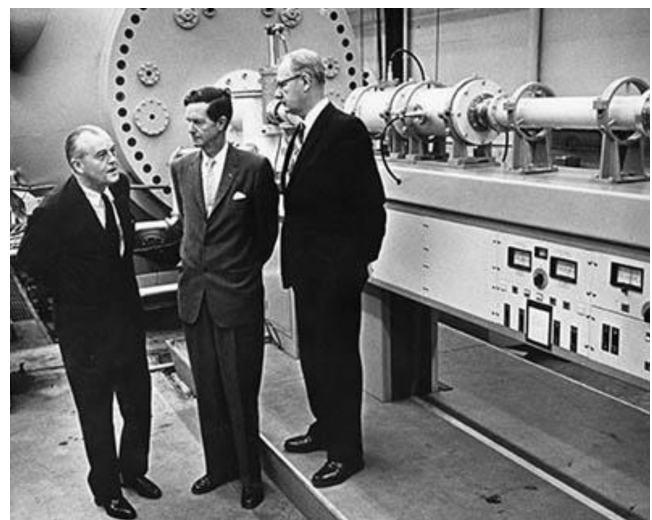
Slika 1: 12 m visoka Van de Graaffova generatorja na MIT, danes v Bostonskem muzeju znanosti



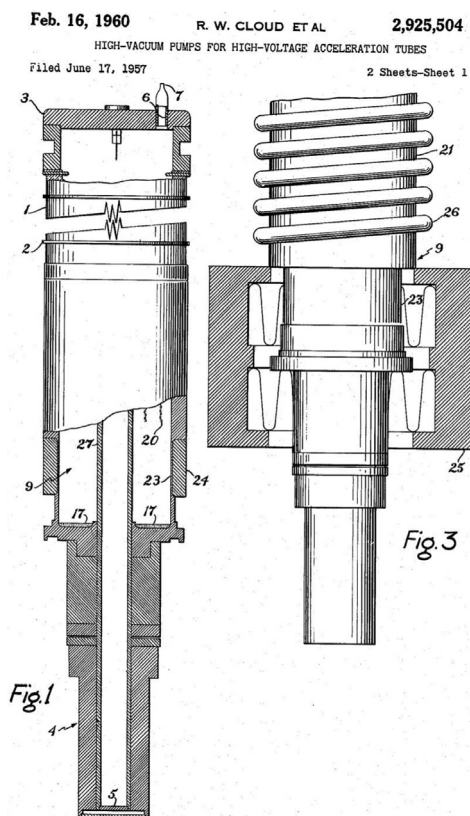
Slika 2: Newyorčan Trump desno in direktor MIT Radiation lab Lee DuBridge (1901–1994) iz Indiane v Parizu v vojaškem vozilu

tehnični direktor korporacije od leta 1970 do leta 1980, nato pa višji svetovalec.

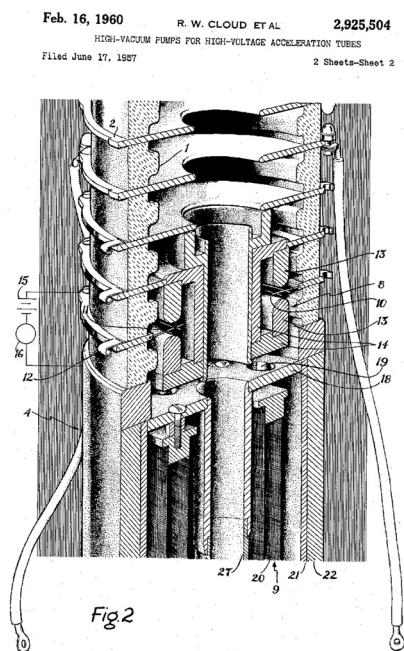
Robinson je doktoriral iz elektrotehnike na Univerzi v Londonu leta 1929, nato pa odšel na MIT za dve leti. Delal je pod pokroviteljstvom dekana oddelka za inženirstvo pri MIT imenovanega leta 1932 in kasnejšega predsednika Nacionalnega raziskovalnega odbora za obrambo in pobudnika projekta Manhattan prostozidarja Vannevarja Busha (1890–1974). Na MIT-u je Robinson sodeloval z Van de Graaffom in Trumpom. Robinson se je nato lotil dela za industrijo, dokler ga ni leta 1939 Charles Percy baron Snow (1905–1980) znova preusmeril v znanstveno delo. Snow je dve desetletji pozneje zasnoval znamenito domisljico o nepremostljivem prepadu med tehniško in humanistično kulturo. Robinson je skupaj s Trumpom razvijal radar pod vodstvom potomca Jamesa Watta. Tako sta Robinson in Trump kar trikrat zaporedoma prišla vkup med skupnim delom na dokaj različnih



Slika 3: Trump na desni, Van de Graaff na levi in Robinson vmes



Slika 4: Prva skica Trumpove in Cloudove patentne zahteve za vakuumsko črpalko s serijsko številko 666150, dne 17. junija 1957



Slika 5: Druga skica Trumpove in Cloudove patentne zahteve za vakuumsko črpalko s serijsko številko 666150, dne 17. junija 1957



Slika 6: John Trump

področjih vakuumске tehnike s podporo armadnega raziskovalnega središčnega laboratorija Natick, neda- leč proč od MIT-a, v isti državi Massachusetts. Z odobritvijo vojske je Trumpovo podjetje *High Voltage Engineering Corporation* (MA) razvilo metode za konzerviranje hrane s sevanjem visoke napetosti ob eksperimentiranju z baktericidnimi in virusocidnimi učinki. Do leta 1950 so za skoraj vsa obsevanja upo- rabljali rentgenske žarke. Uporabljali so vplive sipanja visokonapetostnih elektronskih žarkov na zlate lističe v vakuumu, tako kot si jih je svoj čas zamislil E. Rutherford. Končno so Trump, Van de Graaff in Robert W. Cloud (* 20. 8. 1914, Madison v Indiani) septembra 1976 iz Lexingtona prvi prestopili začrtani vzorec. Predlagali so neposredno uporabo visokona- petostnih elektronov.³

Trump in Cloud sta patentirala vakuumске črpalke za visokonapetostne pospeševalne elektrone s serijsko številko 666 150 dne 17. junija 1957. Ta izum se je nanašal na novo vrsto visokovakuumskih črpalok, ki je uporabljala aktivne kovinske getre, kot je barij v kombinaciji z aktivacijskim sredstvom, kot je bila, denimo, ionizacija. Še posebej se je izum nanašal na ionsko- getrsko vakuumsko črpalko, ki je bila predstavljena kot sestavni del pospeševalnika delcev.

