

ICONISMUS XI



VAKUUMIST

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

53 let
DVTS

LJUBLJANA, DECEMBER 2012

ISSN 0351-9716

LETNIK 32, ŠT. 4

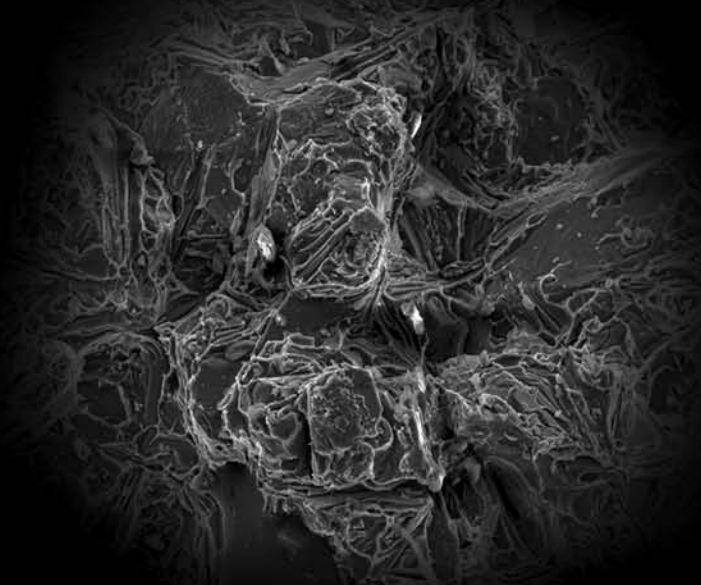
UDK 533.5.62:539.2:669-982



JEOL Application Driven Solutions for Material Sciences

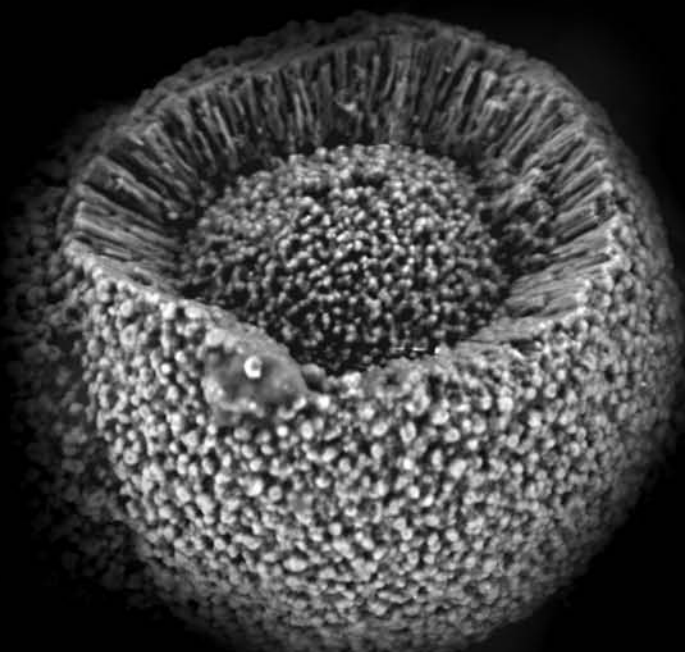


Jet Turbine

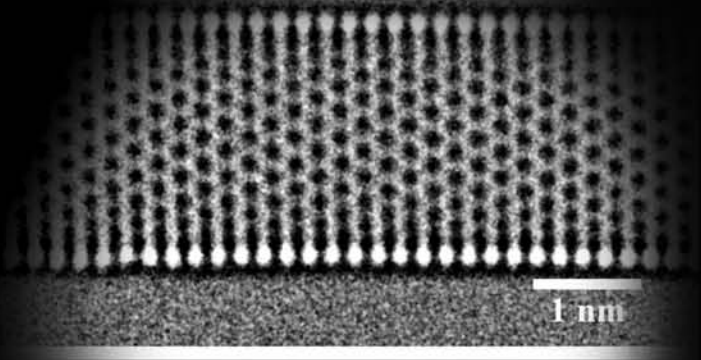


Ductile fracture taken on JSM-6610LV

Bring your samples to one of our European
Application Centres and see for yourself



Spray Coating taken on JSM-7600F



From subatomic imaging through to large
sample failure analysis; JEOL instruments
lead the way in Materials development

Carbon Nanotube, taken on a double
corrected 2200FS at 80KV

JEOL
www.jeol.com
+44 (0)1707 377117
euro.sales@jeol.com



SCAN d.o.o., Preddvor
Nazorjeva 3 · SI-4000 Kranj · Phone +386-4-2750200
Fax +386-4-2750420 · info@scan.si

Spray coating, courtesy of SIFCO
Ductile fracture taken for an episode of BBC's Waking the Dead
Carbon Nanotube, courtesy of Jamie Warner, Neil Young and Angus Kirkland, Oxford University

VAKUUMIST 32/4, december 2012

VSEBINA

ČLANKI

Obdelava polimernih podlag z nizekotlačno kisikovo plazmo za boljšo vezavo malignih človeških kostnih celic Nina Recek, Miran Mozetič, Alenka Vesel	4
Sinteza kvazikristalov in kvazikristalnih zlitin Tonica Bončina, Franc Zupanič	8
Slovenec z vakuumskim balonom (ob 200-letnici prvega slovenskega balonarja) Stanislav Južnič	15

NASVETI

Orientacija vzorcev in identifikacija motivov pri mikroskopiji Miha Čekada	28
--	----

DRUŠTVENE NOVICE

Pregled konferenc v letu 2013	31
Sporočilo za javnost (Pfeiffer Vacuum)	32
Štoštirinajsti sestanek izvršnega odbora mednarodne vakuumske zveze IUVSTA Miran Mozetič	33

VAKUUMIST

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

Izid publikacije je finančno podprla Javna agencija za knjigo 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, doc. 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: Littera picta, d. o. o., Rožna dolina, c. IV/32–36, 1000 Ljubljana

Naklada: 320 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 37 96

faks.: (01) 251 93 85

OBDELAVA POLIMERNIH PODLAG Z NIZKOTLAČNO KISIKOVO PLAZMO ZA BOLJŠO VEZAVO MALIGNIH ČLOVEŠKIH KOSTNIH CELIC

Nina Recek, Miran Mozetič, Alenka Vesel

ZNANSTVENI ČLANEK

Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Vakuumske tehnologije si postopoma utirajo pot v biologiji in medicini. Sodobni tehnološki postopek za obdelavo podlag, na katerih se razraščajo biološke celice, je obdelava z nizkotlačno plinsko plazmo. V prispevku opisujemo vpliv plazemske obdelave polimera PET (polietilen tetraftalat), ki ga uporabljamo kot podlago za razraščanje malignih človeških kostnih celic. Že kratkotrajna obdelava povzroči spremembo površinskih lastnosti polimera, kar vodi k bistvenemu izboljšanju vitalnosti tovrstnih celic. Začetno fazo razraščanja smo opazovali z elektronsko mikroskopijo. Ugotovili smo, da maligne kostne celice že v kratkem času tvorijo nitaste (fibrilne) strukture na podlagah, obdelanih s kisikovo plazmo, medtem ko tega pojava nismo opazili na neobdelanih podlagah. Tovrstni eksperimenti so prvi korak k selektivni vezavi rakastih celic na plazemsko obdelanih materialih.

Ključne besede: biološke celice, nizkotlačna plinska plazma, PET-polimer

Modification of polymer surfaces with low-pressure oxygen plasma for better adhesion of human osteosarcoma cells

ABSTRACT

Vacuum technologies are nowadays commonly used in the fields of biology and medicine. One of such technologies is a process for modification of polymer surfaces with low-pressure gas plasma. In this contribution we describe the effect of plasma surface modification on PET polymer that is used as a surface for proliferation of osteosarcoma cells. Already short treatment time with oxygen plasma has an effect on polymer surface properties, which consequently leads to better adhesion and proliferation of these cells. The first step of proliferation of osteosarcoma cells was observed using the scanning electron microscopy (SEM). We observed that osteosarcoma cells started to build fibrous structures on the polymer surfaces modified with oxygen plasma, however we did not observe that phenomena on untreated polymer surfaces. These are preliminary results that have an important contribution to selective adhesion of cancer cells on plasma-treated polymer surfaces.

Keywords: biological cells, low pressure gas plasma, PET polymer

1 UVOD

Termodinamsko neravnovesna stanja plinov so se popolnoma uveljavila kot medij za površinsko modifikacijo različnih vrst trdnih materialov [1–5]. Bistvena prednost tovrstnega stanja plinov pred ravnovesnim je v izredno visoki kemijski reaktivnosti plina že pri sobni temperaturi. To dejstvo lahko izkoristimo predvsem za modifikacijo površinskih lastnosti materialov [16], ki ne prenesejo segrevanja do visokih temperatur [6–13]. Neravnovesno stanje plina je mogoče doseči z različnimi tehnikami,

najpomembnejša pa je prehod plina skozi nizkotlačno razelektritev.

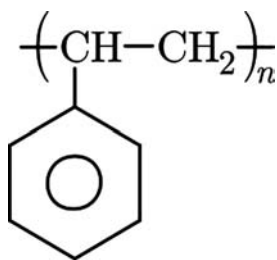
V plinski razelektritvi so prosti elektroni, ki se v električnem polju pospešujejo do kinetične energije, ki ustreza temperaturi več 10 000 K. Elektroni s tako visoko temperaturo lahko dajo del svoje kinetične energije molekulam plina in jih s tem vzbudijo, disociirajo ali ionizirajo. Zaradi izredno majhnega razmerja med maso elektronov in plinskih molekul elektroni ne morejo dajati znatnega dela svoje kinetične energije molekulam, zato ostane plin hladen. V nizkotlačni plazmi imamo tako sočasno vroče elektrone in hladne molekule, ki se navadno nahajajo v vzbujenih stanjih. Ob dotiku plazme s površino trdnih snovi molekule v vzbujenih stanjih kemijsko reagirajo z atomi na površini trdne snovi, ne da bi jo segrevali. Vroči elektroni prav tako zanemarljivo segrevajo trdno snov zaradi svoje majhne mase in s tem zanemarljive toplotne kapacitete. Tovrstno stanje plina navadno imenujemo neravnovesna plinska plazma.

Plazmo lahko vzbujamo v katerih koli plinih ali plinskih mešanica. Za obdelavo površine polimernih materialov je še posebej zanimiva kisikova plazma [14, 15]. Notranje molekule kisika se ob neprožnih trkih z elektroni vzbujajo v stanja, ki so metastabilna. Zaradi izredno velike trajnostne dobe obeh metastabilnih stanj se lahko nevtralne molekule kisika disociirajo ob naslednjem trku s prostimi elektroni. Posledica navedene stopenjske disociacije je izredno velika stopnja disociiranosti kisikovih molekul že pri razmeroma nizki temperaturi in gostoti elektronov. Že pri majhnih močeh plinske razelektritve lahko zaradi tega zlahka dosežemo stopnjo disociiranosti reda velikosti 10 %. Tako visoko disociiranost bi v ravnovesnem stanju plina dosegli šele pri temperaturi okoli 100 000 K.

Kisikovi atomi so kemijsko izredno reaktivni, tako da reagirajo s polimernimi materiali že pri sobni temperaturi. Na površini polimera tako nastane izredno tanka plast, ki je bogata s kisikovimi funkcionalnimi skupinami, kar se izraža v izredno veliki hidrofilitnosti prvotno hidrofobnega materiala [7].

2 EKSPERIMENTALNE METODE

Kot podlago za razraščanje celic smo izbrali polistiren (PS). Gre za zmerno hidrofoben material, na



Slika 1: Strukturna formula polistirena (PS)

katerem je kontaktni kot vodne kapljice okoli 85°. Strukturna formula tega polimera je prikazana na **sliki 1**.

Polimerne folije smo obdelali s kisikovo plazmo v ustreznem plazemskem reaktorju [17, 18]. Osrednji del reaktorja je steklena cev premera 4 cm in dolžine 60 cm. Okoli cevi je ovita bakrena tuljava, ki je priključena na visokofrekvenčni generator. Generator deluje pri industrijski frekvenci 27,12 MHz in ima nazivno moč 400 W. Zaradi slabe usklajenosti med primarnim resonančnim krogom generatorja in sekundarnim krogom, ki ga predstavlja bakrena tuljava, je koristna moč skoraj 10-krat manjša od nazivne moči generatorja.

Stekleno cev na eni strani črpamo z dvostopenjsko rotacijsko črpalko nazivne črpalne hitrosti 16 m³/h, na drugi pa neprestano vpihujemo kisik iz jeklenke. Tlak merimo s kalibriranim Piranijevim merilnikom. Za vzbujanje plazme smo izbrali takšne razmere, pri katerih je tlak plina med črpanjem 75 Pa. Pri tem tlaku namreč dosežemo največjo stopnjo disociiranosti kisikovih molekul, ki je okoli 20 %. Čas obdelave vzorcev v kisikovi plazmi je 30 s.

Funkcionalne skupine na površini obdelovancev pred plazemsko obdelavo in po njej smo ugotovili z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS). Vzorce smo vzbujali z monokromatsko rentgensko svetlobo AlK_α s kinetično energijo fotonov 1486,6 eV in merili energijo izsevanih fotoelektronov. V spektru fotoelektronov, ki prikazuje porazdelitev fotoelektronov po njihovi vezavni energiji, so vrhovi, značilni za elemente, ki so na površini vzorca. Iz takšnega preglednega spektra fotoelektronov je mogoče oceniti sestavo površinske plasti debeline nekaj nanometrov, visokoresolucijski spekter ogljika pa omogoča prepoznavanje specifičnih funkcionalnih skupin, ki nastajajo na površini polimera med plazemsko obdelavo.

2.1. Priprava HOS-celic

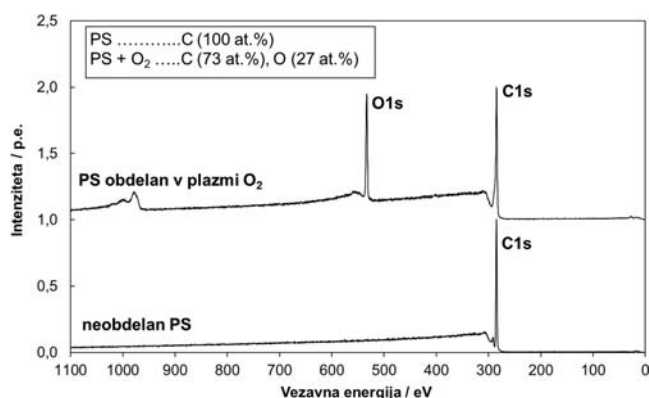
Človeške maligne kostne celice (HOS) so bile dobavljene iz American Type Culture Collection (ATCC). Vzorce smo po plazemski obdelavi inkubirali

v hranilnem mediju za rast celic (DMEM), ki smo mu dodali 10 % telečjega seruma (FCS), 2 mM L-glutamina in penicilina/streptomocina (1 000 enot na mililiter in 1 000 μg/L) [19]. Celice smo postavili v inkubator na temperaturo 37 °C pri konstantni vlažnosti s 5 % CO₂. Nato smo semikonfluentni kulturi za 5 min dodali 0,25 % prostorninskega deleža raztopine tripsina, kar je povzročilo, da so se celice odlepile od podlage. Dodali smo jim modrilo tripanko, pri čemer so se žive celice obarvale modro, mrtve pa so ostale neobarvane [20]. Žive celice smo nato prešteli z Bürker-Turkovim hemocitometrom in jih nato dalje uporabili za poskus.

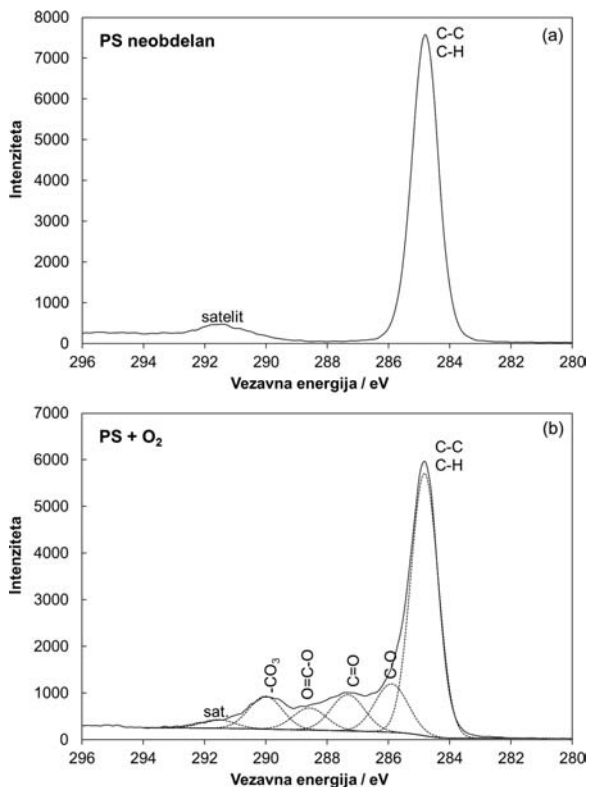
3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Na **sliki 2** prikazujemo pregledni spekter fotoelektronov za neobdelan in plazemsko obdelan polistiren. Na neobdelanem vzorcu prevladuje vrh ogljika, kar je posledica sestave tega polimera (**slika 1**). Po plazemski obdelavi lahko opazimo tudi izrazit vrh kisika, ki ga pripišemo kemijski vezavi atomskega kisika iz plazme. Podrobnejša analiza funkcionalnih skupin [14] je razvidna iz visokoresolucijskega spektra, ki je prikazan na **sliki 3a**. Za neobdelan vzorec opazimo enovit ogljikov vrh, ki pripada vezavi ogljikovih atomov na sosednje ogljikove in vodikove atome. Levo od glavnega vrha lahko opazimo tudi nižji, vendar lepo opazen vrh, ki je značilen za aromatske polimere.

Na **sliki 3b** je prikazan tudi visokoresolucijski vrh ogljika po obdelavi s kisikovo plazmo. Odsotnost vrha, ki je značilen za aromatske polimere, pripišemo cepljenju benzenovih obročev na površini polimera zaradi oksidacije materiala. Ogljikov vrh sedaj ni enovit, ampak opazimo več podvrhov, ki ustrezajo različnim s kisikom bogatim funkcionalnim skupinam. Kisikova plazma je torej povzročila nastanek polarnih funkcionalnih skupin, kar se na makroskopskem nivoju izraža z velikim povečanjem površinske energije materiala.

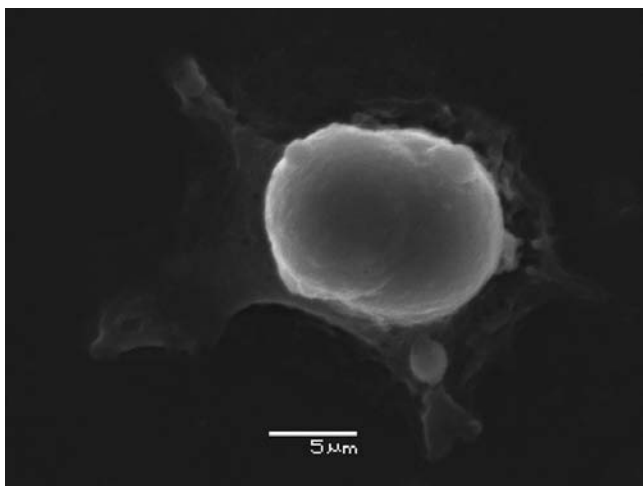


Slika 2: Pregledni XPS-spekter za neobdelan PS in PS, obdelan v kisikovi plazmi

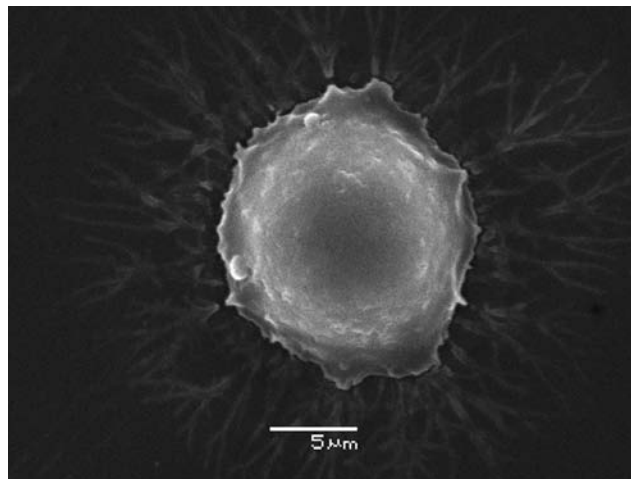


Slika 3: Visokoresolucijski ogljikov vrh C1s za (a) neobdelan PS in (b) PS po obdelavi s kisikovo plazmo (označeni so podvrhovi, ki prikazujejo različne funkcionalne skupine, nastale na površini PS po obdelavi s kisikovo plazmo)

Tako obdelane vzorce smo inkubirali z malignimi kostnimi celicami. Na **sliki 4** prikazujemo značilno sliko celice na površini neobdelanega materiala, na **sliki 5** pa na površini materiala, ki je bil predhodno obdelan s kisikovo plazmo. Bistvena razlika med obema slikama je v pojavu nitastih (fibrilnih) struktur, ki jih opazimo na **sliki 5**, in se izraža v obliki drobnih izrastkov, ki se širijo v okolico celice. Tovrstne strukture omogočajo odličen oprijem celice na



Slika 4: SEM-slika maligne kostne celice (HOS-celice) na površini neobdelanega PS



Slika 5: SEM-slika maligne kostne celice (HOS-celice) na površini PS, obdelanega s kisikovo plazmo

podlago in s tem zagotovijo pogoje za celično rast in razmnoževanje. Tovrstnih struktur ni opaziti v okolici celic, ki smo jih nanесли na neobdelane polistirenske podlage.