Trump, Cloud in Lars Beckman so na MIT sestavili preprosto visokovakuumsko črpalko, ki je združevala velike površine neparjenega barija z virom ionizacije. Kljub zmerni črpalni hitrosti so s takšno barijevo ioni- zacijsko črpalko lahko dosegali visoki vakuum celo ob prisotnosti organskih tesnilnih materialov. Visoke temperature za napajanje barija so uporabili na

³ Trump, J. G., Cloud, R. W. Physical characteristics of supervoltage roentgen rays. *Am. J. Roentgenol.* 1940 44: 615; Trump J. G.; Van de Graaff, R. J.; Cloud, R. W. Cathode rays for radiation therapy. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1940 43: 728-734; Trump, J. G., Beckman, Lars; Cloud, R. W. November 1957. Barium Absorption Pumps for High-Vacuum Systems. *Review of Scientific Instruments*, 28/11: 889-892; Thomas, William. 7. 9. 2016. A profile of John Trump, Donald's accomplished scientist uncle. *Physics Today*.

začetku procesa ali pa periodično. Takšen absorpcijski proces so primerjali z oksidacijo kovin v zraku.

Donald Trump je seveda nečak Johna Georga Trampa, podobno kot je bil v Liki rojeni Kosanović Teslov nečak.⁴ Oba nečaka obeh elektroinženirjev sta postala vodilna politika, čeprav je bil Kosanović pre-

cej bolj levo usmerjen od Trampa. Seveda se politika in znanost vseskozi medsebojno mešata, saj prva prerazporeja denar, ki ga potrebuje druga. Vodilni raziskovalec NASE Dušan Petrač (* 1932) je seveda precej lepše gledal na ljudi, ki znanje proizvajajo, kot na tiste, ki ga zgolj razlagajo tako kot Slavoj Žižek.

⁴ Namig prof. dr. Rudolf Podgornika na mojem predavanju 14. septembra 2016; Amy Davidson, April 8, 2016, <http://www.newyorker.com/news/amy-davidson/donald-trumps-nuclear-uncle>.

DRUŠTVENE NOVICE

PRVO POSVETOVANJE O UPORABI PLAZME V KMETIJSTVU

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije je sredi aprila 2016 organiziralo prvo znanstveno srečanje na svetu s tematiko uporabe plinske plazme v kmetijstvu. Naslov posvetovanja je bil »CEI Workshop on Application of Advanced Plasma Technologies in Central European Agriculture, Austria Trend Hotel, Ljubljana, 17.–21. 4. 2016«. Znanstveno srečanje je sofinancirala Srednjeevropska pobuda (»CEI Initiative«). Udeležilo se ga je 45 strokovnjakov iz 19 držav. Namen posvetovanja je bil pregled aktivnosti na tem interdisciplinarnem področju, za katerega pričakujemo, da se bo v prihodnjih letih razvilo v enega od ključnih znanstvenih področij, kjer se fizika plinske plazme srečuje s kemijo, mikrobiologijo, biotehnologijo, medicino, farmacijo, živilsko tehnologijo in znanostjo o okolju. Raziskovalci so se dotaknili vseh štirih stebrov plazemskega kmetijstva:

1. Plazemska obdelava tekočih medijev in prsti z namenom odstranjevanja polutantov (tako kemijskih kot bioloških);
2. Obdelava semen za načrtovano in pospešeno kalitev ter za razvoj odpornejših zelenih rastlin;
3. Uporaba plazemske obdelane vode za preprečevanje okužb zelenih rastlin v vseh obdobjih rasti, šibka obdelava rastlin s plinskimi radikali in električnim poljem;
4. Plazemsko obdelana živil za dekontaminacijo in pasterizacijo ter za doseganje daljše obstojnosti.

Tako prst kot tekoči mediji za gojenje rastlin vsebujejo različne mikroorganizme. Mnogi so koristni ali celo nepogrešljivi za pravilno rast zelenih rastlin,

drugi pa škodljivi, kot na primer mnogi virusi, bakterije in plesni. Plinska plazma v medijih povzroči nastanek nestabilnih radikalov, ki so pogosto v vodi topni v majhnih količinah. Mnogi radikali reagirajo z mikroorganizmi in povzročijo njihovo deaktivacijo, kar je pogosto ugodno za rastline. Ključna naloga raziskovalcev je iskanje razmer, ki omogočijo hitro deaktivacijo škodljivih mikroorganizmov s čim manjšim vplivom na koristne. Plazemska obdelava tudi omogoči razgradnjo organskih nečistoč v vodi, na primer pesticidov, in zaradi tega pomeni perspektivno tehniko za čiščenje površinskih vod na kmetijsko intenzivnih področjih.

Večina plazemsko obdelanih semen izkazuje lastnosti, ki omogočijo hitro in načrtovano kalitev. Plazemska obdelava ima dve posledici, in sicer dekontaminacijo semen in aktivacijo površine, ki omogoči pospešeno absorpcijo vode. Dezinfekcija je pretežno posledica interakcije oksidativnih kisikovih in dušikovih radikalov z virusi, glivami in bakterijami, zaradi česar prepreči širjenje bolezni rastlin v začetni fazi razvoja. Obdelava s kisikovimi radikali omogoči tudi odstranitev hidrofobne površinske plasti na semenih, ki sicer zavira absorpcijo vode in s tem v naravi pogosto prepreči predčasno kalitev. Podaljšana plazemska obdelava povzroči tudi nanostrukturiranje površine semen in s tem povečano površino, kar prav tako vodi k hitrejši absorpciji vode, ki je nujna za kalitev semen. Tovrstna obdelava torej omogoči sočasno in hitro kaljenje semen, kar je še posebej



Slika 1: Srečanje je potekalo v hotelu Austria Trend, sofinancirala pa ga je Srednjeevropska pobuda (CEI).