Razliko v oprijemu celic pripišemo funkcionalnih skupinam, ki so na površini polimernih podlag. Dokler imamo na površini zgolj nepolarne funkcionalne skupine, celica ne prepozna polistirena kot optimalne podlage za rast in razmnoževanje. Po daljšem času bi se celice sicer prilagodile tudi na to podlago, saj je znano, da je prav polistiren zelo pogost material, ki se uporablja za tovrstne raziskave. Z znanstvenega vidika je zelo pomembno dejstvo, da se celice zelo hitro čvrsto vežejo na plazemsko obdelane podlage. Tako čvrsta vezava lahko omogoča zajemanje malignih celic že v krvnem obtoku, s čimer je mogoče zaustaviti prenos metastaz od žarišča v odročne dele telesa in s tem upočasniti metastaziranje. Za praktično uporabo je izredno pomembno dejstvo, da je mogoče z neravnovesno kisikovo plazmo enakomerno funkcionalizirati polimerne materiale kompleksnih oblik.

Kot smo že omenili, je temperatura plinskih molekul enaka sobni. Pri teh razmerah se molekule in atomi kaotično gibljejo v plazemskem reaktorju. Gostota toka atomov in molekul je zaradi tega izotropna, kar v praksi pomeni, da lahko reaktivni kisikovi atomi dosežejo površino polimera tudi v vdolbinah in režah. Pri tlaku 75 Pa je povprečna prosta pot kisikovih atomov in molekul reda velikosti 0,1 mm, tako da zlahka dosežejo površine v notranjosti por tovrstnih dimenzij. V notranjost manjših in globljih por kisikovi atomi sicer lahko prodirajo, vendar pa njihova gostota z globino postopno pada. Razlog za to je izguba atomov zaradi kemijskih reakcij na površini obdelovanja, kakor tudi postopne rekombinacije atomov v molekule. K sreči sta oba procesa razmeroma malo verjetna, zaradi česar je omogočena tudi funkcionalizacija.

lizacija obdelovancev s precej kompleksno obliko. Oba procesa sta sicer eksotermna, zaradi česar se material med plazemsko obdelavo segreva, ker pa sta malo verjetna, lahko vseeno dosežemo primerno stopnjo funkcionaliziranosti pri dovolj nizki temperaturi, s čimer se izognemo morebitnim spremembam drugih funkcionalnih lastnosti polimernih materialov.

4 SKLEP

V prispevku smo opisali odziv malignih kostnih celic na funkcionalne skupine na površini polistirena. Ugotovili smo, da že kratkotrajna obdelava s kisikovo plazmo omogoči bistveno boljši oprijem celic na podlago. Izboljšanje vezave je posledica visoke omočljivosti plazemsko obdelanih površin, ki jo dosežemo z nasičenostjo s kisikovimi funkcionalnimi skupinami. Maligne kostne celice na tako obdelanih površinah že po kratkotrajni inkubaciji razvijejo nitaste strukture, kar omogoča odličen oprijem, ki je nujen za rast in razmnoževanje celic. Opisane raziskave so prvi korak v razvoju materialov za selektivno adsorpcijo rakastih celic, kar lahko v končni fazi privede do zmanjšanja razvoja metastaz pri rakastih obolenjih.

5 LITERATURA

- [1] A. Asadinezhad, I. Novak, M. Lehocky, V. Sedlarik, A. Vesel, I. Junkar, P. Saha, I. Chodak, *Plasma Processes Polym.*, 7 (2010), 504–514
- [2] M. Lehocky, L. Lapcik, M. C. Neves, T. Trindade, L. Szyk-Warszynska, P. Warszynski, D. Hui, *Mat. Sci. Forum*, 426 (2003), 2533–2538
- [3] A. Asadinezhad, I. Novak, M. Lehocky, V. Sedlarik, A. Vesel, I. Saha, I. Chodak, *Colloids Surf. B Biointerfaces*, 77 (2010), 246–256
- [4] E. Velzenberger, I. Pezron, G. Legeay, M. D. Nagel, K. El Kirat, *Langmuir*, 24 (2008), 11734–11742
- [5] G. Legeay, F. Poncin-Epaillard, C. R. Arciola, *Int. J. Artif. Organs*, 29 (2006), 453–461
- [6] B. Kasemo, *Surf. Sci.*, 500 (2002), 656–677
- [7] D. Klee, H. Höcker, *Adv. Polym. Sci.*, 149 (2000) 1–57
- [8] P. A. Ramires, L. Mirengi, A. R. Romano, F. Palumbo, G. Nicolardi, *J. Biomed. Mater. Res.*, 51 (2000), 535–539
- [9] F. R. Pu, R. L. Williams, T. K. Markkula, J. A. Hunt, *Biomaterials*, 23 (2002), 4705–4718
- [10] C. M. Alves, Y. Yang, D. L. Carnes, J. L. Ong, V. L. Sylvia, D. D. Dean, C. M. Agrawal, R. L. Reis, *Biomaterials*, 28 (2007), 307–315
- [11] D. P. Dowling, I. S. Miller, M. Ardaoui, W. M. Gallagher, *J. Biomater. Appl.*, 1 (2010), 1–21
- [12] T. Desmet, R. Morent, N. De Geyter, C. Leys, E. Schacht, P. Dubruel, *Biomacromolecules*, 10 (2009), 2351–2378
- [13] K. E. Geckeler, R. Wacker, F. Martini, A. Hack, W. K. Aicher, *Cell Physiol. Biochem.*, 13 (2003), 155–164
- [14] A. Vesel, *Surf. Coat. Technol.*, 205 (2010), 490–497
- [15] A. Vesel, I. Junkar, U. Cvelbar, J. Kovač, M. Mozetič, *Surf. Interface Anal.*, 40 (2008), 1444–1453
- [16] A. Vesel, *Inf. Midem*, 38 (2009), 257–265
- [17] D. Vujošević, Z. Vranica, A. Vesel, U. Cvelbar, M. Mozetič, A. Drenik, T. Mozetič, M. Klanjšek Gunde, N. Hauptman, *Mater. Tehnol.*, 40 (2006), 227–232
- [18] U. Cvelbar, M. Mozetič, N. Hauptman, M. Klanjšek-Gunde, *J. Appl. Phys.*, 106 (2009), 103303-1–103303-5
- [19] L. Mrakovčić, R. Wildburger, M. Jaganjac, M. Cindrić, A. Cipak, S. Borović-Sunjić, G. Waeg, A. M. Milanković, N. Žarković, *Acta Biochim. Pol.*, 57 (2010), 173–178
- [20] M. Jaganjac, T. Matijević, M. Cindrić, A. Cipak, L. Mrakovčić, W. Gubisch, N. Žarković, *Acta Biochim. Pol.*, 57 (2010), 179–183

SINTEZA KVAZIKRISTALOV IN KVAZIKRISTALNIH ZLITIN

Tonica Bončina, Franc Zupanič

STROKOVNI ČLANEK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova 17, SI-2000 Maribor

POVZETEK

Z odkritjem novih trdnih kovinskih spojin, ki imajo posebno kristalno zgradbo (red dolgega dosega brez periodičnosti), poimenovanih kvazikristali, se je odprlo novo področje raziskav. A kakovostne kvazikristale in kvazikristalne zlitine ni enostavno izdelati. Treba je bilo razviti in dodelati izdelovalne postopke ter ugotoviti optimalne procesne parametre in strjevalne razmere pri določeni kemijski sestavi spojin.

Za izdelavo monokvazikristalov so bile prirejene tehnike, ki so že bile znane pri izdelavi monokristalov, kot so prosta rast kristala iz taline, Bridgmannova tehnika in Czochralskijeva tehnika. Klasične tehnike litja, nanosa tankih plasti in toplotne obdelave so v uporabi za izdelavo polikvazikristalnih zlitin, kjer sta pomembna faktorja hitrost ohlajanja in kemijska sestava uporabljenega materiala. V prispevku opisujemo izdelavo stabilne ikozaedrične *i*-faze v zlitinskem sistemu Al-Fe-Cu, kjer je mogoče z ustrezno kemijsko sestavo in toplotno obdelavo dobiti enofazno kvazikristalno strukturo. Z litjem na vrteče kolo smo izdelali tanke trakove, ki imajo mikrostrukturo sestavljeno iz aluminijeve osnove in majhnih kvazikristalnih delcev metastabilne *i*-faze iz zlitine Al-Mn-Be.

Ključne besede: kvazikristal, zlitina, izdelava, ikozaedrična faza

Synthesis of quasicrystals and quasicrystalline alloys

ABSTRACT

With the discovery of new solid metallic compounds having a special crystal structure (long-range order without periodicity) named quasicrystals, a new area of research has opened. However, high-quality quasicrystals and quasicrystalline alloys are not easy to produce. It was necessary to develop new and improve classical techniques and to determine the optimal processing parameters and solidification conditions, and particularly chemical composition of the compounds.

Several techniques for producing monocrystals, like flux-growth technique, Bridgmann technique and Czochralski technique were adapted to produce monoquasicrystals. Classical techniques of casting, coating with thin layers and heat treatments are used to produce poliquasicrystalline alloys, the most important factors are heating rate and chemical composition of a material. This paper describes the synthesis of stable icosahedral *i*-phase in the alloy system Al-Fe-Cu, in which it is possible to obtain single-phase quasicrystalline structure with an appropriate chemical composition and heat treatment. By casting of Al-Mn-Be alloys on a rotating wheel thin ribbons were made, containing an aluminum matrix and small metastable icosahedral quasicrystalline particles.

Keywords: quasicrystal, alloy, synthesis, icosahedral phase

1 UVOD

Podelitev Nobelove nagrade v letu 2011 za kemijo prof. Danielu Shechtmanu je zanimanje za kvazikristale ponovno povečalo. Prof. Shechtman je kvazikristale odkril že davnega leta 1982 in šele leta 1984 skupaj s sodelavci objavil članek o novi snovi, ki ima poseben elektronski uklonski vzorec – red dolgega dosega, vendar brez periodičnosti [1]. Novejša literatura [2] opredeljuje kvazikristalno stanje kot tretje

stanje trdnih snovi, poleg kristalnega in amorfnega. Atomi so urejeno razporejeni, toda z rotacijskimi simetrijami, ki imajo pet-, osem-, deset- ali dvanajstštevne sučne osi, ki jih v periodičnih kristalih ne najdemo. Danes kvazikristale pogosto uvrščajo med neperiodične kristale, saj imajo značilen uklonski vzorec z ostrimi in jasnimi uklonskimi lisami. Poznamo oktagonalne, dekagonalne in dodekagonalne kvazikristale, ki so periodični v eni smeri, ter ikozaedrične kvazikristale, ki nimajo periodičnosti v nobeni smeri.

Do danes je bilo odkritih več kot sto zlitin, v katerih lahko nastanejo kvazikristalne spojine oz. faze. Najpogosteje so to zlitine na osnovi aluminija, bakra, galija, cirkonija, magnezija, niklja, tantala, titana, cinka in cirkonija, ki vsebujejo še enega ali več drugih kovinskih zlitinskih elementov prehodnih kovin (Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, V, Pd, Os, Rh, Re, Co, Zr, Ni) in/ali redkozemeljskih elementov (Sm, Ce, Ho, Y) ter drugih (Si, Mg, Li, Te) [2, 3].

Večina kvazikristalnih faz je termodinamsko metastabilnih in nastanejo le v razmerah, pri katerih se ne more vzpostaviti termodinamsko ravnotežno stanje, npr. pri strjevanju pri dovolj velikih ohlajevalnih hitrostih (okoli 10^6 K/s), medtem ko pri segrevanju razpadejo v bolj stabilne kristalne faze. Določeni literaturni viri navajajo, da lahko kvazikristalne faze v aluminijevi osnovi nastanejo le pri postopkih hitrega strjevanja, kot je npr. litje na vrteče kolo [3]. Po drugi strani pa najnovejše raziskave kažejo, da se kvazikristalne faze v nekaterih zlitinah lahko tvorijo že pri zmernejših hitrostih ohlajanja [4–6].

Tudi Shechtman je kvazikristale odkril v hitro strjenih trakovih zlitine Al-Mn, kjer se tvori metastabilna kvazikristalna faza. Kasnejši pomemben mejnik je bil uspešna sinteza ikozaedrične monokvazikristalne faze v zlitini Al-Cu-Fe [7], kasneje še dekagonalne iz zlitine Al-Ni-Co [8] in ikozaedrične iz zlitine Al-Pd-Mn [9]. Danes je poznanih več kot dvajset stabilnih dekagonalnih kvazikristalov in več kot petdeset stabilnih ikozaedričnih kvazikristalov [3].

Izdelava kakovostnih vzorcev monokvazikristalov je omogočila številne raziskave atomske in elektronske strukture ter fizikalnih lastnosti. Cilji kasnejših raziskav so bili tudi ugotoviti možnosti uporabe kvazikristalnih spojin, za kar pa je bilo potrebno razviti ustrezne zlitine za uporabo obstoječih in inovativnih livarskih ter drugih tehnologij.

2 SINTEZA MONOKVAZIKRISTALOV

Za izdelavo monokvazikristalnih zlitin so značilne tehnike, kot so prosta rast kristala iz taline, Bridgmannova in Czochralskijeva tehnika [2].

Pri predstavljenih tehnikah poteka rast monokvazikristalov podobno kot pri monokristalih neposredno iz taline. Osnovni pogoj za to je, da je trdna faza v termodinamičnem ravnotežju s talino; to pomeni, da mora v faznem diagramu obstajati področje primarne tvorbe želene kvazikristalne faze.

2.1 Tehnika proste rasti iz taline

To je tehnično najenostavnejša metoda rasti monokristalov in monokvazikristalov (angleško se imenuje »self-flux« ali kratko samo »flux« tehnika rasti, kjer »flux« pomeni taliti in ne pretok). To metodo so uspešno uporabili za gojitev monokristalov različnih vrst materialov, kot so oksidni kristali in garneti (dragi kamni, dvojni oksidi; npr. $A_3B_2 \cdot (SiO_4)_3$, ki imajo obliko dodekaedrov in trapezodrov). Tehnika temelji na počasnem ohlajanju taline primerne sestave po natančno določenem temperaturnem programu v ustrezni posodi (lončku).

Lonček s talino damo v peč z majhnim temperaturnim gradientom in z zelo natančno temperaturno regulacijo. Po homogenizaciji taline pri temperaturi nad likvidusno temperaturo zlitine začnemo ohlajati zelo počasi, da so razmere blizu ravnotežnim. Postopek se konča z dekantiranjem (izlitjem) preostale taline pri izbrani končni temperaturi.

Čeprav je postopek precej enostaven, lahko dobimo dobre rezultate le, če sta sestava taline in temperaturni program izbrana skladno s faznim diagramom.

S faznim diagramom na **sliki 1** lahko prikažemo postopek nastajanja monokvazikristalov. Faza i se primarno izloča v temperaturnem intervalu med T_{p1} in T_{p2} in med sestavama $L_p(1)$ in $L_p(2)$. Če želimo doseči

čim večji delež faze i , mora biti sestava čim bližje $L_p(1)$.

Izberemo zlitino sestave C_0 , ki ima likvidusno temperaturo T_l .

Postopek je naslednji:

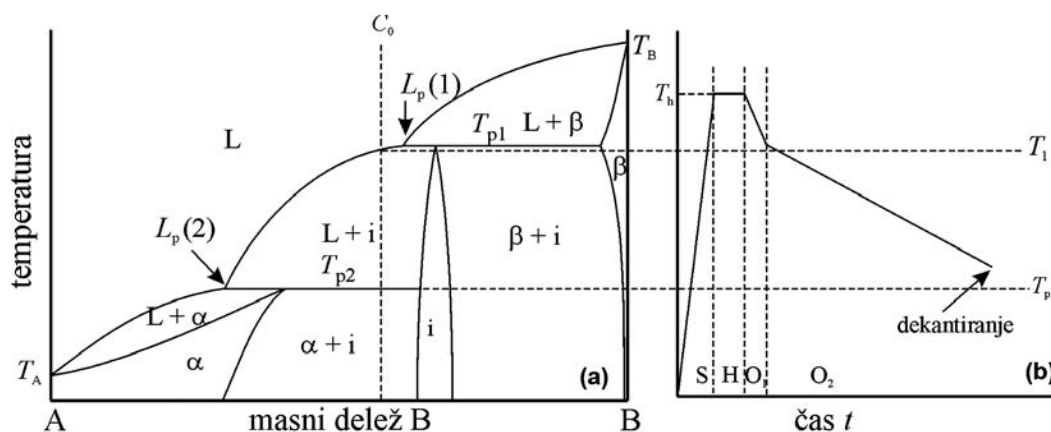
1. Zlitino hitro segrejemo do temperature homogenizacije taline T_h , ki ji sledi zadrževanje na tej temperaturi, ki navadno traja nekaj ur.
2. Talino ohladimo na temperaturo, ki je le malo nad T_l . Temu sledi zelo počasno ohlajanje, ki je okoli 1°C/h ali še manj. Med T_l in T_{p2} poteka kristalizacija faze i .
3. Dekantiranje preostale taline izvedemo pri temperaturi, ki je nekoliko višja od T_{p2} . S tem preprečimo, da bi na ciljni kvazikristalni i -fazi nastala še kakšna druga faza. Dekantiranje izvedemo tako, da preostalo talino izlijemo ali s centrifugiranjem.

Cilj tehnike je kot pri vseh metodah gojenja monokvazikristalov, da dobimo čim manjšo število kvazikristalnih zrn, v idealnem primeru le eno. Zagotoviti moramo, da je hitrost nukleacije pri ohlajanju in rasti čim manjša, zato izberemo zelo majhno hitrost ohlajanja.

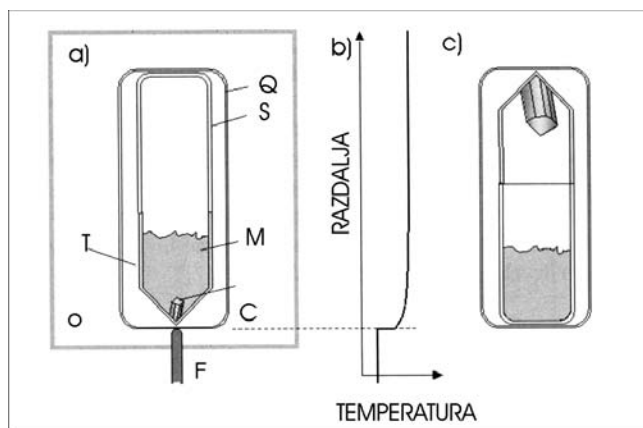
Z lončkom, ki se konča z ostrim vrhom, zmanjšamo prostornino, s tem pa omejimo število in položaj nukleacijskih mest. Uporaba koničastega vrha skupaj s hladnim prstom zagotavlja majhen temperaturni gradient, kar zagotavlja približevanje ravnotežnim razmeram.

Slika 2 prikazuje lonček s konico, ki vsebuje talino. Zapira ga drug lonček, ki je položen nanj. Drugi lonček je potreben za to, da prestreže preostalo talino po dekantiranju. Lončka sta zataljena v kremenovo cevko, ki je napolnjena z argonom.