Slika 2: Strokovno vodenje je prevzel podpredsednik DVTS Miran Mozetič (levo), med predavatelji je bil tudi vodja COST-projekta o električnih razelektritvah v tekočinah František Krčma (desno).



Slika 3: Udeleženci srečanja

pomembno za sajenje v klimatskih razmerah s pogosto sušo in zelo neenakomerno porazdelitvijo padavin. V perspektivi bodo pridelovalci obdelali seme pred sajenjem ali sejanjem, ki bo načrtovano za obdobje z ugodno vremensko napovedjo.

V času rasti je potrebno zaščititi kulture pred različnimi boleznimi. Sedaj se uporabljajo različna

fitofarmaceutvska sredstva, ki so navadno obremenitev za okolje. Številni raziskovalci so pokazali, da lahko plazemsko obdelana voda, s katero škropimo zelene rastline ali zgolj zalivamo koreninski sistem, ugodno vpliva na razvoj rastlin zaradi ravno pravnjega učinka celične sinteze reaktivnih kisikovih spojin, ki vpliva na



Slika 4: Nevena Puač (Srbija) je sodelovala kot predsednica odbora za pripravo COST-projekta s tematiko plazemskega



Slika 6: Masaharu Shiratani (Japonska) je poročal o hitri rasti gob kot posledici obdelave z visokonapetostnimi kratkotrajnimi razelektritvami.



Slika 5: Tina Steinbrecher (Velika Britanija) je predavala o vlogi reaktivnih kisikovih spojin v kaljenju semen.



Slika 7: Monica Magureanu (Romunija) je razložila vpliv plazemske obdelave na rast rastlin v zgodnji dobi po kalitvi semen.



Slika 8: Pietro Rocculi (Italija) med predavanjem o plazemski obdelavi rezanega sadja pred pakiranjem

processe v celicah. Obenem tovrstno škropljenje povzroči deaktivacijo virusov, bakterij in plesni, tako da lahko plazemska obdelava vode za škropljenje in/ali zalivanje zmanjša uporabo okolju neprijaznih sistemskih fitofarmaceutskih sredstev. Raziskovalci so pokazali spodbudne učinke na vinski trti in nekaterih vrstah zelenjave. Ključna prihodnja naloga je optimizacija postopka v smislu optimalnega zatiranja škodljivcev ob hkratnem omejenem vplivu na rastlinske celice. Prevelika doza plazemsko ustvarjenih radikalov je namreč škodljiva tudi za rastline.

Sodobni porabniki vedno bolj izbirajo živila, katerih priprava ne zahteva časovno zamudnega dela. Proizvajalci sledijo tej usmeritvi in ponujajo vrsto

izdelkov, na primer otrebljeno in očiščeno solato ali pa narezano sadje. V obeh primerih je treba zagotoviti čim daljšo obstojnost tako pripravljenih živil. Zaradi skrbi za zdravje porabnikov je uporaba mnogih sredstev za preprečevanje gnitja, plesnenja in podobnih učinkov omejena ali prepovedana. Alternativa je plazemska obdelava vode za čiščenje živil pred pakiranjem. Površino vode, ki jo uporabimo za končno obdelavo sadja in zelenjave, obdelamo z močnimi plinskimi razelektrivitvami, ki omogočijo nastanek v vodi topnih dušikovih in kisikovih radikalov, ki imajo izrazit dezinfekcijski učinek.

Da bi povečali učinkovitost tako pripravljene vode oziroma večjo koncentracijo radikalov, so raziskovalci razvili inovativne postopke, na primer elektropršenje vode skozi plinsko plazmo ali pa kar ustvarjanje plazme v mehurčkih zraka, ki ga vpihavajo v vodo podobno kot v akvarijih. Tako jim uspe bistveno povečati površino tekočine, ki je v stiku s plinsko plazmo, in s tem učinkovitost sinteze radikalov, ki je ključna pri bodoči uporabi tovrstnih tehnologij v živilski industriji.

Srečanje je organiziral večletni član DVTS dr. Gregor Primc, znanstveno vodenje pa je prevzel podpredsednik društva prof. dr. Miran Mozetič. Podrobnejše informacije so dostopne na spletu www.plasmadis.com/wp/waapt-in-cea.

Dr. Gregor Primc, prof. dr. Miran Mozetič

NAŠE DRUŠTVO JE JUNIJA 2016 V PORTOROŽU ORGANIZIRALO ZDRUŽENO VAKUUMSKO KONFERENCO JVC-16 IN EVROPSKO VAKUUMSKO KONFERENCO EVC-14

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije je od 6. do 10. junija 2016 skupaj organiziralo 16. združeno vakuumsko konferenco (Joint Vacuum Conference, JVC-16), 14. evropsko vakuumsko konferenco (European Vacuum Conference, EVC-14) in 23. Hrvaško-slovenski mednarodni sestanek Vakuumška znanost in tehnika.

Konference JVC tradicionalno izmenično vsaki dve leti organizirajo vakuumška društva Slovenije, Hrvaške, Avstrije, Madžarske, Češke in Slovaške. Naše društvo je v preteklosti organiziralo že nekaj konferenc JVC, in sicer JVC-4 v Portorožu leta 1988, JVC-6 leta 1995 na Bledu in JVC-10 leta 2004 v Portorožu. V letu 2016 je za organizacijo JVC-16 konference zopet prišlo na vrsto naše društvo, k tej konferenci pa se je priključila še Evropska vakuumška konferenca EVC-14. Področja, ki jih je obravnavala združena konferenca JVC-16/EVC-14, so bila: vakuumška znanost in tehnika, znanost o površinah, nanotehnologije, tanke plasti in prevleke, elektronski materiali, znanost o plazmi, biološke aplikacije in drugo. Konferenca EVC-14 je potekala pod pokroviteljstvom mednarodne vakuumške zveze IUVSTA.