Za nadaljnje zmanjšanje verjetnosti nukleacijskih dogodkov uporabljamo osciliranje temperature med ohlajanjem. Po počasni ohladitvi taline v temperaturno območje, kjer poteka spontana nukleacija, temperaturo nekoliko povečamo, da se večina kali ponovno



Slika 1: Predstavitev poteka tvorbe monokvazikristalov [2]: a) binarni fazni diagram, b) temperaturna ponazoritev procesa (S – segrevanje, H – homogenizacija, O₁ – prva stopnja ohlajanja, O₂ – druga stopnja ohlajanja)



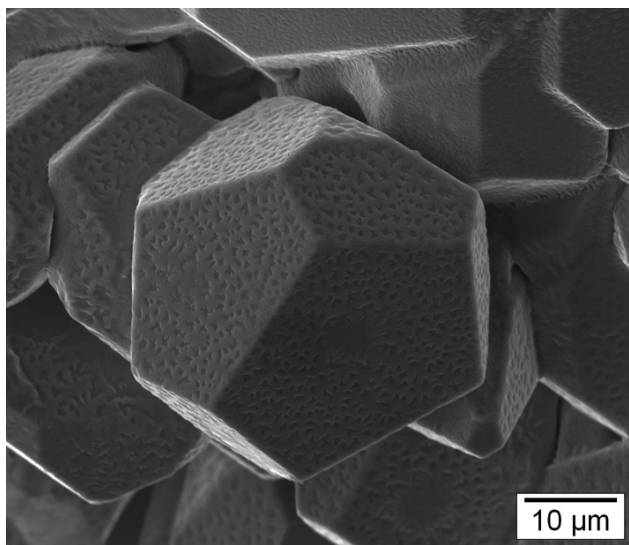
Slika 2: a) Shema postavitve naprave za izdelavo monokvazikristalov s tehniko proste kvazikristalne rasti, b) shema temperaturnega profila v lončku in c) stanje po dekantiranju preostale taline [2] (C – rastoči kristal, M – talina, T – talilni lonček s konico, S – obrnjen lonček, Q – kremenova ampula, O – peč)

stali. Temu sledi običajno počasno ohlajanje. Če temperaturno območje, v katerem poteka spontana nukleacija, ni natančno znano, kar je pogosto pri intermetalnih spojinah, takšne oscilacije ponavljamo v širšem območju temperatur.

Tehnika proste rasti monokvazikristalov iz taline ima več prednosti pred drugimi. Glavna je ta, da lahko kvazikristali prosto rastejo v skoraj izotermno talino. To omogoči nastanek zelo kakovostnih kvazikristalov, ki imajo zelo majhno gostoto napak. Če preostalo talino dekantiramo, imajo kristali fasetirane ploskve skladno v povezavi z neoviranim razraščanjem.

2.2 Bridgemannova tehnika

Bridgemannova tehnika je klasičen način izdelave monokristalov in monokvazikristalov. Lonček s talino



Slika 3: Kvazikristali zlitine Al-Fe-Cu, nastali s prosto rastjo iz taline

primerne sestave je navpično postavljen v peč, v kateri je natančno določen temperaturni gradient. V lončku poteka počasno gibanje taline, strjevanje pa se začne v spodnjem koničastem delu.

Tudi v tem primeru moramo zagotoviti, da nastane čim manjše število kristalnih zrn (uporaba koničastega lončka in hladnega prsta, **slika 4a**). Začetno sestavo zlitine in temperaturo peči izberemo glede na fazni diagram, pri čemer upoštevamo enaka merila kot pri tehniki proste rasti iz taline.

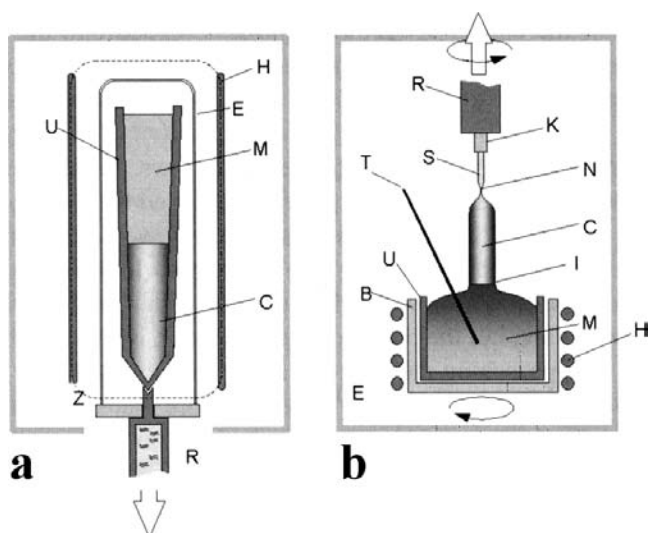
Če je bila začetna sestava primerno izbrana, je rezultat Bridgemannove rasti paličast ingot, ki ima enak premer kot lonček (**slika 5a**). Prvi del ingota, tisti del, ki je bližje konici, je kvazikristal: v idealnem primeru monokvazikristal (samo eno kristalno zrno). Če se želena kvazikristalna faza strjuje inkongruentno, je zadnji del ingota sestavljen iz dveh ali več različnih faz. V tem primeru je dolžina ingota, ki ga sestavlja želena faza, odvisna od temperaturnega okna področja primarne kristalizacije faze i ($T_1 - T_{p2}$), **slika 1**.

Shema naprave je prikazana na **sliki 4a**. Talina M je v navpičnem lončku s konico U, ki je pod pokrovom iz Al_2O_3 , ki ščiti talino pred kontaminacijo. Grelni elementi H obdajajo pokrov in definirajo skoraj izotermno področje vroče cone Z. Lonček položimo v toplotni kontakt z vodno hlajeno palico R, ki jo počasi pomikamo navzdol, in tako talina zapušča vročo cono. Kvazikristal začne rasti v najbolj hladni coni – najbolj spodnjem delu lončka. Navadne hitrosti so 1–10 mm/h.

Prednost Bridgemannove tehnike je, da je premer kvazikristala odvisen le od premera lončka. Temperatura rasti lahko poljubno izbiramo, tako da dobimo optimalne rastne razmere glede na fazni diagram. Dosežemo lahko največjo prostornino kvazikristala, ki se strjuje inkongruentno; omejeni smo samo s temperaturnim oknom primarne kristalizacije. Uporaba te tehnike zagotavlja ekonomično porabo taline, kar je pomembno, kadar zlitinski sistem vsebuje drage elemente. Slabost tehnike je, da se ingot trdno sprime z lončkom. Odstranitev pogosto zahteva uničenje včasih zelo dragih lončkov in povzroči lom kristala. Mogoča je tudi uporaba kvazikristalne kali.

2.3 Czochralskijeva tehnika

Czochralskijeva tehnika je naslednja, dobro znana tehnika rasti monokvazikristalov in monokristalov in je še posebej razširjena pri izdelavi visokokvalitetnega polprevodniškega silicija. Pri tej tehniki potopimo kal kvazikristala v talino primerne sestave. Temperatura postopka je izbrana tako, da je na fazni meji trdno-tekoče meniskus. Rastoč kristal enakomerno vlečemo iz taline. Ločimo med homogenimi in heterogenimi kalmi. Kot heterogeno kal uporabljamo del kvazikristalne



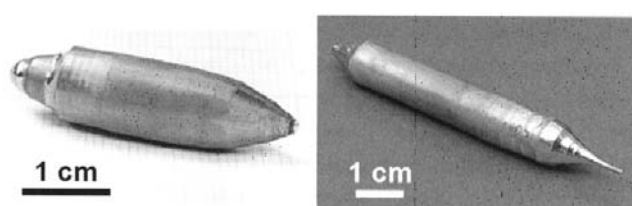
Slika 4: Shema a) Bridgemanneve naprave in b) naprava za Czochralskijevo tehniko [2] (C – rastoči kvazikristal, M – talina, U – lonček, E – ščit, H – grelnik, Z – vroče področje, R – vlečna palica, N – tanko koleno, S – kvazikristalna kal, K – nosilec kali, T – termoelement, B – susceptor)

faze, ki jo gojimo v monokristal, ali drugi visokotaljivi material.

Če uporabljamo del kvazikristalne faze, lahko dosežemo namerno orientirano rast; kajti v tem primeru novostrojni material nadaljuje rast v smeri orientacije kali.

Slika 4b prikazuje napravo za rast kvazikristalov s Czochralskijevo tehniko. Talina M je v lončku U iz Al_2O_3 , ki se nahaja v susceptorju iz volframa. Sistem induktivno segreva visokofrekvenčno navitje H. Vlečna palica R ima na svojem spodnjem koncu pritrjeno kal S. Vlečna palica in susceptor sta vrtljiva. To omogoči vrtenje kristala glede na talino, da se doseže dobra homogenizacija taline. Za merjenje temperature uporabljamo termoelement T. Celoten sklop je v komori E. To omogoča, da nadziramo okoliško atmosfero in neposredno opazujemo rast kvazikristala.

Izdelava monokvazikristala poteka na naslednji način. Najprej segrejemo (pregrejemo) talino na temperaturo, ki je znatno nad temperaturo likvidusa. Pri tej temperaturi talino zadržujemo vsaj eno uro, da zagotovimo njeno dobro homogenost. Nato znižamo temperaturo tik nad temperaturo likvidusa in pazljivo potopimo kal v talino. Ko talina omoči kal, začnemo počasi dvigati vlečno palico s hitrostjo 1–10 mm/h. Temperaturo (reguliramo jo z močjo visokofrekvenčnega generatorja) nastavimo tako, da premer rastočega kvazikristala doseže želeno vrednost. Pri zvišanju temperature se premer zmanjša, ob znižanju pa poveča. Ko dosežemo želeni premer, se rast nadaljuje ob stalnem opazovanju meniskusa na fazni meji trdno-tekoče. Moč visokofrekvenčnega generatorja



Slika 5: Ikozaedrični Al-Pd-Mn-monokvazikristal, narejen s Czochralskejevo tehniko [2]

nenehno prilagajamo, da ohranjamo konstanten premer kvazikristala.

Da bi zagotovili rast le enega samega zrna, v začetni stopnji rasti zmanjšamo premer kristalnega zrna pod 1 mm. Ta tanek vrat N zagotovi nadaljnjo rast samo enemu kvazikristalu tudi v primeru, če je začetni del, ki nakristalizira na kal, polikvazikristalen.

Osnovna omejitev Czochralskijeve metode je, da moč visokofrekvenčnega generatorja oziroma temperatura določa debelino kvazikristala. Če je temperaturni interval primarne kristalizacije zelo majhen, je nastali kvazikristal zelo tanek.

Czochralskijeva tehnika ima več pomembnih prednosti. Dosežemo lahko veliko pravilnost zgradbe monokvazikristala, kajti kvazikristal med strjevanjem in ohlajanjem ni mehansko obremenjen. Poleg tega lahko orientacijo nastalega monokvazikristala določimo z orientacijo kali. Prednost je tudi ta, da lahko ves postopek neposredno opazujemo. Primer kvazikristala, narejenega s Czochralskejevo tehniko, je prikazan na **sliki 5**.

3 SINTEZA POLIKKVAZIKRISTALNIH ZLITIN

»Polikvazikristalne zlitine« označujemo snovi, ki so sestavljene iz kvazikristalnih zrn, ki se med seboj razlikujejo v orientaciji. Načina izdelave polikvazikristalnih stabilnih in metastabilnih zlitin se razlikujeta. Nastanek stabilnih kvazikristalnih faz lahko predvidimo glede na znane ravnotežne fazne diagrame, medtem ko nastanek metastabilnih faz ne moremo opisati z ravnotežnimi termodinamskimi pravili.

3.1 Sinteza stabilnih kvazikristalnih faz

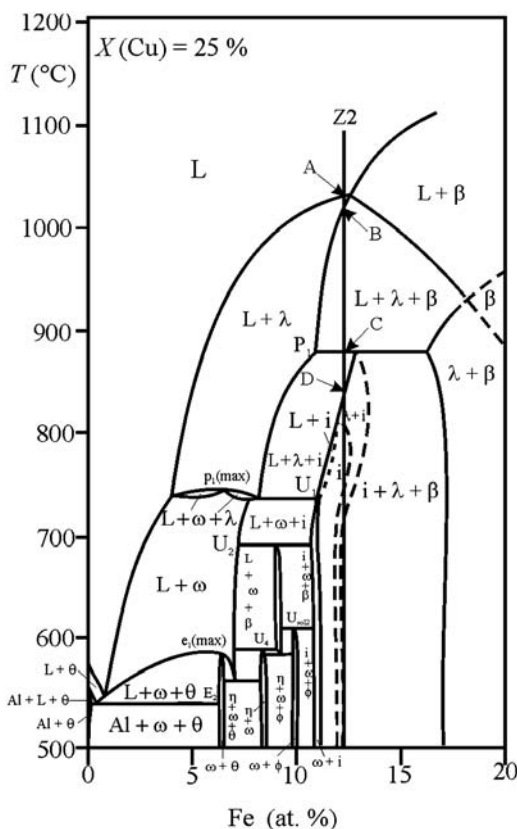
Najenostavnejši način izdelave stabilnih kvazikristalnih faz je taljenje zlitine iz čistih komponent, litje v ingote in kasnejša toplotna obdelava. Zaradi možnosti oksidacije poteka taljenje in litje v vakuumu ali v inertni atmosferi. V večini zlitin, v katerih nastane kvazikristalna faza *i*, in pri večini koncentracij nastanejo kvazikristalne faze s peritektično reakcijo v visokotemperaturnem območju, kjer kristalna faza reagira s preostalo talino.

3.2 Primer sinteze stabilnih kvazikristalnih faz v zlitini Al-Cu-Fe

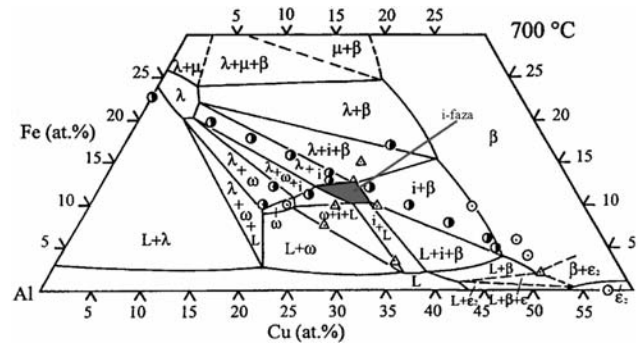
V lončku iz karborunda smo segrevali nad tališče v argonovi atmosferi čisti aluminij in čisti baker ter predzlitino AlFe60, stalili in vtili v ingot. Dobili smo zlitino s kemijsko sestavo Z2 z molskimi deleži: 64,4 % Al, 22,3 % Cu in 13,1 % Fe; sestava je označena na izopletu na **sliki 6** [10].

Potek strjevanja se začne s primarno kristalizacijo faze λ , vendar je količina te faze majhna, ker je sestava zlitine zelo blizu eutektičnemu žlebu, zato kmalu poteče binarna eutektična reakcija $L \rightarrow \lambda + \beta$ (izoplek **slika 6**). Kvazikristalna faza nastane z binarno peritektično reakcijo $L + \lambda \rightarrow i$. Pri nižjih temperaturah poteče več prehodnih reakcij, katerih rezultat je večfazna mikrostruktura. V liti mikrostrukturi so tako poleg *i*-faze navzoče še λ ($\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$), β ($\text{Al}(\text{Cu},\text{Fe})$) in ξ (Al_3Cu_4) (**slika 8**). Preostala talina se porabi pri ternarni peritektični reakciji, ko nastane *i*-faza. Najsvetlejša faza ξ je bogata z bakrom in se nahaja v medden-dritnem prostoru (**slika 9**).

Ta vertikalni prerez ternarnega sistema Al-Fe-Cu ne ustreza popolnoma kemijski sestavi izdelane zlitine (Z2 ima 23 % Cu), vendar je ne glede na podatke iz literature najustreznejši.

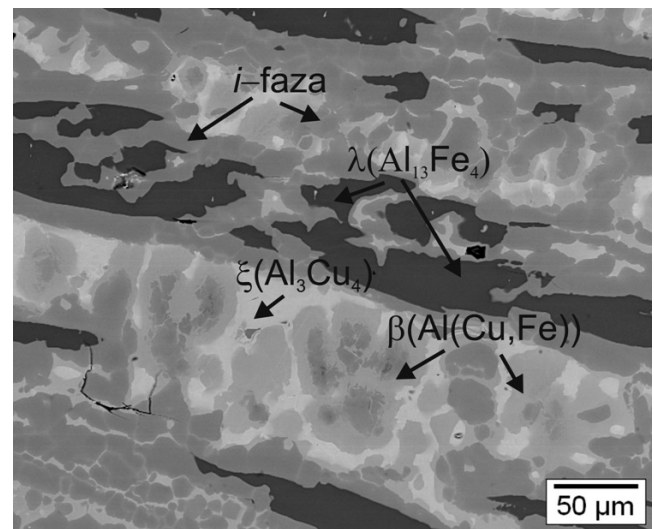


Slika 6: Vertikalni prerez ternarnega sistema – izoplek Al-Fe-Cu pri 25 % Cu [10]; *i* = $\text{Al}_{61}\text{Cu}_{26}\text{Fe}_{13}$, λ = $\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$, ω = $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}_1$, θ = Al_2Cu , η = AlCu , ε = Al_2Cu_3 , τ = $\text{Al}_{23}\text{CuFe}_4$, β = $\text{Al}(\text{Fe},\text{Cu})$

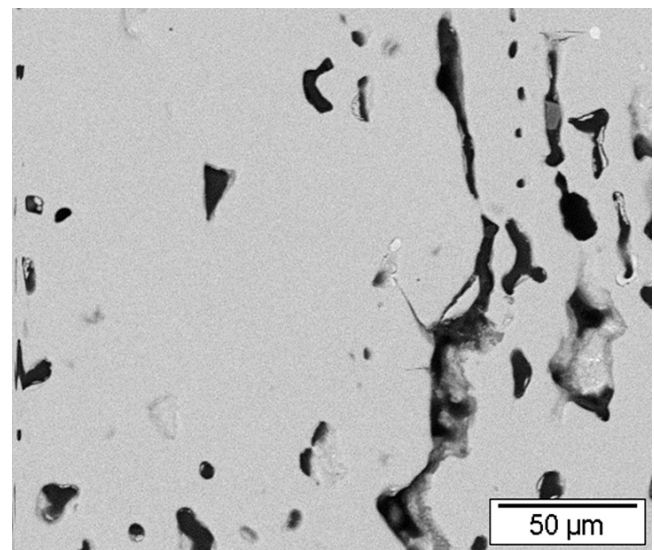


Slika 7: Izotermni prerez ternarnega sistema Al-Fe-Cu pri 700 °C [7]

Iz izoternega prereza ternarnega sistema Al-Fe-Cu [11] lahko ugotovimo, da so pri 700 °C v ravnotežju številne konkurenčne kristalne interme-



Slika 8: Mikrostruktura zlitine $\text{Al}_{64,4}\text{-Cu}_{23}\text{-Fe}_{13,1}$ v litem stanju, SEM BSE



Slika 9: Mikrostruktura zlitine $\text{Al}_{64,4}\text{-Cu}_{23}\text{-Fe}_{13,1}$, žarjene 100 h pri 780 °C, SEM BSE

talne faze. Koncentracijsko območje *i*-faze je zelo ozko, zato je lito enofazno kvazikristalno zlitino zelo težko izdelati.

Za povečanje deleža *i*-faze je treba zlitino ustrezno toplotno obdelati. Iz faznega diagrama Al-Cu-Fe ugotovimo, da *i*-faza nastane, če zlitino žarimo pri temperaturi, ki je nižja od temperature ternarne peritektične reakcije (882 °C). Območje obstojnosti *i*-faze je najširše v območju med 750 °C in 800 °C. Da bi tako dosegli enofazno polikvazikristalno mikrostrukturo brez primesi kristalnih faz, smo zlitino žarili 100 h (slika 9) pri temperaturi 780 °C in počasi ohladili. Reakcije nastanka kvazikristalne faze potekajo počasi in navadno ostane nekaj kristalne faze tudi do sobnih temperatur skupaj s kvazikristalno. Zaradi znatnih sprememb kemijske sestave in atomskih volumnov se pogosto pojavi poroznost. Če se hočemo izogniti poroznosti in kristalnim fazam, lahko mešanico prahu zelene sestave sintramo do določene peritektične temperature. Sintranje je ena izmed enostavnih tehnik za izdelavo stabilnih kvazikristalnih zlitin stehiometrične sestave.

3.3 Sinteza metastabilnih kvazikristalnih faz

Za izdelavo zlitin z metastabilnimi kvazikristalnimi fazami zato uporabljamo tehnike hitrega strjevanja, kot so: litje na vrteče kolo (angl. *melt spinning*), plinska atomizacija, mehansko legiranje, elektronanašanje, površinsko taljenje z laserjem in elektronskim curkom. Pri posebnih zahtevah pa uporabljajo še tehnike, kot so nizkotemperaturno žarjenje amorfnih (steklastih) faz ali visokotemperaturna toplotna obdelava kristalnih intermetalnih faz. V novejšem času pa so bile razvite livarske tehnike, kjer nastanejo kvazikristali v določenih zlitinah že pri zmernejših hitrostih strjevanja (10^3 K/s).

Cilj hitrega strjevanja je doseči nastanek metastabilnih faz in jih zadržati do sobne temperature.

Pri **litju na vrteče kolo** talina brizga iz lončka na vrteče bakreno kolo. Značilne hitrosti ohlajanja so med 10^4 K/s in 10^7 K/s. Dobimo tanke trakove ali luske. Razvoj mikrostrukture in lastnosti teh trakov so močno povezani s procesnimi parametri. Hitrost ohlajanja lahko povečamo s hitrostjo vrtenja kolesa, s spremembo plina, z znižanjem temperature taline ali s povečanjem pritiska za brizganje taline. Pri višjih hitrostih ohlajanja nastanejo tanjši trakovi in bolj drobni delci kvazikristalne faze.

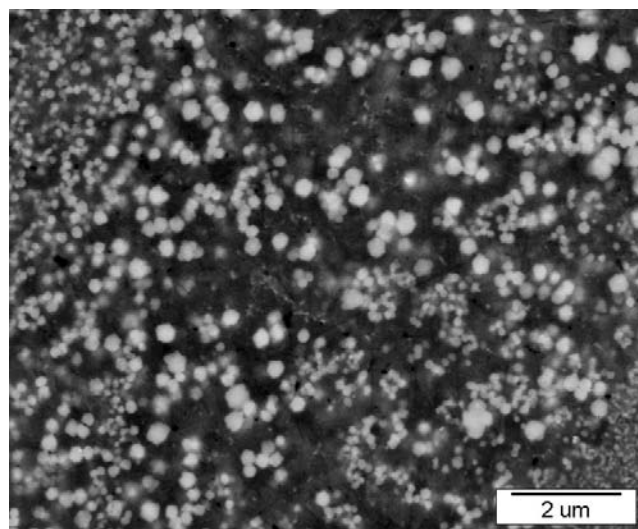
Plinska atomizacija omogoča še večje ohlajevalne hitrosti kot litje na vrteče kolo. Proces atomizacije poteka tako, da s plinom razbijemo talino v drobne kapljice, navadno manjše kot 150 μm . Z višanjem temperature taline dosežemo zmanjšanje velikosti kapljic. S tem postopkom izdelujejo številne komer-

cialne kvazikristalne prahove. Njihova prednost je ovalna oblika. Nastali prah nadalje uporabijo za toplotno nabrizgavanje in pri drugih metalurških postopkih, kot so sintranje in mehansko legiranje.

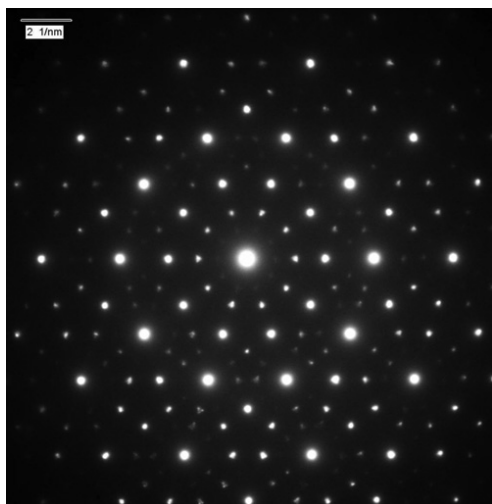
Kvazikristalni material je mogoče neposredno izdelati z **mehanskim legiranjem** prahov čistih elementov v trdnem stanju. S tem postopkom se izognemo taljenju in strjevanju. Vložek je mešanica prahov čistih elementov v takem razmerju, da dosežemo želeno sestavo kvazikristalne zlitine, ter sredstev za mletje. Navadno so to jeklene kroglice, ki jih damo v kroglični mlin. Z vibriranjem mlina se jeklene kroglice, med katere pride prah, medsebojno drgnejo. S krogličnim mletjem dobimo prahove pričakovane sestave s plastno zgradbo. Z nadaljnjim mletjem nastanejo še druge oblike, ki so rezultat ponavljajočih lomov in medsebojnega spajanja prašnih delcev. Za tvorbo kvazikristalnih prahov je potrebna difuzija skupaj s ponavljajočimi prelomi in spajanjem. Razmere pri mletju imajo velik vpliv na nastale faze. Pri manjši intenziteti mletja lahko nastanejo amorfne (steklaste) faze namesto kvazikristalnih. Pri večji intenziteti mletja ali pri predolgem trajanju mletja pa lahko nastanejo kristalne faze. V nekaterih primerih je mogoče s kasnejšo toplotno obdelavo dobiti kvazikristalno strukturo.

3.4 Primer sinteze metastabilnih kvazikristalnih faz v zlitini $\text{Al}_{92,5}\text{Mn}_{3,0}\text{Be}_{4,5}$ z litjem na vrteče kolo

Zlitino Al-Mn-Be smo izdelali z vakuumskim taljenjem in litjem v ingot. Zlitino s sestavo v molskih deležih: 86,1 % Al, 2,5 % Mn in 11,4 % Be, smo pretalili in lili na vrteče kolo. S spreminjanjem hitrosti vrtenja in odprtine na dnu talilnega lonca smo vplivali



Slika 10: Kvazikristalni delci v traku zlitine Al-Mn-Be, izdelani s postopkom litja na vrteče kolo



Slika 11: Elektronski uklonski vzorec v petštevni osi na kvazikristalnem delcu (TEM)

na debelino trakov in razporeditev delcev. Pri počasnejšem vrtenju, kjer je bila obodna hitrost okoli 20 m/s, je bila debelina trakov med 130 μm in 180 μm , pri hitrejšem z obodno hitrostjo kolesa okoli 25 m/s pa je bila debelina trakov med 40 μm in 60 μm . S hitrim strjevanjem zlitine na vrtečem kolesu je nastala mikrostruktura, sestavljena iz kvazikristalnih delcev, disperzno razporejenih v aluminijevi osnovi α_{Al} . Kvazikristalni delci so nastali s primarno kristalizacijo med strjevanjem zlitine. Njihovo razporeditev in velikost pa je določal način rasti trdne raztopine α_{Al} . V tankih trakovih, ki so bili najhitreje strjeni, so bili kvazikristalni delci velikosti od 50 nm do 200 nm (**slika 10**). Njihovo kvaziperiodično kristalno strukturo smo ugotovili s preseveno elektronsko mikroskopijo (**slika 11**).

4 SKLEP

Kvazikristalne zlitine lahko prištevamo k novim materialom in glede na obravnavano se odpirajo številne možnosti za njihovo uporabo. Posebna atomska zgradba vpliva na fizikalne in mehanske lastnosti, kot tudi na površinske značilnosti. Neperiodičnost kvazikristalnih materialov v atomski ureditvi se kaže v krhkosti, majhni trdnosti in visoki trdoti kvazikristalnih snovi. Imajo večjo električno upornost in s tem slabšo električno prevodnost kot kristalne kovinske snovi.

Kvazikristalne snovi lahko izdelamo samo s posebnimi postopki in v določenem koncentracijskem območju dvo- ali večkomponentnih zlitin.

Opisali smo glavne in najbolj uspešne tehnike za izdelavo monokvazikristalov, kot so: prosta rast kvazikristala iz taline, Bridgemannova tehnika in Czochralskijeva tehnika. Način izdelave polikvazikristalov smo prikazali na primeru izdelave stabilne ikozaedrične kvazikristalne *i*-faze v zlitinskem sistemu Al-Fe-Cu, kjer lahko z dodatno toplotno obdelavo dobimo enofazno kvazikristalno strukturo.

Za izdelavo polikvazikristalnih zlitin, kjer je kvazikristalna faza v obliki enakomerno razporejenih delcev v osnovi, se uporabljajo postopki hitrega strjevanja, kot so litje na vrteče kolo, plinska atomizacija, elektronanašanje in drugi postopki nanašanja tankih prevlek ter mehansko legiranje.

Najpogosteje uporabljene metode za proizvodnjo kvazikristalnih prevlek vključujejo kvazikristalne prašne delce, izdelane s plinsko atomizacijo in nato s postopki toplotnega naprševanja nanosene na nosilno površino. Zaradi enostavne in cenejše proizvodnje pa se uporabljajo tudi klasični postopki litja zlitin v ingote, kjer s kasnejšo toplotno obdelavo dosežemo enofazno kvazikristalno zgradbo. Za laboratorijske namene se sicer najpogosteje uporablja litje na vrteče kolo. Prikazan je primer rezultatov litja na vrteče kolo zlitine Al-Mn-Be. V razvoju pa so tehnike, ki bi neposredno omogočale litje tankostenskih ulitkov iz kvazikristalnih zlitin, kot so litje med valje, kontinuirno litje in druge.

5 LITERATURA

- [1] D. S. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, J. W. Cahn, *Phys. Rev. Lett.*, 53 (1984) 1951–1953
- [2] Quasicrystals, Structure and Physical Properties, ur. Hans-Rainer Trebin, *Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA*, Weinheim, 2003, 2–23, 551
- [3] W. Steurer, S. Deloudia, *Acta Crystallogr. A*, 64 (2008) 1, 1–11
- [4] G. S. Song, E. Fleury, S. H. Kim, W. T. Kim, D. H. Kim, *J. Alloy. Compd.*, 342 (2002), 251–255
- [5] F. Zupanič, T. Bončina, N. Rozman, I. Anžel, W. Grogger, C. Gspan, F. Hofer, B. Markoli, *Z. Kristallogr.*, (2008), 735–738
- [6] T. Bončina, Karakterizacija kvazikristalnih zlitin Al-Cu-Fe in Al-Mn-Be, magistrsko delo, Ljubljana, 2006.
- [7] A. P. Tsai, A. Inoue, T. A. Masumoto, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 26 (1987), L1505–L1507
- [8] A. P. Tsai, A. Inoue, T. A. Masumoto, *Materials Transactions JIM*, 30 (1989) 7, 463–473
- [9] A. P. Tsai, A. Inoue, T. Y. Yokoyama, *Materials Transactions JIM*, 31 (1990) 2, 98–103
- [10] L. Zhang, R. Lück, *Z. Metallkd.*, 94 (2003) 2, 98–107
- [11] L. Zhang, R. Lück, *Z. Metallkd.*, 94 (2003) 2, 108–115
- [12] T. Bončina, B. Markoli, I. Anžel, F. Zupanič, *Mater. Tehnol.*, 41 (2007) 6, 271–277

SLOVENEZ Z VAKUUMSKIM BALONOM (ob 200-letnici prvega slovenskega balonarja)

Stanislav Južnič

ZNANSTVENI ČLANEK

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA / Občina Kostel, 1336 Kostel

POVZETEK

Opisana so dejanja in nehanja prvega slovenskega letalca in začetnika balonarstva Gregorja Kraškoviča. Poudarjeni so zgodnji Kraškovičevi poskusi izvedbe poldrugo stoletje starejše domislje Lana Terzija o poletu pod vakuumskimi baloni.

Ključne besede: pionir balonarstva Gregor Kraškovič, zgodovina vakuumskih tehnik, Bloke na Notranjskem

Slovenian with a vacuum balloon (Celebrating bicentenary of the first Slovenian aerostatic flights)

ABSTRACT

The life and works of very first Slovene airman Gregor Kraškovič and the pioneer of ballooning is described. The article focuses on early Kraškovič's effort to materialize a century and half older Lana Terzi's ideas of flight under vacuum balloons.

Keywords: pioneer of ballooning Gregor Kraškovič, history of vacuum technology, Bloke in Inner Carniola

1 UVOD

Prvi slovenski balonar Gregorja Kraškoviča je pred dobrimi dvesto leti na Dunaju objavil temeljno delo iz zgodovine letalstva pri nas in v svetu. Pri svojih zgodnjih poletih med skupno 65 je skušal udejanjiti tisti čas že domala poldrugo stoletje staro domisljo Lana Terzija o poletu pod štirimi vakuumskimi baloni.

2 ŠOLANJE BODOČEGA BALONARJA

Gregor Kraškovič je bil rojen na Blokah. Študiral je v prvem razredu poetike na gimnaziji v Ljubljani leta 1788 s cesarjevo štipendijo (*Coesar*) med zvečine precej mlajšimi sošolci, rojenimi okoli leta 1773. Dosegel je prvo pohvalo (premijant, *Primae classis*) takoj za dvema dobitnikoma nagrad Martinom Rachenetom z Doba in Ljubljancanom Nicolausom Iggelom ter njunima spremljevalcema Lucasom Burgerjem iz Kota (Winklern) nad reko Čabranko in Matheusom Bartholom iz župnije Loški potok (Lasserbach, Laserbach). Razen Iggela, ki si je študij privoščil s pomočjo Umekove fundacije, so vsi drugi trije prejeli cesarjevo štipendijo tako kot Kraškovič, poleg tega pa sta bila Burger in Barthol celo Kraškovičeva razmera bližnja soseda.

Pred Kraškovičem je bil naveden prvi premijant Sigmundus Gandin de Lilienstein (Andrej, * Hrib (Obergrörschach) ob jezeru Črnava v Preddvoru;

† 1791), ki je študiral s pomočjo fundacije Polidorja de Montagnana (Montegnana, * Italija; † 1604 Novo mesto), ki mu je nadvojvoda Ferdinand 12. maja 1599 namignil, naj izroči za revne dijake svoj rogaški beneficij.¹ Za Kraškovičem so bili imenovani ljubljanski grof Vincent Lichtenberg, Mathias Miller iz Škofje Loke, Liburnijec (iz Reke) Franc Persich, Cerkničan Joan Petrisch, Georgius Pfeiffer iz fare sv. Martina, Ljubljancana Michael Pinter in Andreas Potrata, Vipavec Martinus Stibel, Škofjeločan Antonius Uhl in Radovljčan Mathaeus Wenger. Druga premijanta sta bila Ljubljancana Franc Janeshitsch in Franc Okorn, ob njima pa še Vipavec Johannes Slocker.

Kraškovič ni bil doma iz okolice župnije Loški potok. Prav tako ni bil rojen na Vrhniki vzhodno od Loža ali v Podpreski, južno od Loškega potoka, posejani s Kočevarji.² V večini dokumentov o njegovem šolanju v Ljubljani pri fiziku Schallerju in matematiku Antonu Gruberju ter na Dunaju pri fiziologu Georgu Prochaski je razvidna njegova domača župnija Bloke na Notranjskem.

3 KRAŠKOVIČ O ZGODOVINI LETALSTVA

Gregor Kraškovič si je v belem svetu svoj prirojeni priimek Krashoviz nekoliko priredil, morda zavoljo podobnih pobud kot nekoliko prej njegov starejši rojak Jurij Vega, ki je bil ob krstu in v ljubljanskih šolah še

Št.	Ime	Leto	Št.	Št.	Opis
8.	ARS, AS 14	1786	1.	1.	...
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.

Slika 1: Kraškovičeva štipendija 20. 10. 1786 med študijem retorike pod številko 8 (ARS, AS 14, Gubernij v Ljubljani, Registratura III, fascikel 46, 1801–1806, škatla 364)

¹ Ciperle, 2001, 120

² Krashoviz Greg. Carn. Lasserbach Stip. Coes 1788, Krashoviz Leonardus 1777, Krashoviz Georg. 1815 (Črnivec, 1999, 323, 442)

Veha. Kraškovič je bil v ljubljanskih šolah prav tako še Kraschoviz, za slovenske razmere nenavadni »k« pa si je v priimek dodal pozneje, bržkone pa ne v povezavi s hrvaškim krajem Krašković 100 km severno od Slavonskega Broda. Kraškovič je takoj po maturi začel zbirati podatke o balonih leta 1789; morda mu je pomagala mladostna izkušnja iz domače »bloške« smučarije. Leta 1796 je bil promoviran za doktorja medicine na dunajski univerzi;³ morda si je pomagal s štipendijo svojega daljnega sorodnika Janeza Kraškoviča (Johann Kraschkowitsch) v letnem znesku 67 fl 6 kr, ki je bila namenjena gimnazijskim maturantom za dunajski študij prava in medicine, tako da so jo Kranjci zelo radi uporabljali.⁴

Po promociji je Gregor Kraškovič leta 1797 praktical na Dunaju kot zunanji član medicinske fakultete; prakso je opustil že naslednje leto, ko je bil doktor medicinske fakultete tudi Ljubljčan Joseph Anton Haymon, filozofske pa Joseph Liesganig, Anton Ambshell in Kranjec Franz Karpe.⁵ Kaže da je Dunaj zapustil in nato nekaj časa služboval v Zadru, kjer so že po njegovem odhodu z Zadrskih Ravníc dne 18. 8. 1807 spustili balon brez posadke v čast Napoleono-vega rojstnega dne in sklenjenega miru z Rusi.⁶

Po smrti varaždinskega županijskega (provincialnega) fizika Luksemburžana Joannisa Baptista Lalan-gua (* 1743; † 20. 5. 1799 Varaždin) je Kraškovič postal njegov naslednik. Leta 1800 se je ukvarjal z porodništvom in izobraževanjem nosečnic v Varaždinu; bil je provincialni fizik v Varaždinu med letoma 1799–1804,⁷ kjer se je izkazal tudi kot začetnik medicine dela. Po Varaždinu se je nosil pod visokim cilindrom na tri stopnje; nad bele hlače si je rad oblekel moder ali zelen frak. Dne 1. 2. 1805 je kot praktični dunajski zdravnik in okrajni fizik poročal dr. Edwardu Jennerju (* 1749; † 1823) pri londonski Royal Jennerian Society o svojih okoli 1500 cepljenjih proti kozam v Varaždinu; med cepljenimi je bilo več kot 110 otrok. Kraškovič je cepivo dobil z Dunaja od dr. Jeana De Carroja (* 1770 Ženeva; † 1857 Carlsbad); prvi ga je uporabil v varaždinskem okolišu. Večina cepljenih je bila iz siromašnejših slojev.

Kraškovič pa je propagiral cepljenje tudi pri svojih sosedih na Ogrskem in Štajerskem. Domala dve leti se je v varaždinskem okolišu boril proti kužnim boleznim živali s takim znanjem, uspehom in srečo, da so ga

ogrske oblasti nagradile s pohvalo; slovel je tudi kot botanik.⁸

Kraškovič in dr. J. G. Menner (Männer, * Zahodna Avstrija) sta leta 1808 s posesti cesarsko-kraljevega komornika, potomca varaždinskih grofov in dalmatinsko-hrvaško-slavonskih banov Sigismunda Erdödyja, v ogrskem Veppu (Vépp, Vép), 8 km vzhodno od mesta Szombathely, spustila velik, okrogel, s plinom napolnjen balon. Ob poletu na sever je balon dosegel višino 200–250 toisov (klafter, 400–500 m), nato pa je odplaval jugovzhodno proti Turčiji, kot je Kraškovič poročal leta 1810 na 78 straneh svoje zgodovinsko-tehniške knjižice o balonarstvu.⁹ Tako kot Kraškovič, je imel tudi Menner dunajsko zdravniško prakso, ob tem pa je dve leti zastoj delal za splošno bolnišnico; med vojno proti Francozom je služil v armadi z uporabnimi hospitalizacijami. Skupaj s Kraškovičem sta med prvimi vpeljala Jennerjevo cepljenje s kravjimi kozami.¹⁰

Kraškovič se je s svojimi poleti izkazal kot zgleden učenec Francoza Jeana Pierra François Blancharda (* 1753; † 1809), ki je prvi poletel nad dunajskim Pratrom 6. 7. 1791, potem ko je o letenju sanjal že v otroških letih in mu je že kot devetnajstletniku vojvoda Penthièvre zaupal gradnjo vodne turbine ob svojem gradu pri Vernonu. Leta 1777 je Blanchard navdušil Benjamina Franklina s svojim mehanskim vozilom, ki se je v uri in četrp pripeljalo iz Pariza v Versailles. Po izumu balonov je Blanchard seveda začel letati pod njimi, tudi s kraljevo podporo. Letel je nad Filadelfijo, po vrnitvi v Evropo pa je sestavil tri avtomate; žal je njegovo zračno floto zadel blisk in mu ubil edinega osemnajstletnega sina.¹¹

Kraškovič je navdušeno opisal Franklinove dosežke,¹² seveda pa je poudaril tudi Fourcroyjevo vojaško uporabo balonov za opazovanje in prenašanje telegrafskih sporočil med francoskimi generali Etiennom, François-Séverinom Desgraviere-Marceaujem (* 1769; † 21. 9. 1796 Altenkirchen) in Josephom Sebastienom Meyerjem (* 1763; † 1834).¹³ Na boljših ob Renu je francoski stotnik in prvi oficir aeronavtske kompanije Jean-Marie-Joseph Coutelle (* 1748; † 1835) pri Fleursu že uporabljal na vrveh vpete nedavno izumljene balone svojega prijatelja Charlesa, enote Jurija Vege pa so skušale njihovo poizvedovalno dejavnost preprečiti.