Veliki konferenčni dogodek je potekal v kongresnem centru Bernardin v Portorožu od 6. do 10. junija 2016. Že v nedeljo, 5. junija, je bil sprejem za

udeležence. Na konferenci je sodelovalo 180 udeležencev. Predavanja so potekala v angleškem jeziku v dveh, včasih pa tudi v treh vzporednih sekcijah.

Predsednik konference je bil doc. dr. Janez Kovač, podpredsedniki pa doc. dr. Miha Čekada, Manfred Leisch in John Colligon.

Člani mednarodnega programskega odbora so bili: Ivana Capan (Hrvaška), Slobodan Milošević (Hrvaška), Manfred Leisch (Avstrija), Alberta Bonanni (Avstrija), Karel Mašek (Češka), Vítězslav Straňák (Češka), Béla Pécz (Madžarska), László Óvári (Madžarska), prof. dr. Miran Mozetič (Slovenija), prof. dr. Monika Jenko (Slovenija), dr. Janez Šetina (Slovenija), Lubomir Vanco (Slovaška), Andrej Vincze (Slovaška), Jay Hendricks (ZDA), Lars Westerberg (Švedska), Christian Day (Nemčija) in Joe Herbert (Velika Britanija).

Člani mednarodnega organizacijskega odbora so bili: Maja Buljan (Hrvaška), Marko Kralj (Hrvaška), Robert Franz (Avstrija), Matthias Bartosik (Avstrija), Stanislav Novak (Češka), Martin Papula (Češka), Katalin Balázsi (Madžarska), Attila Csik (Madžarska), doc. dr. Matjaž Godec (Slovenija), dr. Peter Panjan (Slovenija), Jozef Novak (Slovaška) in Miroslav Michalka (Slovaška).



Slika 1: Skupinska fotografija udeležencev konference JVC-16/EVC-14 v Portorožu

Plenarni predavatelji na konferenci

- John Colligon (University of Huddersfield, Huddersfield, Velika Britanija): *Ions, surfaces and thin films: 55 years of pressure-free study*
- Vincent Baglin (CERN, Ženeva, Švica): *The LHC vacuum system: Operation, challenges and upgrades*
- Vladimír Matolín (Charles University, Praga, Češka): *PVD of advanced nano-catalysts for sustainable energetics*
- Alberto Morgante (CNR-IOM, Trieste University, Trst, Italija): *Ultrafast charge injection at complex interfaces: organic-organic, organic-inorganic and organic-graphene*
- Hans-Peter Steinrück (University Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Nemčija): *In situ studies of surface reactions – from small molecules to liquid organic hydrogen carriers*

Vabljeni predavatelji na konferenci

- Eric Daniel Glowacki (Johannes Kepler University, Linz, Avstrija): *Nature-inspired organic hydrogen-bonded thin films for sustainable and biocompatible electronics*
- Wolfgang Werner (Vienna University of Technology, Dunaj, Avstrija): *Managing low energy electrons (LEE): emission from solids, analytical probes, generation (or avoidance!) for technological applications*
- Frank Moerman (Catholic University of Leuven, Leuven, Belgija): *Hygienic design of vacuum systems for the food industry*
- Mile Ivanda (Rudjer Bošković Institute, Zagreb, Hrvaška): *Development and applications of silicon nanostructuring*
- Marin Petrović (Institute of Physics, Zagreb, Hrvaška): *Epitaxial graphene hybrids - beyond a 2D sheet of carbon*
- Jiří Červenka (Institute of Physics ASCR, Praga, Češka): *Graphene field-effect transistors as molecule specific probes of molecules*
- Jiří Tesař (Czech Metrology Institute, Brno, Češka): *Modern methods of XHV metrology*
- Jakub Drnec (European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija): *From vacuum to fuel cells*
- Stefan Wilfert (GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Nemčija): *Challenges in the development of the vacuum system of the heavy ion synchrotron SIS100 at FAIR*

- Volker Rohde (Max Planck Institut für Plasma-physik, Garching, Nemčija): *ASDEX Upgrade: vacuum systems at a midsize tokamak experiment*
- Wladimir Sabuga (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Nemčija): *Industrial standards in the intermediate pressure-to-vacuum range – outline of a European joint research project*
- Levente Tapasztó (Hungarian Academy of Sciences, Centre for Energy Research, Budimpešta, Madžarska): *Revealing the atomic and electronic structure of 2D crystals by scanning tunneling microscopy*
- Dezső Beke (University of Debrecen, Debrecen, Madžarska): *Peculiarities of diffusion and solid state reactions on nanoscale in thin films and multilayers*
- Aleksander Drenik (Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana, Slovenija): *Study of plasma-wall interaction in fusion devices by residual gas analysis*
- Matjaž Panjan (Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana, Slovenija): *Magnetron sputtering: Why is magnetron plasma organized in dense, periodic regions?*
- Jaroslav Bruncko (International Laser Centre, Bratislava, Slovaška): *Pulsed laser deposition of transparent conductive oxides based on ZnO*
- Ivo Vavra (Institute of Electrical Engineering, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovaška): *Nanoporous metallic films for catalysis*
- Kilian Marti (Federal Institute of Metrology METAS, Bern, Švica): *Effect of vacuum-air transfer on new materials used for mass standards*
- Corey Stambaugh (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, ZDA): *Bridging the great pressure divide with magnetic suspension: Vacuum-air mass metrology at NIST*
- Jack Stone (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, ZDA): *Pico-meters to pascals: Dimensional measurements and new photonic pressure standards*

Organizacija konference je bila v glavnem v rokah članov lokalnega organizacijskega odbora, ki so ga sestavljali: dr. Gregor Jakša, doc. dr. Alenka Vesel, dr. Matjaž Panjan, dr. Ita Junkar, dr. Gregor Primc, dr. Barbara Šetina Batič, Miro Pečar, dr. Matej Hočevar in Tinkara Bezovšek.