³ Sitar, 2010, 159

⁴ *Amtsblatt zur Laibacher Zeitung* 19. 12. 1888, številka 291

⁵ Hof- und Staats- Schematismus der röm. Kaiserl. Wien: Joseph Gerold, 1797, 251, 253; Wiener Universitäts schematismus für das Jahr, 1798, 72, 88, 96–97

⁶ Sitar, 2010, 159

⁷ Eleršek, 2010, 38–41; Kraškovič, Menner, 1811, 476

⁸ Eleršek, 2010, 38, 39; Kraškovič, Menner, 1811, 476

⁹ Kraškovič, 1810, 61

¹⁰ Kraškovič, Menner, 1811, 476

¹¹ Kraškovič, 1810, 25, 36–37, 38, 43

¹² Kraškovič, 1810, 43

¹³ Kraškovič, 1810, 45–46

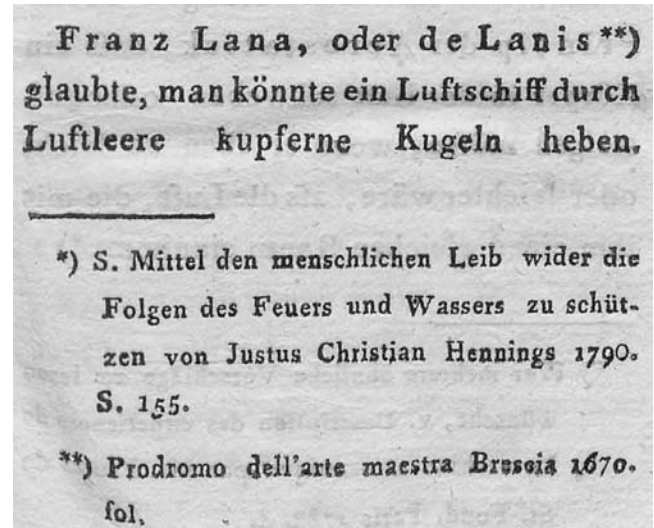
Jan Ingenhousz (* 1730; † 1799) je 6. 6. 1784 nad Dunaj spustil prvi toplozračni balon, sicer brez posadke,¹⁴ ki ga je gotovo opazoval tudi Vega, medtem ko je bil Kraškovič še gimnazijec v Ljubljani. Ingenhousz je bil Kraškoviču in Vegi blizu tudi kot pionir cepljenja proti kozam v monarhiji po letu 1768 (seveda še ne po Jennerjevem postopku), s postavitvijo strelovodov v sodelovanju z Vegovim nadrejenim prostožidarskim botrom majorjem Leopoldom baronom Unterbergerjem (* 1734; † 1818) in s svojim raziskovanjem fotosinteze in plinov.

Vega je nasprotno od Kraškoviča zavrnil Lanov model. Menil je, da »zaradi pritiska zunanje atmosfere na površino votlih in praznih krogel ne bo mogoče kovinskih lupin krogel nikoli tako stanjšati, da bi bile lažje od mase zraka, ki bi ga krogle vsebovale«. Zato je predlagal polnjenje balona z vodikom.¹⁵ Za zgled vzgona je Vega vzel gibanje Montgolfierovega balona s segretim zrakom,¹⁶ kar je bilo tedaj že desetletje zelo priljubljeno; poleg tega pa sta bila oba brata Montgolfier¹⁷ člana Lalandove lože devetih sester.

Kraškoviču so bile francoske ideje očitno nadvse blizu, saj je svojo knjigo začel s citatom iz Rousseauja, ki ga je vmes še uporabil kot navdušenec nad naravi predanim življenjem; seveda je navajal tudi pariškega dramatika Louis-Sébastien Mercierja (* 1740; † 1814).¹⁸ Med svojimi praktičnimi vzorniki je naštel veličine, kot so bili: Nicolas Louis Vauquelin (* 1763; † 1829), Klaproth, Berthelot, Fourcroy, Lavoisier, Volta, J. B. de Jacquin (Joseph Baron Jacquin (* 1766; † 1839), prevajalec Lavoisierjevega dela v Berlinu leta 1792, kemik-farmacevt Sigismund Friedrich Hérmstädt (Hermstadt, * 1760 Erfurt; † 1833 Berlin) in Gilbert;¹⁹ slednji je bil verjetno kar precej starejši zdravnik angleške kraljice William Gilbert.

Prekooceanske plovbe so Kraškoviča kot pristnega Notranjca navdušile predvsem z uvozom krompirja iz Amerike; zavzemal se je za osvajanje zračnega prostora z baloni.²⁰ Seveda je svojo predstavitev začel z Dedalom in Ikarom, čeprav se morda niti ni prav zavedal poznejšega spora med letali, težjimi in lažjimi od zraka; nato je zavil k modernejšemu Johannu

Müllerju Regiomontanusu (* 1436; † 1476), ki je leta 1467 Deželnim stanovom in nato v Nürnbergu cesarju Frideriku III. predstavil orla iz lesa in muho, sestavljeno iz železa, ki je preletela zaznavno razdaljo.²¹ Leta 1577 je cesar Rudolf II. dal z vrha stolpa dunajske Stefanove cerkve spustiti mehansko letalo.²²



Slika 2: Kraškovičev zapis o 140 let stari zamisli vakuumskega balona Franza de Lane Terzija iz Brescicie²³

Posebno pozornost je Kraškovič posvetil Franzu de Lanisu, ki si je leta 1670 zamislil vakuumski balon iz bakra; njegov uspešen polet naj bi bil, po Kraškoviču, skregan s principi fizike,²⁴ kot sta uvidela že Leibniz in praktični Otto Guericke. Na Rimskem kolegiju je Athanasius Kircher vzgojil veliko vplivnih učencev, med njimi jezuita Francesco Lana Terzija iz Brescije. Kot tretji otrok iz družine Lana si je Francesco nadel priimek *Terzi*.²⁵ Leta 1647 je vstopil k jezuitom, študiral je pri Casatiju in Kircherju na Rimskem kolegiju, kjer si je posebno rad ogledoval Kircherjeve poskuse. Med letoma 1656–1658 je poučeval filozofijo v Terniju in Rimu, nato v Benetkah in od leta 1675 matematiko v Ferrari. Leto dni pred smrtjo je odšel na Akademijo »*Filesotici*« v Brescii. Spise filesotikov so povzemali celo v Leibnizovi *Acta eruditorum*.²⁶ Bil je dopisni član londonske Kraljeve družbe.

¹⁴ Beale, 1999, 24; Norris, 2000, 126

¹⁵ Vega, 1800, 147–148, 150; Sitar, 1997, 44

¹⁶ Vega, Vorlesungen 1803, 2: 404

¹⁷ Joseph Michal Montgolfier (* 26. 8. 1740 Videlon-les-Annonay; † 26. 6. 1810 Belaruc-les-Bains) in Jacques Étienne Montgolfier (7. 1. 1745 Videlon-les-Annonay; † 2. 8. 1799 Serrières)

¹⁸ Kraškovič, 1810, 37, 59

¹⁹ Kraškovič, 1810, 5

²⁰ Kraškovič, 1810, 7

²¹ Kraškovič, 1810, 10, 12

²² Kraškovič, 1810, 12

²³ Kraškovič, 1810, 13–14

²⁴ Kraškovič, 1810, 13–14

²⁵ D. Grdenič, J. F. Domin, Tumačenje, V: *Fizikalna razprava o postanku, naravi i koristi umjetnog zraka* (1987), 174

²⁶ L. Thorndike, *History of Magic*, New York, 8: 230

Leta 1670 je Terzi zaslovel z izdelavo okroglih zrakoplovov iz bakrene pločevine, iz katerih je izčrpal zrak;²⁷ ideja je očitno navdušila kranjskega deželnega glavarja Volfa Engelberta Turjaškega ob njegovi nabavi Lanove knjige. Manj verjetno je, da bi Volf na strehi svoje ljubljanske palače še sam preizkušal vakuumske balone, ki pač še do dandanes niso poleteli. Lano so brali tudi ljubljanski frančiškani. O vakuumski ladji z baloni je kljub Leobnizovim dvomom pisal tudi Leibnizov dopisovalec Philipp Lohmeir († 24. 9. 1680) z univerze v Wittenbergu že po Volfovi smrti leta 1679,²⁸ pozneje pa so se je lotili še praški jezuitski profesorji.

Lanovo delo je šest let po izdaji komentiral Johann Christoph Sturm (* 1635; † 1703), docent na univerzi v Jeni, pridigar in profesor matematike v Altdorfu od leta 1669 ter pozneje rektor; bil je oče matematika Leonharda Christoph Sturma.²⁹ Sturmovo knjigo je dve leti po izidu Mayr ponujal v Ljubljani, Volf pa je ni imel, čeprav jo je kupil njegov nekdanji varovanec Valvasor.

Lana je opisal štiri krogle iz zelo tankih bakrenih plošč: zrak v njih je moral biti veliko težji od tankega bakrenega ogrodja. S črpalniki bi iz krogel izsesali zrak in jih z jermeni pritrdili na leseno letalo, oblikovano kot ladja. Ladja bi morala biti čim lažja, opremljena z vesli, jambori in jadri. Njena posadka bi domnevno lahko jadrjala po zraku, podobno kot po vodi. Lana je ocenil, da bi za izdelavo naprave potreboval 100 zlatnikov; vendar ni mogel preskrbeti niti te, razmeroma majhne vsote.

O Lanovi ladji je dubrovniški jezuit Brne Zamanja po šolanju v Rimu sestavil pesem *Navia Aeria*. Leta 1784 je stihe ponatisnil na Dunaju s predgovorom in opombami ogrskega jezuita Michaela Paintnerja (* 1753; SJ; † 1826), prijatelja in sošolca Franja Josipa Domina v Leobnu leta 1772, nato duhovnika v Sóprounu, naslovnega škofa in svetovalca dunajskega dvora za verska vprašanja. Paintner je v predgovoru povzel celotno zgodovino »zračne ladje«.

Opisal jo je že Arhit iz Tarenta v prvi polovici 4. stoletja pred Kr. z leseno figuro letečega goloba, obešenega na utežeh, ki jo je premikala pod nadtlakom zaprta skrita para. Avguštinski škof v Halberstadtu

(Halberstad), Albert iz Saške, je v 14. stoletju trdil, da je zrak v bližini ognja ploven kot površina vode blizu zraka.

Popravljen Lanovo idejo sta sto let pozneje uporabila brata Montgolfier; svoje balone sta raje polnila in jih nista puščala povsem prazne. Lana se je zavzemal za trdne, izpraznjene krogle, medtem ko sta imela brata Étienne (* 1745; † 1799) in Joseph de Montgolfier (* 1740; † 1810) raje mehke in raztegljive iz svoje papirnice, polne lahke pare. Prvi je v resnici poletel portugalski jezuit Bartholomeo de Gusmão v začetku 18. stoletja v Lizboni. Uporabil je napravo na topli zrak in se povzpел do višine strehe kraljeve palače. O njegovih dosežkih je malo znanega, saj ga je inkvizicija vrgla v zapor, iz katerega so mu prijatelji pomagali zbežati v Španijo.

Brata Montgolfier, lastnika tovarne papirja v Annonayu, sta poletela 5. 6. 1783. Montgolfierjevemu poletu v Parizu so prisostvovali kralj Ludvik XVI., Benjamin Franklin in Barthélemi Faujas de Saint Fond (* 1741; † 1819).

Faujas je poročilo dodal svoji že pripravljeni knjigi, ki je bila tiskana leta 1783 v Parizu in jo je kupil Zois; naslednje leto jo je prevedel nekdanji benediktinec Franz Uebelacker na Dunaju, kjer si je prve balone ogledal tudi Vega. Za izbiro primernih polnitev balonov so bile temeljnega pomena točne meritve gostote različnih plinov, ki jih je objavljval Felice Fontana.³⁰

Drugi odmevni polet z razredčenim zrakom se je posrečil profesorju fizike opatu Jeanu Françoisu Pilatreju de Rozierju (* 1756; † 1785) in vojaškemu komandantu Françoisu Laurentu markizu d'Arlandesu (* 1742; † 1809) 21. 11. 1783 v La Muette pri Parizu.

Dne 1. 3. 1784 je Franjo Josip Domin dal spustiti z vodikom polnjeni balon na dvorišču hiše Francisca Andrea de Stainerja v Györu na Ogrskem. Podobne naprave je preizkušal še sedem let. Ivan Krstnik Horvat je leta 1783 v Budimu objavil prvo teorijo aerostatske krogle, balona, polnega vodika,³¹ v poznejšem Charlesovem slogu. O Lanovih zračnih ladjah so pisali tudi praški jezuitski profesorji. Avguštini Hallerstein in sodelavci so v svojih pekinških knjižnicah imeli kar tri izvode opisa vakuumskega balona

²⁷ Lana Terzi, *Prodomo ovvero saggio di alcune invenzioni nuove premesso all'Arte Maestra...*, Brescia 1670; Ferdinand Rosenberger, *Geschichte der Physik*, Braunschweig, 1890, III del, str. 73; Rossi, 1997, str. 237; Torino, 1979, str. 143–144.

²⁸ L. Thorndike, *History of Magic*, New York, 8: 613

²⁹ J. C. Sturm, *Collegium experimentale*, Norimbergae 1676, 74–99; L. Thorndike, *History of Magic*, New York, 8: 223; J. G. Doppelmayr, *Historische Nachrichten*, Nürnberg 1730, 114, 129

³⁰ Priestley, 1966, 181

³¹ Domin, 1987, *Dissertatio physica de aeris factitii genesi, natvra, et utilitatibus*. Taurini: Iosephi Streibig. 1784. Ponatis: Fizikalna razprava o postanku, naravi i koristi umjetnog zraka. Zagreb: JAZU. 165, 171–172, 175–177; Drago Grdenić, Tumačenje Dominove fizikalne razprave (v Domin, 1987), 53–55, 82, 91, 111; Snežana Paušek - Baždar, Josip Franjo Domin, v Domin 1987, 113–129, str. 121; Faujas de Saint-Fond, B., *Beschreibung der Versuche mit der Luftkugel, übersetzt von Abbé Uebelacker, mit einer Abhandlung derselben, wodurch erwiesen wird, dass ein deutscher Physiker von XIV Jahrhunderte der Urheber dieser Erfindung sey*, Wien 1784.

jezuita Lana Terzija,³² brali pa so tudi o Montgolfierjevem balonu. Jezuit Hallerstein je prelistaval celo *Provinciale* vodilnega raziskovalca vakuuma Pascala,³³ čeprav je bil možakar pri jezuitih močno nepriljubljen in se je na vse mile viže prepiral z jezuitom Étienneom Noëlom.³⁴

Žal Lanova ladja še vedno čaka na uspešen polet. Tretji del Lanovega Pouka naravoslovja so po Volfu nabavili še ljubljanski jezuiti šestdeset let po natisu. Lana je natančno opisal Torricellijeve,³⁵ Boylove³⁶ in druge poskuse s plini in vakuumom. Navedel je mnenja pomembnih sobratov: Honorata Faberja (Fabri),³⁷ Kircherja³⁸ in Schotta.³⁹ Kritiziral je Galileija, soglasno z Giuseppejem Francescom Vannijem iz Lucce, Giovannijem Cevo, bratom jezuita Tommasa iz Milana in drugimi italijanskimi jezuiti.⁴⁰

Valvasor in Volf Engelbert Turjaški sta vsak zase kupila Lanovo delo. Šest let po izdaji ga je komentiral Johann Christoph Sturm (* 1635; † 1703), docent na univerzi v Jeni, pridigar in profesor matematike v Altdorfu od leta 1669 ter pozneje rektor.⁴¹ Valvasor je imel tudi Sturmovo izdajo Keplerjeve astronomije. Popravljen Lanovo idejo o vakuumskem balonu sta sto let pozneje uporabila brata Montgolfier; svoje balone sta raje polnila z lahkim plini in jih nista puščala povsem prazne. Že Leibniz je kritiziral Lanovo idejo; menil je, da se bo vakuumska krogla sesula sama vase, kot se je svoj čas Guerickejev sod med podobnimi poskusi.

Gallien je v Avignonu razmišljal o področjih nad ozračjem, ki naj bi bila prav tako polna in uporabna za letenje; dognal je principe aerostatike na temelju vzgona. Leta 1766 je Henry Cavendish spoznal izredno lahkost gorljivega zraka, vodika; Black je z njim že delal poskuse.⁴² Italijan, priseljen v London, Tiberius Cavallo in Lichtenberg sta srečno opravila podobne poskuse z vodikom; Cavallovo knjigo o



Slika 3: Ureditev Antona Vanossija Lanove ponazoritve Kircherjevega loma paličastega magneta na dvoje in plavanja ribe za gibanje vakuumskega balona pri ljubljanskih frančiškanih (Lana, 1724, sliki na koncu knjige se nanašata na strani 226 in 265)

balonih je hranil tudi Žiga Zois. De la Fondova eksperimentalna fizika⁴³ je močno vplivala na slovenske balonske potnike, predvsem pa se je našim prednikom priljubila v Neaplju rojeni Cavallo. Leta 1771 je odšel v Anglijo, kjer je leta 1779 postal član londonske Kraljeve družbe. Bil je še član Kraljeve akademije v Neaplju. Objavil je knjigo o elektriki, ki je doživela več izdaj.⁴⁴ Leta 1800 je sestavil hladilnik. Cavallo je, podobno kot Priestley, zagovarjal teorijo flogistona.

³² Lanove knjige so okrasili z lastniškim vpisom francoskih pekinških jezuitov »PP Gallor SJ Pekin, Collegij Societatis Jesv Pekini, Veyo da Residencia de Cinanfu« (Lana Terzi, *Magisterium*; Verhaeren, *Catalogue*, str. 572–573) in s Hallersteinovim »Da Vice Provinciae da China da Compania de Jesus, Collegij Societatis Jesv Pekini, Vice Provinciae Sinesis« (Francesco Lana Terzi, *Prodromo*, Brescia, 1670; Verhaeren, *Catalogue*, str. 971). Francoski pekinški jezuiti so s svojim zapisom *PP Gallor SJ Pekin* okrasili tudi poročila o raziskavah vakuuma v živosrebrnem barometru Torricellijevih dedičev pri akademiji v Firencah, ki jih je uredil grof Lorenzo Magalotti (* 1637; † 1712) pod naslovom *Saggi di naturali esperienze* (Verhaeren, *Catalogue*, str. 921 (št. 3136)). Enak lastniški vpis imajo Schottove knjige: *Magia universalis*, *Mechanica hydraulica* in *Physica Curiosa* (Verhaeren, *Catalogue*, str. 804–805 (št. 2717–2719)).

³³ Verhaeren, *Catalogue*, str. 150

³⁴ Saito, *O Vácuo de Pascal*, str. 51

³⁵ F. de Lana Terzi, *Magisterium Naturae et Artis*, Parma 1692, 3: 238, 262

³⁶ Lana, n. d., 3: 239, 551

³⁷ F. de Lana Terzi, *Magisterium Naturae et Artis*, Brescia 1684, 1: 3

³⁸ F. de Lana Terzi, *Magisterium Naturae et Artis*, Brescia 1686, 2: 176; F. de Lana Terzi, *Magisterium Naturae et Artis*, Parma 1692, 3: 215; M. Torrini, *Dopo Galileo*, Firenze 1979, 143

³⁹ F. de Lana Terzi, *Magisterium Naturae et Artis*, Parma 1692, 3: 214, 297

⁴⁰ F. de Lana Terzi, *Magisterium Naturae et Artis*, Brescia 1684, 1: 175, 177–178; Torrini, n.d., 96–97

⁴¹ J. C. Sturm, *Collegium experimentale*, Norimbergae 1676, 74–99; L. Thorndike, *History of Magic*, New York, 8: 223

⁴² Kraškovič, 1810, 15

⁴³ Sigaud de la Fond, *Description et usage d'un cabinet de physique experimentale*, Paris 1775. Napis čez naslovno stran »k. k. Lyceal Bibliothek zu Laibach«, brez letnice (NUK-8216). Drugo de la Fondovo fizikalno delo v nemškem prevodu »Am. zur Experimental-Physik, Wien. Trattner 1785« je imel Erberg (XCVII/WV), Wilde pa mu je pomotoma zapisal leto izdaje 1780 (W-1566). De la Fondov učbenik *Dictionnaire de physique* (Paris 1781–1782) je prevedel v ruščino S. J. Rumovski pod naslovom *Rukovodstvo po fiziki* (Smagina, 1991, str. 44). De la Fond je druga oseba kot francoski geolog Barthélemy Faujas de Saint-Fond (Barthélémy, 1741–1819). Ta je leta 1783 v Parizu objavil »Description des expériences aérostatique de M.M. Mongolfier...«, kjer je opisal slovitno letenje z balonom (Čop-Kalistrov katalog, NUK-8531).

Gruber in profesor kemije na medicinski fakulteti univerze v Halleju Gren⁴⁵ sta kritizirala Darwina. Darwinove ideje je sprejel Škot Hutton,⁴⁶ ki ga je Darwin leta 1774 vpeljal v Mesečevo družbo v Birminghamu. Zagovarjal jih je še Cavallo,⁴⁷ ki je leta 1782 zaslovel s preizkušanjem papirnatih balonov.⁴⁸ Bil je član kraljeve akademije v Neaplju, leta 1803 pa se je naselil v Londonu. Več Cavallovih del je Gruber lahko našel v Zoisovi ljubljanski knjižnici.