Tehnično organizacijo konference, kot je priprava spletnih strani, registracija udeležencev, organizacija konferenčnega izleta, konferenčne večerje, prevozov in drugo je izvedlo podjetje Albatros z Bleda, ki je specializirana za kongresne dejavnosti. Iz Albatrosa sta nam zelo pomagala g. Boris Ljubič in ga. Nina Bernard.

Spletna stran konference je na naslovu: www.jvc-evc-2016.org, sedaj pa je spletna stran dostopna tudi na straneh našega društva www.dvts.si/JVC16.

Prva najava konference in pošiljanje vabil udeležencem se je začelo v oktobru 2015. Registracija udeležencev je potekala od januarja do marca 2016 in oddaja povzetrok je bila do konca marca 2016.

Na konferenci je bilo pet plenarnih predavanj, dvajset vabljenih predavanj in 75 regularnih predavanj. V dveh posterskih sekcijah je bilo predstavljenih 55 posterjev. Konference se je udeležilo 17 sponzorjev in razstavljalcev vakuumske opreme.

Udeleženci konference so prihajali iz 25 držav. Najštevilčnejši so bili iz Slovenije (21), po številu pa so sledili udeleženci iz Madžarske (20), Nemčije (19), Češke (17), Hrvaške (13) in Avstrije (10).

Znanstveni prispevki, ki so bili predstavljeni na konferenci JVC-16/EVC-14, bodo po postopku recenzije objavljeni v posebni številki revije Vacuum, ki jo izdaja založba Elsevier. Gostujoči uredniki pri tej posebni številki so doc. dr. Miha Čekada, doc. dr. Janez Kovač in dr. Janez Šetina.

Med konferenco je bilo v Portorožu precej lepo vreme, tako da so nekateri udeleženci to izkoristili tudi za obisk plaže, Pirana in portoroške okolice. Konferenčni izlet je bil v Škocijanske jame in ta izlet je na mnoge udeležence naredil zelo impresiven vtis. Konferenčna večerja je bila v Smaragdni dvorani



Slika 2: Konference JVC-16/EVC-14 se je udeležilo 180 udeležencev iz 25 držav, ki so predstavili 5 plenarnih predavanj, 20 vabljenih predavanj, 75 regularnih predavanj in 55 posterjev.

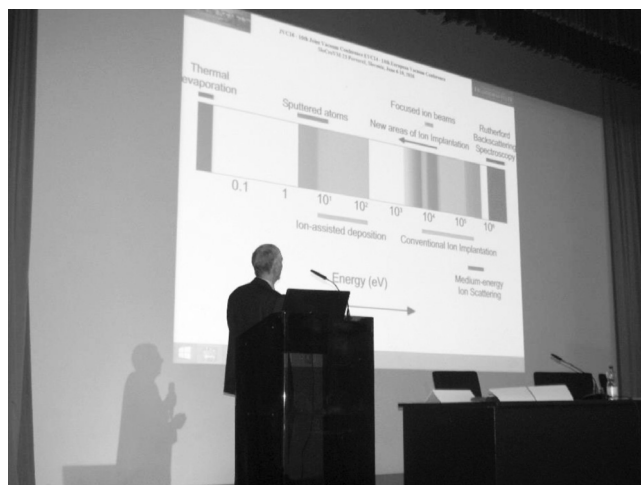
hotela Bernardin. Večerjo je popestril nastop folklorne skupine Šavrinski godci, ki je predstavila lokalne napeve in tradicionalna istrska oblačila. Vakuumske konference so se med enodnevnim obiskom udeležili tudi nekateri starejši člani našega društva.

Mnogi udeleženci konference so izrazili zadovoljstvo nad brezhibno organizacijo, nad atraktivnostmi Portoroža in okolice ter nad znanstvenim programom konference. Organizatorji smo zadovoljni, da je organizacija in izvedba konference potekala uspešno in da se je konference JVC-16/EVC-14 udeležilo veliko število udeležencev. Ob tej priložnosti se zahvaljujemo vsem, ki ste pripomogli k uspešni konferenci JVC-16/EVC-14.

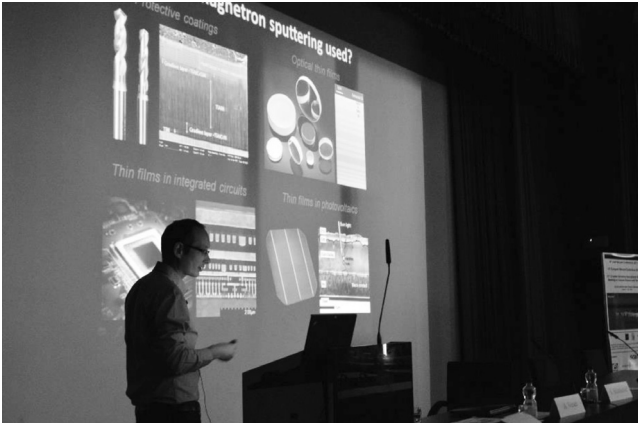
Doc. dr. Janez Kovač,
predsednik konference JVC-16/ EVC-14



Slika 3: Doc. dr. Janez Kovač, predsednik konference JVC-16/EVC-14, med pozdravnim nagovorom ob odprtju konference JVC-16/EVC-14



Slika 4: Uvodno predavanje na konferenci je imel John Colligon z naslovom: *Ions, surfaces and thin films: 55 years of pressure-free study*