Preboj se je seveda posrečil Montgolfierjema in nato pariškemu profesorju fizike Jacquesu Alexandreu Césaru Charlesu (* 1746; † 1823) s pomočjo njegovega brata Roberta; s tankim premazom iz firneža sta kroglo iz tafta naredila bolj prožno. Kroglo sta napolnila z vodikom, pridobljenim iz žveplove kisline, spuščene čez 500 kg koščkov oziroma opilkov železa. Dne 27. 8. 1783 sta letela tri četrt ure od Pariza pod balonom premera 12 čevljev, ki se je v dveh minutah povzpел domala kilometer visoko. Seveda so se tedanji letalci razdelili v dve skupini: v Montgolferjevo pod razredčenim zrakom in v Charlesovo z gorljivim plinom, vodikom.⁴⁹

Predstojnik muzeja Pilatre de Rozier je srečno naredil mit iz poleta mlajšega Mongolfierja, ki ga je opazoval sam kralj; nato pa sta poletela skupaj z markizom d'Arlandesom.⁵⁰ Poletov so se začeli lotevati številni iz nižjih in višjih stanov. Vrstila so se meteorološka odkritja letalcev pod baloni; tako je Robertson nad Vilnom dognal, da temperature višjih zračnih plasti poleti niso enake zimskim,⁵¹ leta 1803 pa si je ogledoval ozračje nad Hamburgom na višini 360 toise (klafter, okoli 700 m). S sopotnikom Lhorstom sta dognala, da udarec po Bertholetovem pokalnem smodniku ob njunih temperaturah 2 stopinje in tlakih 26 col sploh ne povzroča poka.⁵² Elektrometer ni kazal niti sledi elektrike, saj so bili oblaki ob tem razredčenem zraku nadvse tanki, sončni žarki pa skozi prizmo po lomu niso kazali živahnih barv.⁵³

Leta 1804 je Gay-Lussac delal poskuse s kompasom pod balonom; skupaj z Aragom sta v balonu

nad uporniško Španijo merila spremembe zračnega tlaka. Na višini 4 km magnetna igla ni nihala, teža balona pa se je tam uravnovesila z vzgonom; pulz se je spustil pod 30 udarcev na minuto. Kemijska preiskava zraka v steklenem balonu je, seveda, pokazala, da sta kisik in dušik ohranila razmerje, ki ga imata v spodnjih delih ozračja.⁵⁴ Po Gay-Lussacu so poimenovali poskus s prehodom plina iz polnega v prazen balon. Ta eksperiment so R. Mayer in drugi pogosto navajali pri izpeljavi zakona o ohranitvi energije dvajset let pozneje. Zato imamo lahko Gay-Lussacove poskuse za predhodnike »mehanične teorije toplote«, ki jo je v tem času že ustvarjal njegov mlajši rojak Sadi Carnot (* 1796; † 1832).

Herman Boerhaave je poročal o gorenju alkohola v zaprtih posodah;⁵⁵ takšno preučevanje fizikalnih pojavov se je Kraškoviču zdelo neskončno iskanje, usmerjeno proti namišljenemu letu 2440.⁵⁶ Poleti z baloni so naravoslovju postregli neposredno pričevanje o sestavi ozračja nad oblaki, tamkajšnjem širjenju zvoka, popušcanju teže, lomu svetlobe in elektriki v višavah ozračja.⁵⁷ Kraškovičev neimenovani prijatelj, ki se je že od mladosti posvečal letalstvu in si je s svojo spretnostjo na Dunaju že ustvaril ime, je menil, da je mogoče polet balona ne le usmerjati, temveč tudi vplivati na vetrove.

Navsezadnje so tisti čas na Dunaju zaščitili patent z orli kot usmerjevalci balonov, nemški izumitelj in glasbenik Franz Leppich (* 1776; † 1818) pa je Napoleonu brez haska ponujal toplozračni in vodikov balon; komaj kaj več uspeha je Leppich imel pri vojaških nalogah Fjodora Vasiljeviča Rastopčina (* 1763; † 1826) v Moskvi. Kraškovič je pravilno dognal, da nam bo poznanje močno spremenljivih višinskih vetrov omogočilo predvidevanje viharjev, ki ogrožajo ladje na morju.⁵⁸ Že d'Alembert je preučeval vpliv Lune in Sonca na plimovanje ozračja kot vzrok vetrov, točne račune pa je dodal Edmund Halley.⁵⁹

⁴⁴ Cavallo, *A complete treatise on electricity in theory and practise with original experiments*, London 1777 (2: 1782 (v Zoisovi knjižnici), 4: 1795). V Licejski knjižnici v Ljubljani so nabavili tudi drugo Cavallovo knjigo: *The history and practise of aerostation*, London 1785. Knjiga je bila popisana v Zoisovi knjižnici (NUK-8478). Popisana je bila med knjigami, ki obravnavajo tisti čas zelo priljubljeno letenje z baloni.

⁴⁵ Friedrich Albrecht Carl Gren (* 1760; † 1798)

⁴⁶ James Hutton (* 1726; † 1797)

⁴⁷ Italijan Tiberio Cavallo (* 1749; † 1809)

⁴⁸ Fox, 1971, 57, 59, 337; Rosenberger, 1890, 74

⁴⁹ Kraškovič, 1810, 20

⁵⁰ Kraškovič, 1810, 23

⁵¹ Kraškovič, 1810, 27–28

⁵² Kraškovič, 1810, 47

⁵³ Kraškovič, 1810, 48

⁵⁴ Kraškovič, 1810, 49

⁵⁵ Kraškovič, 1810, 52

⁵⁶ Kraškovič, 1810, 55

⁵⁷ Kraškovič, 1810, 58

⁵⁸ Kraškovič, 1810, 64

⁵⁹ Kraškovič, 1810, 59

4 KRAŠKOVIČEVI BALONI IN PADALA

Dne 4. 3. 1810 sta Kraškovič in Manner spustila balon iz tafta s premerom 16 čevljev ob slavnostnem vkorakanju kneza Neuschatela; letališče sta si omislila na univerzitetni zvezdarni pod pokroviteljstvom dvornega astronoma Franza von Paula Triesneckerja (Drissenecker, * 1745; † 1817), naslednika Maximiliana Hella. Dosegla sta višino 150 klafter, torej blizu 300 m, nato pa sta letalo s pritrjenim padalom spustila v dunajskem Leopoldstadu brez vsake škode.⁶⁰ Grof Francesco Zambecari (* 1752; † 1812) je navdušil Kraškoviča s svojim balonskim poletom v družbi s Pasqualejem Andreolijem (* 1777; † 1837) nad Bologno leta 1783⁶¹ in nato nad Dunajem; med poletom v ledenem višinskem mrazu sta Zambecariju zmrznila kar dva prsta. Hitrost vetra so merili s hvaljeno Burtonovo napravo, sestavljeno po poskusih Roberta Hooka in Williama Derhama (* 1657; † 1735) z mlino na veter.⁶²

Medtem ko so španske ladje plule od Mehike do Španije trideset dni, naj bi polet z balonom trajal le trinajst dni, iz Anglije v Filadelfijo pa naj bi prileteli celo v sedmih dneh; ob tem je Kaps iz Gdanska našel način, da je gorljivi zrak, torej vodik, obdržal v balonu tudi po tri mesece brez izgub.⁶³ Kraškovič je svojo zgodovino letalstva, nedvomno prvo tovrstno delo izpod peresa slovenskega pisca, sklenil z naravnost presenetljivo obsežnim popisom branja v nemškem, francoskem, angleškem, italijanskem in španskem jeziku;⁶⁴ mož je bil naravnost poliglot.

Uspešen zdravnik kožnih in spolnih bolezni Kraškovič kljub knjigi in poletom na Dunaju vendarle ni bil docela zadovoljen. Želel si je domov, kar je ob preselitvi v Ilirske province pomenilo obenem odhod v francosko cesarstvo. Glavni policijski komisar Ilirskih provinc, nekdanji avstrijski oficir prostozidar, Louis-Toussaint markiz de La Moussaye (* 1778 Rennes; † 1854 Pariz), pa ga je priporočil Rafaelu Zelliju za vrnitev v Ilirske province na ljubljanski profesorski položaj dne 26. decembra 1810:

»Gospod Kraškovic, doktor medicine, rojen v Iliriji, znan po svojih literarnih delih, aerostat, kemik, slovit na Dunaju zaradi zdravljenja veneričnih bolezni, ki je že pet let opravljal službo fizika v eni sedanjih Ilirskih dežel in je sedaj že štirinajst let nastanjen na

Dunaju, tudi graduiran na dunajski univerzi, bi se rad vrnil v domovino, ko bi mogel upati, da dobi tam službo in naslov, ki bi ga vsaj deloma odškodoval za žrtev, da bi zapustil Dunaj. Ker sem imel priliko, da sem ga na Dunaju sam do dobra izpoznal in se obrača name, da predložim prošnjo maršalu, storim to prav rad, saj so mi g. Kraškovic hvalili kot izredno nadarjenega zdravnika, in mislim, da bi bilo dosti vredno, ko bi ga pridobili.«⁶⁵

Delinquent Dufort se je 29. 9. 1777 spustil z vzmetjo z višine 145 čevljev v Bretanji.⁶⁶ Dne 28. 3. 1797 je Vodnik poročal o Juriju Vehi (Vegi), bojda »rojenemu Kranjcu kolikor jest vem«. Pri tem je Vego postavil za zgled rojakom; po svoje pa je pogojnik *bojda* presenetljiv, saj bi Vodnik moral poznati dve leti mlajšega ljubljanskega sošolca Vego.⁶⁷ Podobno kot Vego na Dunaju ali Vodnika v *Lublanskih novicah* je tudi ohromelega Zoisa močno pritegnilo Montgolfierjevo balonarstvo, zato je ob Montgolfierjevem poročilu rad listal tudi Cavalla, ki je bil sploh med najbolj priljubljenimi Zoisovimi znanstvenimi viri. Ob prvih stikih Slovencev s francoskimi revolucionarnimi armadami se je Vodnik, sicer še ne izrecen Napoleonov podpornik, lotil tudi novic iz Pariza. Dne 22. 11. 1797 je Vodnik poročal o pariški »vožnji po zraku« (22. 10. 1797) André-Jacquesa Gernerina, ko je pod balonom »zakuril zrak, da je zaplaval kot smrekov les na vodi.«⁶⁸ Pri tem je na tedanjem obrobju Pariza v višini 700 m prvi uporabil sodobno obliko padala, oblikovanega v dežnik s premerom 10 m in šestnajstimi vrvmi, ki ni bilo odprto ves čas skoka. Vodnik je Ljubljancem poročal le mesec dni po dogodku (!). Štirinajst let prej sta poletela brata Montgolfier, podobne poskuse pa so kmalu delali tudi Dunajčani. Vodnik si je gotovo ogledal Zoisov izvod nemškega prevoda Montgolfierjeve knjige (1783), ki so jo ovrednotili na 6 kr.⁶⁹ V njej je prevajalec, duhovnik Uebelacker, na straneh 9–36 opisal zgodovino balonarstva z dosežki Lane Terzija, Leibniza, dominikanca Josepha Galienu leta 1755 na visoki šoli v Avignonu⁷⁰ in Cavalla.⁷¹ Saint-Fond je knjigo posvetil francoskemu feldmaršalu, na deveti plošči pa je narisal Lanovo ladjo. Med drugimi devetimi bakrorezi je ovekovečil številne podrobnosti Montgolfierjevega poskusa z obliko naprav in polnjenjem balona na plošči 1.

⁶⁰ Kraškovič, 1810, 62

⁶¹ Kraškovič, 1810, 32

⁶² Kraškovič, 1810, 66

⁶³ Kraškovič, 1810, 69, 71

⁶⁴ Kraškovič, 1810, 72–78

⁶⁵ Tavzes, 1929, 44

⁶⁶ Kraškovič, 1810, 13

⁶⁷ Vodnik, n. d., 75

⁶⁸ Vodnik, 1997, 77

⁶⁹ Zoisov katalog iz leta 1812 v ARS, AS 1052 Posebno udejstvovanje, osmerka, št. 24 Lalande; št. 127 Montgolfier.

⁷⁰ Saint-Fond, 1783, 11

⁷¹ Saint-Fond, 1783, 25



Slika 4: Mennerjev (in Kraškovičev) polet iz leta 1811 in njuna pogumna mačka na ogrski znamki iz leta 1983.

Leta 1811 je dr. Menner v Kraškovičevi družbi med prvim potniškim poletom, dolgim 70 km, pod balonom s segretim zrakom na ogrskem nebu med Budimpešto in Gyöngyösom spustil mačko in druge domače živali s padalom z letečega balona: mačka je preizkušnjo preživela in občinstvu veselo zamijavkala, kar so Madžari nedavno leta 1983 ovekovečili na svoji poštni znamki.

Kraškovič je skupno opravil 65 poletov. Nad Pešto je poletel skupaj s sodelavcem, zdravnikom Mennerjem 3. 6. 1811 in 20. 2. 1812, nad Bratislavo pa sta začela nastopati 6. 8. 1811 in sta 15. 9. 1811 po vzletu ob pol šestih preletela domala 3 km do Ragendorfa ob češko-ogrski meji; zdravnika sta med poletom preučevala tudi znake višinske bolezni zaradi razredčenega zraka. Ob vzletišču so jima ploskale množice in nadvojvode s soprogami; slednji so pogumna mladca prav bogato obdarovali. Očitno je bil prav Kraškovič vodja pogumne dvojice, saj je dunajsko poročilo pisalo o njegovem poletu, Mennerja pa je obravnavalo le med tekstom; sto let pozneje so novosadski časopisi natolcovali o domnevem Kraškovičevem baranjskem ali slavonskem poreklu.⁷²

5 PRECHTL O KRAŠKOVIČU

Že zgodaj junija 1810 je Kraškovič skupaj z Mennerjem (Männer) razstavil balon premera 22 čevljev in obsega 72 čevljev iz jelenovih kož na ogled v dunajski c. kr. jahalnici. Nad balonom je bilo varnostno padalo, kot ga je Valentin Vodnik opisal že leta 1797, takoj po prvi uporabi nad Parizom. Ob prihodu kneza Neuschatela v zvezdarno so v zrak spustili maj-

hen balon. Ljudje so si napravo ogledovali in komaj čakali na polet. Dne 13. 8. 1810 sta Kraškovič in Menner prvič poletela iz Praterja pred dvorjani in številno publiko. Kraškovič je raziskoval vodikove in toplozračne balone, enega pa je opremil s padalom. Po načrtu Lana Terzija je uporabil štiri votle krogle, ki so z vzgonom dvigovale letalo.

Precej ponesrečeno balonarsko predstavo je poldrugi teden pozneje strokovno opisal in z nasveti podprl v vodilnem dunajskem tedniku »Pr.«, torej Johann Joseph Ritter von Prechtel (* 1778 Bischofsheim; † 1854 Dunaj). Prechtel je sicer po matematični plati raziskoval let ptičev ob mogoči prireditvi za človeškega Ikarja v podporo Jakobu Degenu (* 1760 Švica; † 1848 Dunaj), ki je leta 1808 letel z vodikovim balonom, novembra istega leta pa je nad Pratrom opravil prvi krmiljeni polet in je končno zaslovel z letali, težjimi od zraka. Prechtel je med letoma 1809 in 1810 predaval na tržaški Realni in navigacijski šoli; v času Kraškovičevega poleta se je že vrnil na Dunaj. V naslednjih petih letih je utemeljil dunajski Politehniški inštitut, današnjo dunajsko Tehniško univerzo; ukvarjal se je tudi s plinsko razsvetljavo in vakuumskimi tehnikami ob zori izuma katodne elektronke.

Prechtel je nazorno opisal, kako je Kraškovič za ogrevanje gledalcev in preverjanje vetrov najprej poslal v ozračje manjši balon, ki je kmalu izginil za obzorjem. Drugi manjši balon se je vzpenjal skupaj z drobnim padalom; na majhni višini se je padalo ločilo od balona in prineslo k tlom nepoškodovano jajce v košari. Tri druge z nitkami povezane majhne balone je veter zanesel proti severu; srednjega med njimi je Kraškovič dal napolniti s pokalnim plinom (z zmesjo vodika in zraka), druga dva pa z vodikom.⁷³ Na znatni višini se je srednja krogla vnela in hrupno počila. Komaj so si gledalci opomogli od poka, je že sledil večji balon z majhnim padalom, ki ga je veter prav tako pognal proti severu na rob horizonta za obdonavska drevesa. Tam se je padalo samo ločilo od balona, ne da bi dogodek zmogla opaziti večina gledalcev.

Nato se je dvignil stroj v obliki majhne ladje iz tafta, premazanega s firnežem, pod štirimi precejšnjimi baloni, s katerimi naj bi Kraškovič udeležil domislivo Lana Terzija in rešil Lanov problem letenja. Ob tej priložnosti je bila kar preveč zlahka napovedana domnevna zračna ladja prepuščena usodi, saj je kmalu izgubila ravnovesje in strmoglavo zajadrjala; streha z jamborom, izdelana po Lanovi upodobitvi, se je obrnila proti tlom, nošena z neenakomerno vleko balonov v vetru, podobno kot njeni baloni predhodniki.

Na koncu se je dvignil poglavitni, za to priložnost prihranjeni veliki balon s prostornino 4200 kubičnih čevljev (150 m³); vprežen je bil v številne skrbno izdelane balone, ki so s padali spuščali posamezne v

⁷² Kiss, 2011, 1053–1054; Kraškovič, Menner, 1811, 475; *Zastava* (Novi Sad) 2. 11. 1911; Eleršek, 2010, 38

⁷³ Kraškovič, Menner, 1810, 287; Eleršek, 2010, 39

višino dvignjene živali. Eden teh balonov je, žal, imel na zgornji strani luknjo, skozi katero je spustil četrtno vsebovanega vodika. V pomanjkanju nove polnilne snovi za nadomestitev izgubljenega plina je ta mlahavi balon lebdel, podoben ohlapnemu jadrju. Plul je v višini, medtem ko je njegova dvižna sila (vzgon) uravnovešala težo njegovega lastnega tovora.

Ob opisu teh Kraškovičevih poskusov si je opazovalec Prechtl privoščil nekaj dobronamernih nasvetov. Poudaril je pomanjkanje napetosti v balonu, ki je povezana z zunanjimi vremenskimi okoliščinami. Povečana skrb je nujna pri velikih aerostatičnih objektih nujna, saj se na tem novem področju Kraškovičevega raziskovanja z baloni urno spreminjajo dotedanja fizikalna znanja in prepričanja. Kraškovič in Menner sta predhodni poskus s padalom opravila v popolnem brezvetrju; za primer brezvetrja sta računala na veliko višino, s katere bi se padalo lahko spustilo po ločitvi od balona. V takšnem brezvetrju bi bil poskus nedvomno povsem dobro prikazan gledalcem. Zaradi močnega vetra, ki je balonski paket nad Pratrom precej hitro oddaljil iz vidnega polja proti severu, bi moral Kraškovič padalo skrajšati vsaj za polovico, da bi balon lahko dosegel zeleno višino, preden bi se padalo samo od sebe ločilo od balona, se odtrgalo in spustilo; vseeno veter ni tako urno gonil balone s padali, da bi poskusi za gledalce izgubili čar. Tudi balon, napolnjen s pokalnim plinom, je moral pasti zaradi vetra.

Poskus, ki bi udejanjil Lanovo domislico, bi bilo mogoče srečno izpeljati, kakor hitro bi si Kraškovič vzela k srcu, da je treba težišče celotnega letala do skrajnosti porazdeliti proti gredlju ladje. Da bi si srečen izid poskusa še bolj zagotovil, bi moral uporabiti nekoliko večje štiri dvižne balone; gredelj ladje mora biti daljši in obložen s tako trdim lesom, da ga vzgonska (vlečna) sila balona lahko vedno znova vzdigne brez poškodb. Zunanji jambor mora biti lahak, izdelan zgolj iz naškrobljenega papirja. Pri vsaki drugačni konstrukciji bi se ladja tako dolgo zibala in sukala, dokler ne bi navzdol padlo težišče celotne zračne ladje, skupaj s podlago in preveliko težo strehe z jamborom. Razen tega utegne biti zelo težko, če že ne nemogoče, vse štiri balone tako enako velike napraviti in napolniti, da bi imeli enako velik vzgon; tudi ob povsem enako močnem izhlapevanju oziroma puščanju v balonih shranjenega plina se vzgon posameznih balonov vedno bolj neenakomerno izgublja v zraku, tako da ladjo vleče iz zelene vodoravne lege.⁷⁴

Lanove štiri bakrene vakuumske krogle, ki jih je Lana sam predlagal za dvigovanje zračne ladje, bi imele v nasprotju s polnjenimi baloni vselej popolnoma enako vzgonsko silo, če bi se jih le dalo izdelati; še do dandanes, dve stoletji pozneje, nerešeni problem

ostaja izčrpavanje do popolnega vakuuma v ogrodju balona, ki bi preneslo ogromno silo zunanjega tlaka.

Končno je Prechtl razmišljujoče navrgel svoje mnenje še glede ponesrečenega poskusa z velikim balonom: ko poljubni nepredvidljivi slučaj povzroči nesrečo, njena omilitev ni zgolj v naši moči. Takšne slučajnosti lahko preprečimo pri velikih aerostatskih objektih s potrebno nadvse veliko previdnostjo in skrbjo. Vstavljanje polnila v balon je zelo važno za delovanje sestavljenega lahkega letala, podložnega poškodbam; razumljivo je, da ne kaže oškodovati potreb in pričakovanih zbranih gledalcev. Nadalje ni mogoče javno dvigovati velikega balona brez preračunane polnitve presežne snovi z zalogo v obsegu najmanj polovice celotnega polnila; tako moramo s polnilno napravo podvojiti polnilo. Prechtl se je z obsežnejšim polnjenjem hotel zavarovati pred izgubami zaradi puščanja balona, ni pa se posebej obregnil ob zmanjševanje tlaka v višjih plasteh ozračja.

Poleg cefranja balona je še drugo naključje, ki lahko moti samo pripadajočo polnitev in se lahko zgodi tudi pri velikem presežku polnilne snovi. Med polnjenjem z opilki in z žveplovo kislino se lahko pripetijo težave s cinkovim mazilom, postavljenim v zadnji del polnitve. Pri vsej previdnosti se bo raziskovalcu ta poskus neugodno končal, tako da bo njegov balon prizadet; vkrcanje bi mu zlahka lahko postalo znosno. Če bo vse dobro na prizorišču, potem stroški ne bodo zlahka presegli preostale zaloge polnilne snovi ali morebitnega padca nakupljenih potrebščin. Ko vse premislimo, uvidimo, da je potek tega poskusa ob skrbnosti njegovega veličanstva cesarja, s katerim so Kraškoviču postala dostopna predpisana spričevala, docela upravičen Kraškovičev osebni polet v obljudelem balonu. Razen tega ni ob tej priložnosti mogoče zatajiti, da je bilo vedenje dunajske publike ob takšnih spodletelih prizorih častno in vzorno.

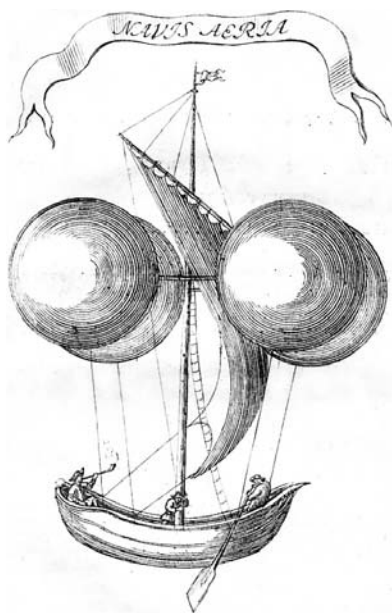
Medtem ko druga glavna mesta podobno dogajanje običajno spremljajo z viharnimi prizori, se zdijo Dunajčani komajda nezadovoljni, da za svoj denar niso videli, kar jim je bilo obljubljeno. Redoljubno vzamejo na znanje, se mirno oddaljijo s prizorišča, ko pa jim uide visok glas, je le-ta izraz sočustvovanja s podjetnikom,⁷⁵ Kraškovičem. Preschtl se je tako za konec vljudno dobrikal Dunajčanom; obenem je pre-roško svetoval in napovedal Kraškovičev in Mannerjev polet v balonu, ki je sledil nekaj mesecev pozneje. Seveda letalci njega dni niso bili več tolikšna posebnost četrto stoletja po Montgolfierju, a le redki med njimi so bili rojeni v Habsburški monarhiji.

Kraškovič je svoj šesti polet opravil nad Dunajem v vodikovem balonu 20. 11. 1814 po poročilu *Laibacher Wochenblatt* z dne 14. 12. 1814;⁷⁶ zapis s Kraško-

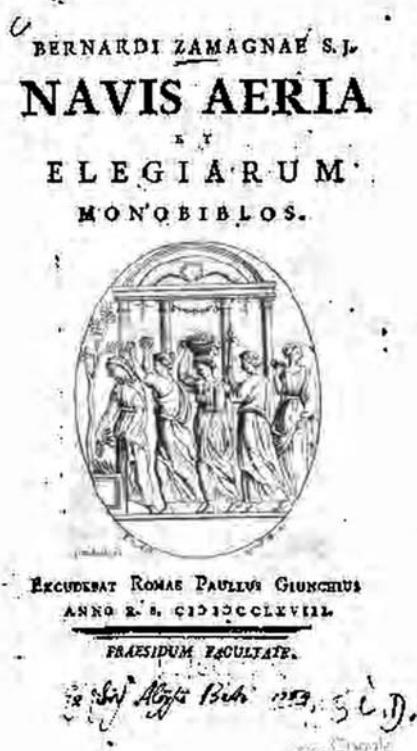
⁷⁴ Kraškovič, Menner, 1810, 288; Eleršek, 2010, 39

⁷⁵ Kraškovič, Menner, 1810, 289; Eleršek, 2010, 39

⁷⁶ *Der Sammler ein Unterhaltungsblatt (Wien: Anton Doll)*, 2/69: 286 (9. 6. 1810), 2/98: 402 (16. 8. 1810); Sitar, 2010, 161; Žmavc, 2010, 60



Slika 5: Zamagnova (Zrmanjić) skica Lanove ladje ob latinški pesnitvi iz leta 1768, tiskani v času Kraškovičevega rojstva



Slika 6: Dubrovčan Brne Zamanja (Zamagna, Džamanjić, * 1735 Dubrovnik; SJ 1753; † 1820 Dubrovnik) si je omislil takšne naslovnice za natis svoje latinške pesnitve o poletu z Lanovo zračno ladjo (1768), ki jo je objavil tik pred Kraškovičevim rojstvom. Kljub razliki v letih sta se s Kraškovičem gotovo srečala med skupnimi zadnjimi leti v Dubrovniku.



Slika 7: Avstrijska znamka s poletom Johanna Georga Stuberja (Stubenrauch, * 1732; † 1804) nad dunajskim Pratom 6. julija 1784, še preden je Kraškovič prišel študirat v cesarsko mesto; seveda si je polet ogledal Jurij Vega, ki se je 17. 4. 1780 dal potrditi pri drugem polku za topničarja cesarske armade.

vičevim pričevanjem omenja prizor iz njegove mladosti ob Jadranskem morju, morda med službovanjem v Zadru. V posebni opombi poudari, da je Kraškovič rojen Kranjec; preletel je 10 km proti severozahodu na višini 1 km. Višje si ni upal zaradi svarilnega zgleda angleškega balonarja Jamesa Sadlerja (* 1753; † 1828), ki mu je med poletom v višave zmrznil ventil. Pozneje, v začetku oktobra 1815, je Kraškovič letel v počastitev mirovnega kongresa na Dunaju.⁷⁷

Letalec Kraškovič je kmalu dobil posnemovalce med Slovenci. Med najdražjimi fizikalnimi napravami na gimnaziji v Kopru so leta 1867 nabavili gumijasti balon s pipo iz medi, bržkone namenjen za raziskovanje plinov⁷⁸ za 58 fl oziroma 4,5 nemških mark. Leta 1904/05 je Maks Samec mlajši (* 27. 6. 1881; † 1. 6. 1964) začel leteti z baloni tudi v raziskovalne namene. Dne 24. 5. 1908 se je ob 11.55 dvignil z balonom dvojcem, ki ga je upravljal Ludwigov sin dr. Arthur Boltzmann (* 1881; † 1952). Sopotnik Samec je preverjal, kako svetilnost narašča z višino.⁷⁹ Ljubljanski baron Codelli je med raziskovanjem poletov z baloni ugotavljal prednosti njihove veličine in leta 1910 na petih tipkanih straneh zasnoval ogromni jekleni potniški balon *Dreadnought* po zamisli nadporočnika Wallacha dolg 1 km s premerom 100 m za prevoz 20 000 potnikov pri 160 km/h.⁸⁰

⁷⁷ Freksa, 1919

⁷⁸ Št. 255 leta 1867

⁷⁹ Sitar, 1985, 49–50

⁸⁰ Sitar, 1985, 65

6 NOTRANJEC KRAŠKOVIČ MED DUBROVČANI

Leta 1817 je Kraškovič objavil prevod pamfleta Benjamina Waterhouseja (* 1754; † 1846) proti kajenju in pitju žganja, kjer se je podpisal kot M. G. Kraskowitz.⁸¹ Tako kot Kraškovič, je tudi harvardski ameriški profesor Waterhouse leta 1800 objavil razpravo o vakcinaciji. Bolonjski študent Luigija Galvanija, začetnika cepljenja v Bologni leta 1806, Gaetano Gaspare Uttinija (1741–1817) in anatom Carla Mondinija (* 1729 Bologna; † 1803), dr. Luca Stulli (* 1772; † 1828), je prvi izpeljal Jennerjevo vakcinacijo v Dubrovniku s cepivom Luigija Aloysa Carena (* 1766 Pavia; † 1810 Dunaj) leta 1800, potem ko je bil aprila 1799 s potrditvijo naslednje leto nastavljen za enega petih mestnih fizikov, odgovornega za mestno bolnišnico. Po bolonjski promociji leta 1796 je Stulli obiskal Felice Fontano v Firencah, začetniku nevrologije Domenicu Cotugno (* 1734 Ruvo di Puglia; † 1822 Neapelj) pa je v Neaplju prvi zunaj ožjega Galvanijevega kroga prikazal poskuse z galvansko elektriko.⁸²

Felice Fontana (Felix, * 1730 Pomarolo na Tirolskem; † 1805 Firenze), fizik pri toskanskemu nadvojvodi Leopoldu I. v Firencah, je leta 1772 odkril adsorpcijo plinov na vročem lesnem oglju, getranje. Bil je duhovnik in brat piarista, profesor logike in fizike v Pisi in nato v Firencah. Črpalko je sestavil tako, da je žerjavico ugasnil brez stika z zunanjim zrakom. S tem je adsorpcijsko delovanje oglja prihranil za zrak v recipientu. O pomenu točne meritve gostote različnih plinov je v *Laibacher Wochenblatt* poročal Fontane po disertaciji Mustela o kroženju tekočin v rastlinah (*krauten*).⁸³

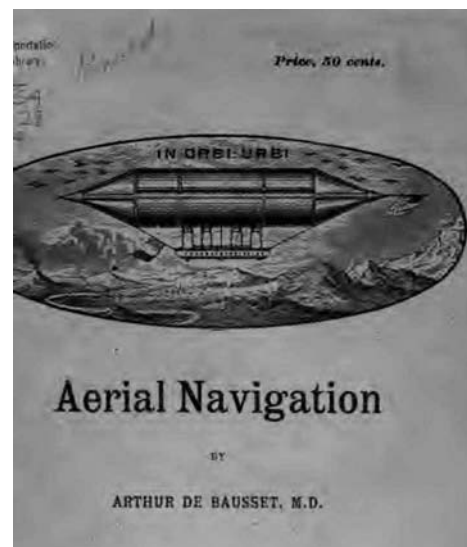
Leta 1808 je Stulli postal nadzornik za cepljenja v Dubrovniku. Dne 23. 7. 1822 je dubrovniški okrajni fizik (*kreisarzt, kreisphysicus, protomedicus*) Kraskovich poročal dubrovniškemu okrajnemu uradu in glavarju o domnevno kemijskih vulkanskih vzrokih detonacijskih pojavov, podobnim potresom, na otoku Mljetu (Meleda). Problem je v naslednjih mesecih zanimal dr. Manisa v pismu dubrovniškemu zdravniku Stulliju, objavljenemu konec leta 1823, inženirja A. L. de Romanòja v poročilu za provizoričnega direktorja tovarne v Dubrovniku, astronoma Johanna pl. Littrova, mladega fizika Andreasa Baumgartnerja (* 1793; † 1865), Dominique François Jean Aragoja (* 1786; † 1853) po Stullijevem pismu in priloženi knjigi, geologa Scipiona Breislaka, inšpektorja za soliter in smodnik v Milanu, in fizika elektromagnetizma bar-



Slika 8: Kraškovič in Menner v balonih na Pratrom v počastitev dunajskega mirovnega kongresa leta 1815 po tedanji risbi

nabita Pietra Configliachija (* 1777 Milano; † 1844 Cernobbio), učenca in naslednika A. Volte v Pavii ter raziskovalca človeške ribice.

Po knjigi Paula Partsha (* 1791; † 1856) z dunajskega mineraloškega kabineta iz leta 1826 naj bi Kraskovich medtem že umrl;⁸⁴ zamenjal ga je Joseph Derchich kot dubrovniški okrajni fizik. Zaradi stopnjevanega bobnenja so v avgustu in septembru 1823 vsi otočani z Mljeta odšli na dalmatinsko obalo, profesor dunajskega Politehniškega instituta Franz Riepl in Partsch pa sta po nalogu vlade prišla raziskovat za cel mesec leta 1824; bobnenje začeto 22. 3. 1822, nato je trajalo od marca 1824 do septembra 1825 s krajšjo ponovitvijo dne 18. 2. 1826.⁸⁵



Slika 9: Naslovna stran Arthur de Baussetove knjige *Aerial Navigation* iz leta 1887 (Bausset, 1887)

⁸¹ Waterhose, Kraškovič, 1817; *Medicinisches Schriftsteller-Lexicon* (ur. Adolph Carl Peter Callisen). Copenhagen: Königl. Taubstummen-Institute, 1834, 20: 421

⁸² Bazala, 1978, 269

⁸³ *Laibacher Wochenblatt*, 1776, 2/15: 231–234

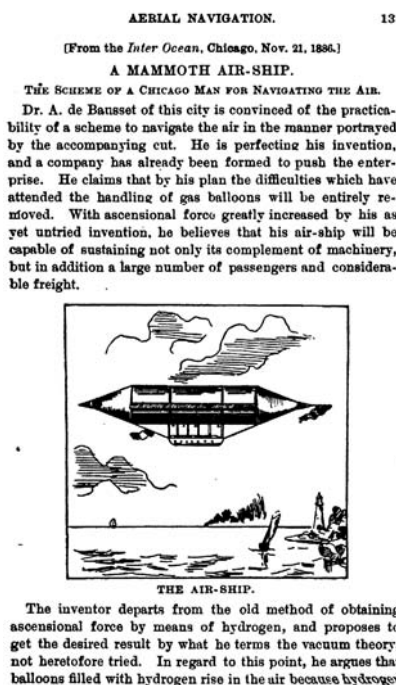
⁸⁴ Partsch, 1826, 101, 108, 118

⁸⁵ Cournot, 1827, 247–249

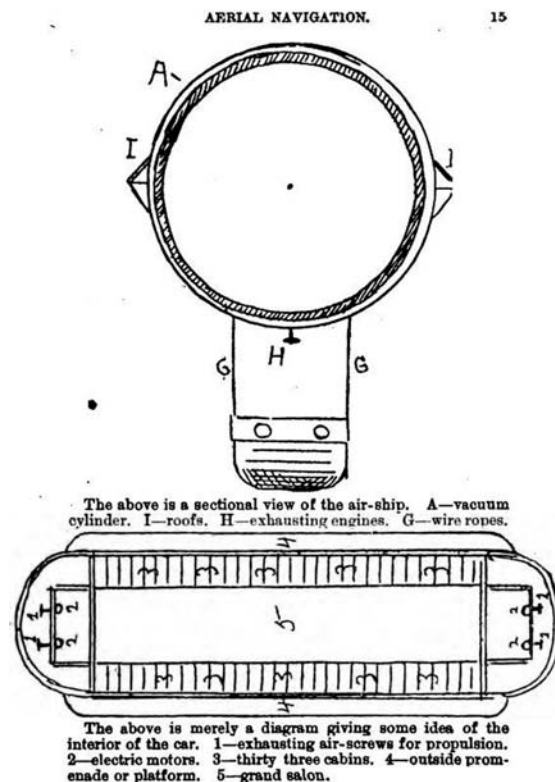
7 SKLEP

Gregor Kraškovič je bil prvi res uspešni slovenski letalec; usoda je hotela, da so si ga do nedavna lastili naši mnogoteri sosedje, med Slovenci pa je njegov spomin domala zbledel. To velja nemudoma popraviti prav zaradi nesreče balonarjev 23. 8. 2012.

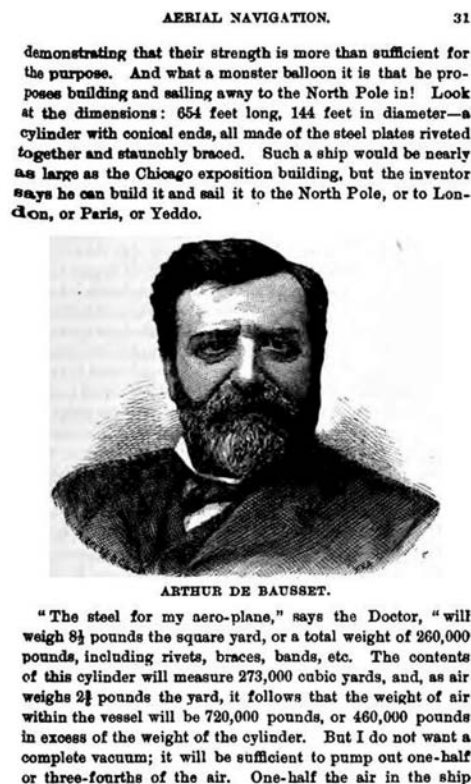
Po Kraškovičevi smrti je 2. 6. 1844 pred Parižani Francoz Edmond Marey Monge preizkusil Lanovo ladjo pod enim samim vakuumskim balonom z rahlo pomočjo tajnika Akademije Araga; zapravlil je nad 25.000 frankov.⁸⁶ Po Lanovih navodilih je uporabil 0,1 mm debelo pločevino iz medenine. Krogle je ne-produšno zaprl z dvema tankima plastema lakiranega papirja in izčrpal zrak. Naprava se ni dvignila, saj je zunanji zračni tlak stisnil krogle med črpanjem. O Lanovi ladji, opremljeni z novimi, tedaj znanimi vrstami kovin vključno z aluminijem, je leta 1854/55 resno razpravljala cagliarijski profesor piarist Vittorio Angius (* 1797 Calgiari; † 1862 Torino).⁸⁷ Žal Lanova ladja še vedno čaka na uspešen polet kljub mnogoterim poskusom Arthurja de Bausseta (* 1828 New Orleans?; † po 1900 New York?) v Chicagu med letoma 1886 in 1900, ki jih je ameriški kongres podpiral, dokler domislice nista matematično omajala zagovornika bratov Wright, železniški inženir mostov Octave Chanute (* 1832; † 1910) in profesor fizike Albert Francis Zahm († 1954).⁸⁸



Slika 10: Vakuumsko plovilo po knjigi Arthurja de Bausseta iz leta 1887 (Bausset, 1887, 13)



Slika 11: Vakuumsko plovilo Arthurja de Bausseta iz leta 1887 (Bausset, 1887, 14)



Slika 12: Portret Arthurja de Bausseta (Bausset, 1887, 31)

⁸⁶ Marey Monge, 1847

⁸⁷ Angius, 1855, 36–38, 119

⁸⁸ Chanute, 1894; Zahm, 1911

8 VIRI IN LITERATURA

8.1 Viri

Arhiv Republike Slovenije
AS 14, Gubernij v Ljubljani, Registratura III, fascikel 46 1801–1806, škatla 364
AS 1052, Zoisov katalog iz leta 1812, Posebno udejstvovanje Narodna in univerzitetna knjižnica
Čop-Kalistrov katalog licejskih knjig