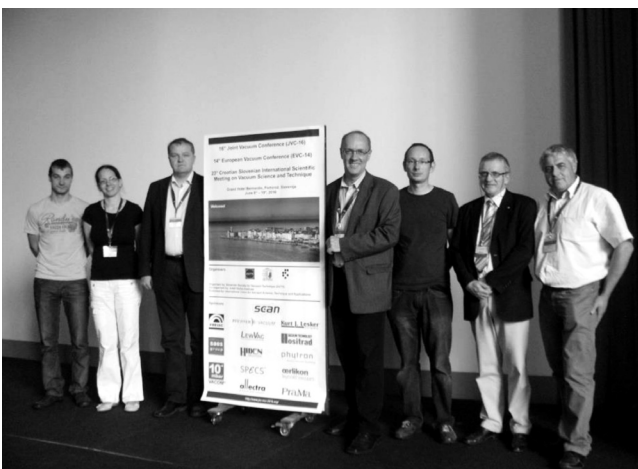
Slika 5: Zelo zanimivo predavanje dr. Matjaža Panjana z Instituta »Jožef Stefan« o svojem podoktorskem delu na Lawrence Berkeley National Laboratory, ZDA, zakaj je magnetronska plazma organizirana v gostih periodičnih valovih.



Slika 8: Konferenčna večerja je bila v Smaragdni dvorani hotela Bernardin. Popestril jo je nastop glasbeno-folklorne skupine Šavrinski godci.



Slika 6: Na dveh posterskih sekcijah je bilo predstavljeno 55 posterjev. Ob teh je bilo dovolj časa in prostora za intenzivno debato.



Slika 7: Ožja skupina organizatorjev konference, ki je ves čas skrbela za uspešno izvedbo (od leve proti desni): dr. Gregor Jakša, doc. dr. Alenka Vesel, doc. dr. Miha Čekada, doc. dr. Janez Kovač, dr. Matjaž Panjan, Boris Ljubič (agencija Albatros) in dr. Janez Šetina



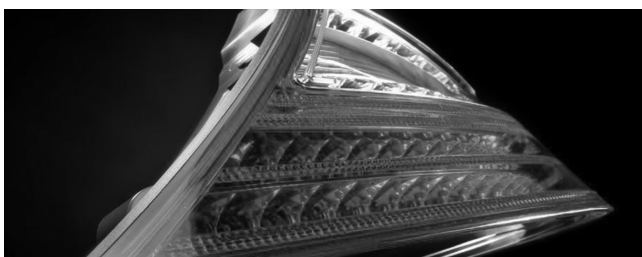
Slika 9: Naslovna stran zbornika konference JVC-16/EVC-14



Slika 10: Logotipi razstavljalcev in sponzorjev konference JVC-16/EVC-14

VABILO NA STROKOVNO EKSKURZIJO V PODJETJE ODELO V PREBOLDU IN NA OBČNI ZBOR DRUŠTVA DVTS DNE 9. 11. 2016

Člane Društva za vakuumsko tehniko Slovenije in simpatizerje vabimo na strokovno ekskurzijo v podjetje Odelo iz Prebolda. Ekskurzija bo v sredo, 9. 11. 2016. Organiziran bo prevoz z avtobusom ob 13. uri izpred stavbe starega Tehnološkega parka Ljubljana (nekdanji IEVT) na Teslovi 30. Ogled podjetja Odelo v Preboldu bo predvidoma od 14. do 16. ure. Ogledali si bomo proizvodnjo zadnjih avtomobilskih luči za najprestižnejše avtomobilске znamke. V njihovi proizvodnji je pomemben tehnološki korak tudi vakuumška metalizacija luči, ki si jo bomo pogloblje ogledali.



Slika 1: V podjetju Odelo v Preboldu izdelujejo konstrukcijsko zahtevne in izboljšane luči za avtomobile znamk Mercedes, Audi, Volkswagen, BMW, Porsche, Ferrari, Rolls-Royce in druge.



Slika 2: Podjetje Odelo v Preboldu razvija in proizvaja zapletene sisteme zadnjih in LED-luči za avtomobilsko industrijo. Z neprestanimi inovacijami in uporabo najsodobnejših tehnologij (tudi vakuumskih) si zagotavlja vodilno vlogo v proizvodnji avtomobilskih zadnjih luči. V podjetju Odelo so prvi uvedli zadnjo luč z izključno LED-diodami. Večino svojih izdelkov podjetje Odelo dobavi nemški avtomobilski industriji – tu ima podjetje Odelo 20-odstotni tržni delež. Več si o podjetju Odelo lahko preberete na straneh www.odelo.si.

Po ogledu bo od 17. do 18. ure **občni zbor društva DVTS** v gostišču Grof na Vrskem.

Program občnega zbora bo:

1. Poročilo o preteklem delu društva
2. Razrešnica starim funkcionarjem in odborom
3. Volitve vodstva društva za obdobje 2016–2019
4. Program dela v naslednjem obdobju
5. Razno

Po občnem zboru bo popoldansko kosilo. Če se ne boste udeležili izleta, lahko pridete direktno na občni zbor v gostišče Grof, Čeplje 12, Vrnsko (ob izvozu iz avtoceste).

Vrnitev v Ljubljano bo predvidoma ob 20. uri. Simpatizerji so vabljeni, da se včlanijo v naše vakuumsko društvo (članarina 25 EUR).

Interesenti naj se prijavijo do 3. 11. na elektronski naslov janez.kovac@ijs.si ali info@dvts.si oziroma po telefonu (01) 477 3403.

Vabljeni!

Doc. dr. Janez Kovač, predsednik DVTS

SPOROČILO ZA JAVNOST

Turbomolekularne in membranske črpalke v laboratoriju, analitiki in biotehnologiji

Aslar, Nemčija, 4. april 2016. Pfeiffer Vacuum, vodilni svetovni dobavitelj na področju vakuumske tehnologije, je na sejmu Analytica v Münchnu 10.–13. maja predstavil nove turbomolekularne in membranske črpalke. »V vse bolj konkurenčnem okolju velja Pfeiffer Vacuum kot idealno umeščeno in zelo solidno podjetje. Ponosni smo, da so pri nas razviti izdelki v obsegu laboratorijske tehnologije, analitike in biotehnologije v zadnjih letih postavili nove standarde v celotni vakuumski industriji. Zato smo bili zavezani k predstavitvi novih turbomolekularnih in membranskih črpalk na Analytici,« je povedal Manfred Bender, generalni direktor Pfeiffer Vacuum Technology AG.

HiPace 30

Najmanjša, visoko zmogljiva turbomolekularna črpalka na trgu

S črpalno hitrostjo 32 l/s je HiPace 30 za sedaj najzmogljivejša turbomolekularna črpalka te velikosti na trgu. Zaradi svoje majhne velikosti in nizkega nivoja vibracij je črpalka še posebej primerna za integracijo v kompaktne analitske sisteme, kot so prenosni masni spektrometri, majhni elektronski

mikroskopi in detektorji netesnosti. S skupno maso le 2 kg je HiPace 30 idealen za prenosne aplikacije. Dovršena konstrukcija rotorja v HiPace 30 omogoča velik pretok plina in izjemno kompresijo lahkih plinov, kar zagotavlja majhno residualno atmosfero ozadja, kar je idealno za uporabo v masnih spektrometrih.

HiPace 300 H

Turbomolekularna črpalka z visoko kompresijo za lahke pline

Z novim HiPace 300 H predstavlja Pfeiffer Vacuum najmočnejšo kompresijo, ki je sedaj dosegljiva v turbomolekularnih črpalkah razreda črpalnih hitrosti okoli 300 l/s. S kompresijskim razmerjem 10^7 za vodik je primerna za ustvarjanje visokega in ultravisokega vakuuma. Visoko kompresijsko razmerje zagotavlja nizek spekter residualnih plinov v komori, kar je ugodno na primer za aplikacije v masni spektroskopiji.

Napredna konstrukcija rotorjev v HiPace 300 H zagotavlja zelo visok kritični predvakuum okoli 30 hPa. Tako lahko črpalke dosežejo ultravisoki vakuum, čeprav delajo pri visokem predtlaku, kot se to zgodi v kombinaciji z membranskimi črpalkami.



Z uporabo integrirane funkcije »vmesno delovanje« HiPace 300 H vklopi povezano predčrpalko le tedaj, ko predtlak ni več zadosten. Tako se zmanjša poraba energije celotnega vakuumskega sistema za 90 odstotkov.

Črpalke HiPace 30 in HiPace 300 H uporabljata t. i. hibridne ležaje. Gre za kombinacijo keramičnih krogličnih ležajev na predvakuumski strani in radialnih ležajev s permanentnimi magneti na visokovakuumski strani. Ta koncept se je izkazal kot zelo robusten in omogoča visoko ponovljivost in dolgo obstojnost.

Membranske črpalke za turbomolekularne črpalke HiPace – čisti, »suhi« vakuum

Ker so turbomolekularne črpalke HiPace opremljene z napajalnikom za 24 V enosmerne napetosti, so membranske črpalke serije MVP DC idealne predčrpalke. Brezkrtačni enosmerni motor omogoča nastavitve hitrosti glede na specifične zahteve posamezne aplikacije. V avtomatskem načinu »boost mode« črpalka deluje pri polni hitrosti, obrate pa zmanjša šele, ko je dosežen zahtevani vakuum. Tako

so zagotovljeni visoka zmogljivost, dolgi intervali med servisi ter nizek nivo šuma in vibracij.

Instalacija sistema je enostavna in poceni, saj uporablja enotno komunikacijo s konektorjem »D-sub«. Črpalke serije MVP DC so idealne za integracijo v vse manjše analitske sisteme, turbomolekularne črpalne postaje in mobilne aplikacije, saj so lahke in kompaktne.

Dvostopenjske črpalke so opremljene z magnetnim balastnim ventilom, kar izboljša procesno zanesljivost in obstojnost opreme. Dovoljeni temperaturni obseg je 5–40 °C, obsega pa širok spekter aplikacij. Vzdrževanje črpalke je enostavno, servisni intervali pa dovolj dolgi (okoli dve leti), zato so operativni stroški nizki.

Druga pomembna prednost membranskih črpalke je njihova velika obstojnost. Membranske črpalke delujejo ne le zanesljivo, temveč tudi pri nizkem nivoju šuma in vibracij, to pa je še posebej pomembno na občutljivih mestih. Nivo šuma je precej nižji kot pri rotacijskih črpalkah.

Poleg individualnih komponent ponuja Pfeiffer Vacuum tudi kompaktne visokovakuumske črpalne postaje. Črpalne postaje HiCube so dobavljene v stanju, da lahko takoj začnejo delovati.

NAVODILA AVTORJEM PRI PRIPRAVI PRISPEVKOV

Tematsko Vakuumist obsega širše področje vakuumskih znanosti in tehnologij, fiziko in kemijo tankih plasti in površin, analitiko površin, fiziko plazme, vakuumsko metalurgijo ter zgodovino vakuumske znanosti. Vsebinsko objavljamo štiri skupine prispevkov:

- **znanstveni članki** o aktualnih raziskavah s področja vakuumske znanosti in sorodnih področij;
- **strokovni članki**, kot so predstavitev novosti v svetu, zgoščen pregled nekega področja, primeri uvajanja tehnologij v prakso ipd.;
- **praktični nasveti** reševanja konkretnih vakuumskih problemov v laboratoriju;
- **kratke novice** o društvenem dogajanju, organizaciji konferenc, predstavitve knjig ipd.

Znanstveni in strokovni prispevki so recenzirani. Če je članek sprejet (po recenzentovem in lektorjevem pregledu), avtor vrne popravljen članek uredniku Vakuumista. Prispevki morajo biti napisani v slovenskem jeziku.

Avtorji prispevka so v celoti odgovorni za vsebino objavljenega sestavka. Z objavo preidejo avtorske pravice na izdajatelja. Pri morebitnih kasnejših objavah mora biti periodična publikacija Vakuumist navedena kot vir.

VSEBINA ROKOPISA

Rokopis naj bo sestavljen iz naslednjih delov:

1. naslov članka (v slovenskem in angleškem jeziku)
 2. podatki o avtorjih (ime in priimek, institucija, naslov institucije)
 3. povzetek (v slovenskem in angleškem jeziku, 100–200 besed)
 4. ključne besede (v slovenskem in angleškem jeziku, 3–6 besed)
 5. besedilo članka v skladu s shemo IMRAD (uvod, eksperimentalne metode, rezultati in diskusija, sklepi)
 6. seznam literature
 7. morebitne tabele z nadnapisi
 8. podnapisi k slikam
 9. slike (risbe, fotografije), ki naj bodo priložene posebej
- Praktični nasveti in kratke novice so brez povzetka, ključnih besed in literature, vsebinska zasnova besedila pa ni strogo določena.

TEHNIČNE ZAHTEVE ZA ROKOPIS

- Tekst naj bo shranjen v formatu doc, docx ali rtf. Formata tex ali pdf za tekst nista primerna.
- V dokumentu naj bo čim manj avtomatskih indeksov, križnih povezav (linkov) in stilističnih posebnosti (različni fonti, formati, poravnave, deljenje besed). Pri oblikovanju se omejite na kaze **mastno**, *poševno*, ^{potenca} in posebni znaki. Formule oblikujte bodisi tekstovno ali z urejevalnikom (npr. equation editor), lahko pa jih vključite v tekst kot slikovni objekt.
- Tekst naj bo smiselno razdeljen na poglavja in podpoglavja (detajlnejša delitev ni zelena), naslovi pa naj bodo oštevilčeni z vrstilci, npr. »2.1 Meritve tlaka«.

- Na vse literaturne vire, tabele in slike morajo biti sklici v tekstu. Vrstni red literaturnih virov, tabel in slik naj sledi vrstnemu redu prvega sklica nanje.
- Primeri sklicevanja: na literaturne vire [1], na enačbe (1), na tabele tabela 1, na slike slika 1. Vse samostojno stoječe enačbe naj bodo ob robu označene, npr. (1). Če je slika iz več delov, naj bodo posamezni deli označeni s črkami: a), b), c), č) itd., in sicer tako na sliki kot na podnapisu.
- Literaturni viri morajo biti popolni (brez okrajšav et al., ibid ...). Izogibajte se težko dostopnih virov (prospekti, seminarske naloge, neobjavljene raziskave, osebna korespondenca). Primeri pravilnih zapisov:
 - monografija: S. Južnič, Zgodovina raziskovanja vakuuma in vakuumskih tehnik, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Ljubljana, 2004, str. 203
 - članek v periodični publikaciji: M. Finšgar, I. Milošev, *Vakuumist*, 29 (2009) 4, 4–8
 - prispevek v zbornikih posvetovanj: Novejši razvoj trdih zaščitnih PVD-prevlek za zaščito orodij in strojnih delov, Zbornik posvetovanja Orodjarstvo, Portorož, 2003, 121–124
 - dostopno na svetovnem spletu: UK ESCA Users Group Database of Auger parameters, <http://www.uksaf.org/data/table.html>, zadnjič dostopano: 11. 2. 2010
- Tabele naj bodo oblikovno enostavne. V rokopisu naj stojijo na koncu dokumenta. Za ločevanje stolpcev uporabljajte tabulatorje (ne presledkov) ali tabelarično formo urejevalnika.
- Slike naj bodo shranjene posebej v navadnih formatih (tif, png, jpg), lahko tudi združeni v en dokument (pdf, ppt). Slik ne vstavljajte v tekstualni del rokopisa! Poskrbite za ustrezno resolucijo, še posebej pri linijskih slikah. Slike naj bodo črno-bele ali v sivih tonih, ne barvne.
- Črkovne oznake na slikah naj bodo take velikosti, da je po pomanjšavi na širino enega stolpca (7,9 cm) velikost znakov najmanj 1,2 mm. Priporočljiv je oblikovno enostaven font, npr. Arial.
- Pri pisanju veličin in enot se držite načel standarda ISO-31 (veličine pišemo poševno, enote pokončno, isto pravilo velja tudi za grške črke). Osi grafov in vodilne vrstice tabel pišemo v obliki *veličina*/enota, npr. *m/kg*.

UREDNIŠTVO

Rokopise pošljite na naslov miha.cekada@ijs.si. Kontaktni podatki uredništva so:
doc. dr. Miha Čekada
glavni in odgovorni urednik Vakuumista
Institut »Jožef Stefan«
Jamova 39
1000 Ljubljana
e-pošta: miha.cekada@ijs.si
tel.: (01) 477 38 29
faks: (01) 251 93 85



50 YEARS OF LEAK DETECTION

Experience makes sense!

Pfeiffer Vacuum is the supplier with the widest range of leak detectors on the market. We provide solutions for applications using helium and hydrogen as tracer gas.

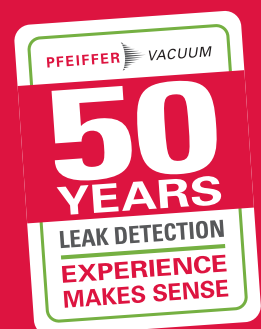
From portable devices to complex high end leak detectors – we always offer the optimum solution to detect leakages in many different industrial sectors.

Competence, quality and service from a single source.



Learn everything
about leak detection here:

leak-detection.pfeiffer-vacuum.com



Are you looking for a perfect leak detection solution? Please contact us:

SCAN d.o.o. Preddvor · T +386 4 2750200 · F +386 4 2750240 · info@scan.si

Pfeiffer Vacuum Austria GmbH · T +43 1 8941704 · F +43 1 8941707 · office@pfeiffer-vacuum.at

www.pfeiffer-vacuum.com