8.2 Literatura

- Angius, Vittorio. 1855. *L'automa aereo o sviluppo della soluzione del problema sulla direzione degli aerostati*. Torino: Cassone
- Arago, François. 1825. VI. Détonations extraordinaires dans l'île de Méléda. *Oeuvres Complètes XI*, p. 657–660; *Annales de Chimie et de Physique*, serija 2, 30: 432–5; Détonations extraordinaires dans l'île Méléda. *Bulletin (Universal) des Sciences, Mathématiques, Astronomique, Physiques et Chimiques*, 1 (1824): 298–299. 31.
- de Bausset, Arthur. 1887. *Aerial Navigation*
- Bazala, Vladimir. 1971. *Pregled hrvatske znanstvene baštine*. Zagreb: Nakladni zavod Matice hrvatske
- Breislak, Scipion. 1823. Sulla detonazioni dell'isola di Meleda. 24. 4. 1823. *Elenci delle memorie scientifiche e letterarie. Recitate nelle aduananze dell'imperiale regio institut odi science, lettere e arti Lombardo-Veneto*. Milano
- Bossi, Luigi. 7. 8 1823. *Elenci delle memorie scientifiche e letterarie. Recitate nelle aduananze dell'imperiale regio institut odi science, lettere e arti Lombardo-Veneto*
- Chanute, Octave. 1894. *Progress in Flying Machine*
- Ciperle, Jože. 2001. *Podoba velikega učilišča ljubljanskega. Licej v Ljubljani 1800–1848*. Ljubljana
- Configliachi, Pietro. 7. 8. 1823. *Elenci delle memorie scientifiche e letterarie. Recitate nelle aduananze dell'imperiale regio institut odi science, lettere e arti Lombardo-Veneto*. Milano
- Cournot, Antoine Augustin. 1827. *Ecrits de jeunesse et pièces diverses*. Zvezek 1, tom 8
- Burić, Anton. 1979. *Povijesna antroponimija Gorskog kotara u Hrvatskoj. Goranska prezimena kroz povijest*. Rijeka: Društvo za zaštitu prirodnokulturne in povijesne baštine Gorskog Kotara. Dopolnjena izdaja: 1983. Reka: Društvo za zaštitu prirodne kulturne in povijesne baštine Gorskog Kotara
- Črnivec, Živka (ur.). 1999. *Ljubljanski klasiki 1563–1965*. Ljubljana: Maturanti klasične gimnazije
- Eleršek, Leonard. 2010. *Homo volans. Rani hrvatski avijatičari: 1554–1927 (s fotografijami Josipa Novaka)*. Zagreb: Republika Hrvatska, Ministarstvo obrane: Oružane snage RH : Hrvatsko ratno zrakoplovstvo i protuzračna obrana
- Freksa, Frederick. 1919. *A Peace Congress of Intrigue (Vienna 1815)*. London: The Century Co. 81
- Hof- und Staats- Schematismus der röm. Kaiserl. auch kaiserl.-königl. und erzherzoglichen Haupt- und Residenz-Stadt Wien*. Wien: Joseph Gerold, 1797
- Kiss, László. 26. 6. 2011. Orvosok a levegőben 1811-ben – Menner és Kraskovics doktorok légi útja Pesten és Pozsonyban. *Orvosi hetilap. Physicians in the sky in 1811 – the flight of Menner and Kraskovics MDs in Pest and Pressburg: Altitude Sickness, History, Aviation, Physicians, Air (Akadémiai Kiadó)*. 152(26): 5, 13, 1052–1055
- Kraškovič, Matija Gregor (Matthew Gregorius Kraskovitz). 1. 2. 1805. Krackovic (Poročilo o cepljenjih v Varaždinu). *The Medical and Physical Journal*. London: Richard Philipps (ur. T. Badley & co), 13: 479
- Kraškovič, Gregor; Menner, J. G.; Pr. (=Johann Joseph Prechtl). 1810. IV. Bemerkungen über die am 13. August im Prater ausgeführten aerostatischen Experimente (Poročilo o ponosrečenem neobljudenem poletu z dunajskega Praterja). *Vaterländische Blätter für den österreichischen Kaiserstaat* (ur. Christian Aspalter and Anton Tantner). Wien. 24. 8. 1810, str. 287–289
- Kraškovič, Matija Gregor. 1810. *Darstellung der vorzüglichen Versuche die Luft zu Durchschiffen, und Blicke, auf ihren Zweck, Werth, und Vortheile. Von M. G. Kraskovitz Doctor der Heilkunde, ehemahligen Phisicker zu Varasdin, und gegenwärtig ausübendem Arzte zu Wien*. Wien: Schrämblisch
- Kraškovič, Gregor; Menner, J. G. 1811. Lufthart des dr. Kraskowitz in Pressburg (Poročilo o bratslavskem potniškem poletu). *Vaterländische Blätter*. Wien. 2. 10. 1811, str. 475–476
- Kraškovič, Gregor. Relation Uiber die von Physikern Kraskovitz und Männer zu Wien am 20. November 1814 Nachmittags 4 Uhr veranstaltete 6te Luftfahrt (Poročilo o šestem poletu zdravnika Kraškoviča, ki ga je pripravil z možmi z Dunaja 20. novembra 1814 ob 4. uri popoldne). *Laibacher Wochenblatt zum Nutzen und Vergnügen, priloga Laibacher Zeitung* (Ljubljana: Ignaz Alois Edler v. Kleinmayr). 14. 12. 1814; ponatis: *Laibacher Tagblatt* kot priloga *Laibacher Zeitung* 30. 8. 1879
- Kundegraber, Marija. 1991. Die Deutsche Sprachinsel Gottschee im 19. Jahrhundert. . 1: 82–120
- Lohmer, Philipp. 1676. *Exercitatio physica de artificio navigandi per aerem ... / quam ... praeside Philippo Lohmeiero ... publico eruditorum examini subijciet ad diem 4. martii anno 1676. Franciscus David Frescheur...* Wittenberg: Rinthelli; ponatis 1679
- Lohmer, Philipp. 1679. *Exercitatio physica de artificio navigandi per aerem (ur. Franciscus David Frescheur)*. Wittenberg: Borckard.
- Lohmer, Philipp. 1680. *Theses selectiores de aere... G. Chr. Marggraff. Luneburgi (Lüneburg)*
- Marey Monge, Edmond. 1847. *Études sur l'aérostation*. Paris: Bachelier
- Natek, Milan. 1988. Zemljiško-POSESTNA, socialna in zgradbena podoba Vranskega v 19. stoletju. *Savinjski zbornik VI* (ur. Kobale, Rezika). Maribor: Večer. 328–339
- Partsch, Paul Maria. 1826. *Bericht über das Detonations-Phänomen auf der Insel Meleda bey Ragusa*. Wien: Heubner
- Pokorn, Frančišek. 1908. *Šematizem duhovnikov in duhovnij v ljubljanski nadškofiji 1.1788*. Ljubljana: Knezo-škofijski ordinariat ljubljanski
- Popelka, Fritz. 1941. *Die Bürgerschaft der Stadt Graz von 1720 bis 1819, ihre blutmässige und berufliche Gliederung nach den Bürgerbüchern...* Baden bei Wien: Veröffentlichungen des Wiener Hofkammerarchivs/izdajatelj Josef Kallbrunner
- Sitar, Sandi. 2010. Prvi slovenski balonar. *Prešernov koledar za leto 2010*. Ljubljana: Prešernova družba, 156–163
- Schematismus für das Herzogthum Krain : ... : mit verschiedenen nützlichen Nachrichten geographischen, und statistischen Inhalts*. 1795. Laibach : Gedruckt bei Ignaz Merk
- Instanzen Schematismus für das Herzogthum Krain : ...* Laibach : Gedruckt bei Ignaz Merk, 1796–1803
- Instanzen Schematismus vom Herzogthume Krain, dann der gefürsteten Grafschaften Goerz und Gradiska : für das Jahr ...* Laibach : Gedruckt den Leopold Eger, 1804–1806
- Schematismus für Krain und Görz auf das Jahr ... 1808–1809*. Ljubljana: Leopold Eger
- Stulli, Luca. 1823. *Sulle Detonazioni della Isola di Meleda. Lettere*. Ragusa: Martechini. 54 strani (NUK-18860)
- Stulli, Luca. 1824. Ragusa: Martechini in 80
- Stulli, Luca. 1826. (Firenze Al Gabinetto scientifico e letterario di G. P. Vieusseux direttore e editore)
- Stulli, Luca. 1827. *Intorno alle cose di Meleda. Antologia di Firenze vol 25*
- Stulli, Luca. 1828. *Sulle Detonazioni dell'Isole di Meleda*. Bologna: Ric. Masi
- Lettres du Dr. L. Stulli, *Sur les détonations de l'île de Meleda*. Raguse, 1813. In-8, 111–118, Stulli. 4. 6. 1825 poslano Bibliothèque Universelle
- Tavzes, Janko. 1929. *Slovenski preporod pod Francozi*. Doktorska disertacija na Filozofski fakulteti v Ljubljani
- Waterhouse, Benjamin; Kraškovič, Matija Gregor (M.G. Kraskowitz, prevajalec). 1817. *Vorsichtsmaasregeln gegen den Missbrauch des Tabackrauchens und den Gebrauch gebrannter Geister und Weine überhaupt*. Wien: Schrämbl
- Wiener Universitäts schematismus für das Jahr 1798*. Wien: Thad. Edl. von Schmidbauer & Anton Pillebois
- Zahm, Albert Francis, 1911. *Aerial Navigation*
- Žmavc, Ksenija. 2010. *Najstarejši zapisi in besedila o slovenski tehniški dediščini do začetka 19. stoletja. Zgodovina strojništva in tehnike na Slovenskem* (ur. Mitjan Kalin). Ljubljana: Fakulteta za strojništvo. 46–60

NASVETI

ORIENTACIJA VZORCEV IN IDENTIFIKACIJA MOTIVOV PRI MIKROSKOPIJI

Miha Čekada

Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

1 UVOD

Pri različnih mikroskopijah se večkrat ustavimo pri enem od naslednjih dveh problemov. Prvič, ko najdemo neki zanimiv motiv na vzorcu z uporabo enega mikroskopa, npr. optičnega, bi radi isti motiv preiskali še z drugim mikroskopom, npr. vrstičnim elektronskim. Drugi problem je soroden prvemu, kadar želimo isti motiv ponovno opazovati kasneje, po obdelavi vzorca.

Pri opazovanju makroskopskih motivov, npr. izrazitih sledov obrabe, z iskanjem po navadi ni večjih težav. Želeni motiv najprej grobo lociramo s prostim očesom in ga nato s postopnim večanjem povečave poiščemo v izbrani velikosti. Pri tem je seveda potrebno, da se znamo na vseh skalah orientirati, torej da je v celotnem obsegu povečav neki značilen prepoznaven objekt.

Vendar pa je takšno enostavno iskanje prej izjema kot pravilo. Največkrat je površina preiskovanih vzorcev enolična, izraziti motivi so redki ter na grobi skali zelo podobni. Tedaj si lahko za silo pomagamo z oznakami, ki jih naredimo bodisi s pisalom ali rezilom. Pisalo je neuporabno pri elektronskem mikroskopu, z rezilom pa poškodujemo površino vzorca, kar nam lahko pri določenih meritvah (npr. korozijskih) pokvari rezultat. Obema metodama, pisalu in rezilu, pa je skupno to, da so sicer na makroskopski skali dobro vidni sledovi, pri dovolj veliki povečavi pa so le-ti preveč grobi in nedefinirani.

Nekoliko bolje se izkaže označevanje s katero od analitskih tehnik; primeren je denimo merilnik trdote, kjer z ostro konico naredimo točkovni odtis. Tam pa trčimo ob težavo identifikacije motiva, saj se je težko na vseh skalah (od prostega očesa do mikrometrške) enolično orientirati zgolj z nekaj točkovnimi odtisi. Pri določenih vrstah analize (spet omenimo korozijske teste) pa tudi takšni majhni odtisi lahko zmotijo dinamiko procesa.

2 RAČUNSKA ORIENTACIJA

Zgoraj navedenim težavam se lahko izognemo tako, da vzorec orientiramo, tj. da mu pripišemo lokalni koordinatni sistem. V ta namen potrebujemo le dve

enolično določeni referenčni točki, ki morata izpolnjevati naslednje tri pogoje, in to pri vseh uporabljenih povečavah:

- da ju enostavno lahko poiščemo,
- da sta jasno določljivi (točka, ne območje),
- da ju med sabo razlikujemo (da ne pride do zamenjave med njima).

Na ti dve referenčni točki »pripnemo« lokalni koordinatni sistem, pri čemer je prva točka v izhodišču, druga pa nam definira eno od koordinatnih osi. Orientacijo lahko izvajamo na katerem koli mikroskopu, seveda pa mora imeti možnost odčitavanja pozicije v obeh oseh v standardnih enotah dolžine (mikrometrih).

Orientacija je dejansko le izračun matrike med dvema koordinatnima sistemoma: lokalni sistem vzorca (definiran z izbranimi točkama) in trenutni koordinatni sistem, ki ga določa lega vzorca med opazovanjem v mikroskopu.

Enačba za pretvorbo iz enega koordinatnega sistema v drugega je:

$$\mathbf{r}' = \mathbf{M} \mathbf{r} + \mathbf{r}_0 \quad (1)$$

kjer je \mathbf{r} vektor točke v prvem koordinatnem sistemu, \mathbf{r}' v drugem, \mathbf{r}_0 pa zamik referenčne točke. Matrika rotacije je \mathbf{M} , raztega pa ni (saj uporabljamo iste enote – mikrometre), zato je determinanta matrike enaka ena. Po komponentah se enačba zapiše:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

in po posameznih enačbah:

$$\begin{aligned} x' &= \frac{y_2' - y_1'}{d} x + \frac{x_2' - x_1'}{d} y + x_1' \\ y' &= \frac{x_1' - x_2'}{d} x + \frac{y_2' - y_1'}{d} y + y_1' \end{aligned} \quad (3)$$

kjer so (x_1', y_1') in (x_2', y_2') koordinate referenčnih točk v drugem koordinatnem sistemu, $(0, 0)$ in $(0, d)$ pa v prvem. Obenem velja:

$$d = \sqrt{(x_1' - x_2')^2 + (y_1' - y_2')^2} \quad (4)$$

to je razdalja med obema referenčnima točkama. Kot zasuka je φ .

Za pretvorbo v nasprotno smer velja enačba:

$$\mathbf{r}' = \mathbf{M}^{-1} (\mathbf{r} + \mathbf{r}_0) \quad (5)$$

oz. po komponentah:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x' - x_0 \\ y' - y_0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

in po posameznih enačbah:

$$\begin{aligned} x &= \frac{y'_2 - y'_1}{d} (x' - x'_1) + \frac{x'_1 - x'_2}{d} (y' - y'_1) \\ y &= \frac{x'_2 - x'_1}{d} (x' - x'_1) + \frac{y'_2 - y'_1}{d} (y' - y'_1) \end{aligned} \quad (7)$$

3 IZVEDBA ORIENTACIJE

Postopek poteka v naslednjih korakih:

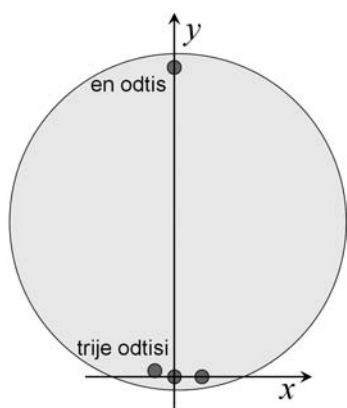
1) Označevanje vzorca

Način označevanja prilagodimo vrsti vzorca in napravam, ki jih imamo na voljo. V našem primeru, kjer največ uporabljamo kovinske vzorce v obliki diska, se je najbolj izkazal način označevanja z vtiskovanjem. Uporabimo Rockwellov merilnik ter izberemo skalo HRA (obremenitev 60 N). Odtis ima premer nekaj desetnik milimetra z izrazitim obročem, torej je dobro viden s prostim očesom, a še vedno dovolj majhen, da zasede zanemarljiv del površine vzorca. Da ne bi motil drugih meritev, ga naredimo čim bolj ob robu vzorca. Ker je odtis okrogel, lahko sredino jasno odčitamo tudi pri večjih povečavah.

Ker dveh odtisov ne moremo kar tako razlikovati, je smiselno, da na eni strani vzorca naredimo en odtis, na drugi pa tri. Zgolj dva odtisa sta problematična, ker pod mikroskopom večkrat težko ločimo, kateri od obeh je pravi. Pri treh odtisih v liniji blizu skupaj izberemo srednjega, in tu dileme ne more biti.

2) Primarna orientacija vzorca

Vzorec postavimo pod prvi mikroskop in najprej odčitamo koordinati obeh točk v trenutnem koordi-



Slika 1: Orientacija koordinatnega sistema na pripravljene odtise

natnem sistemu, tj. (x'_1, y'_1) in (x'_2, y'_2) . Posebej je treba poudariti, da je trenutni koordinatni sistem veljaven, dokler ročno ne premaknemo vzorca – dovoljeni premiki so le z mikrometrskim vijakom! Iz enačbe (4) izračunamo razdaljo med njima in s tem je primarna orientacija končana (**slika 1**).

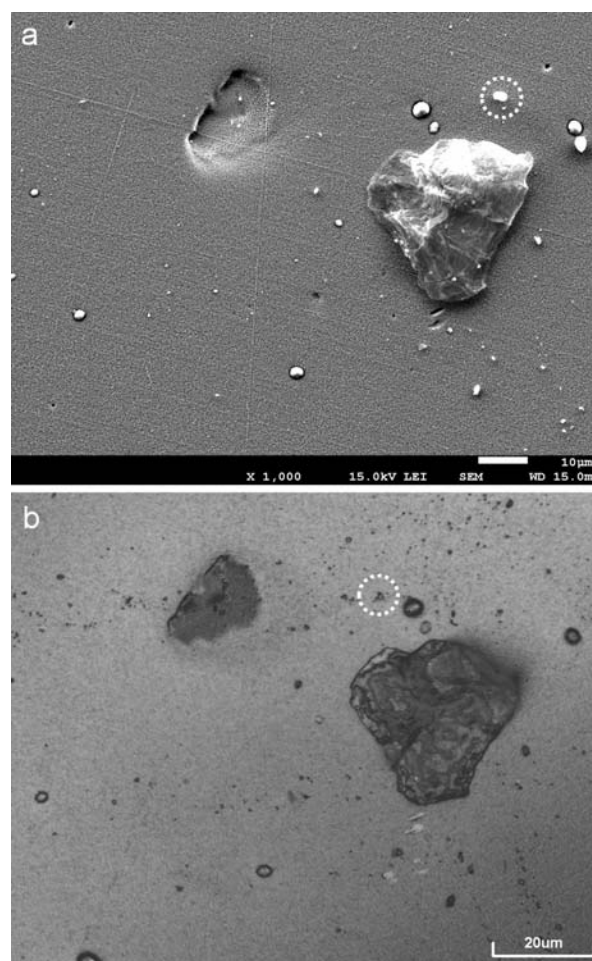
3) Določanje motivov

Vzorec pustimo v mikroskopu in izvajamo ustaljeno analizo z edino razliko, da koordinate vsakega zanimivega motiva zabeležimo, tj. (x, y) . Sproti ju pretvorimo v lokalni koordinatni sistem, ki ga določata obe referenčni točki, kar izvedemo z enačbama (3). Koordinate v lokalnem koordinatnem sistemu (x', y') so enolično določene, torej lahko po končanem delu vzorec odstranimo iz mikroskopa.

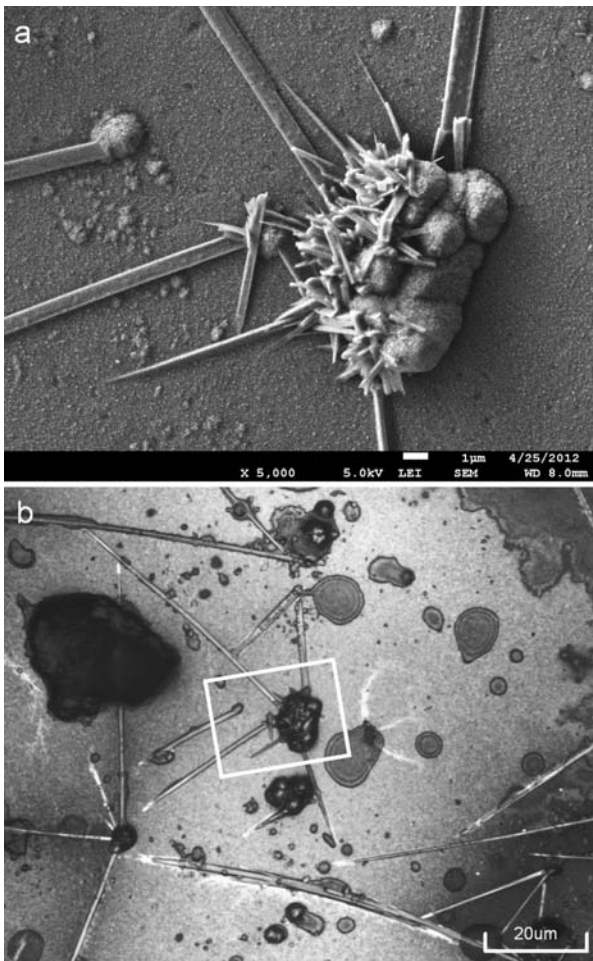
Vzorec sedaj lahko površinsko obdelamo, nato pa ga postavimo nazaj pod mikroskop. Lahko gre za isti mikroskop ali kak drugi.

4) Sekundarna orientacija vzorca

Vzorec postavimo pod mikroskop. Primerjava motivov je lažja, če vzorec približno podobno obrnemo, čeprav to za samo orientacijo ni bistveno.



Slika 2: Značilna defekta na površini prevleke TiAlCrN, posneta z: (a) SEM-om in (b) optičnim mikroskopom



Slika 3: Majhen detalj na površini prevleke TiVN po oksidaciji na 750 °C, posnet z: (a) SEM-om in (b) optičnim mikroskopom

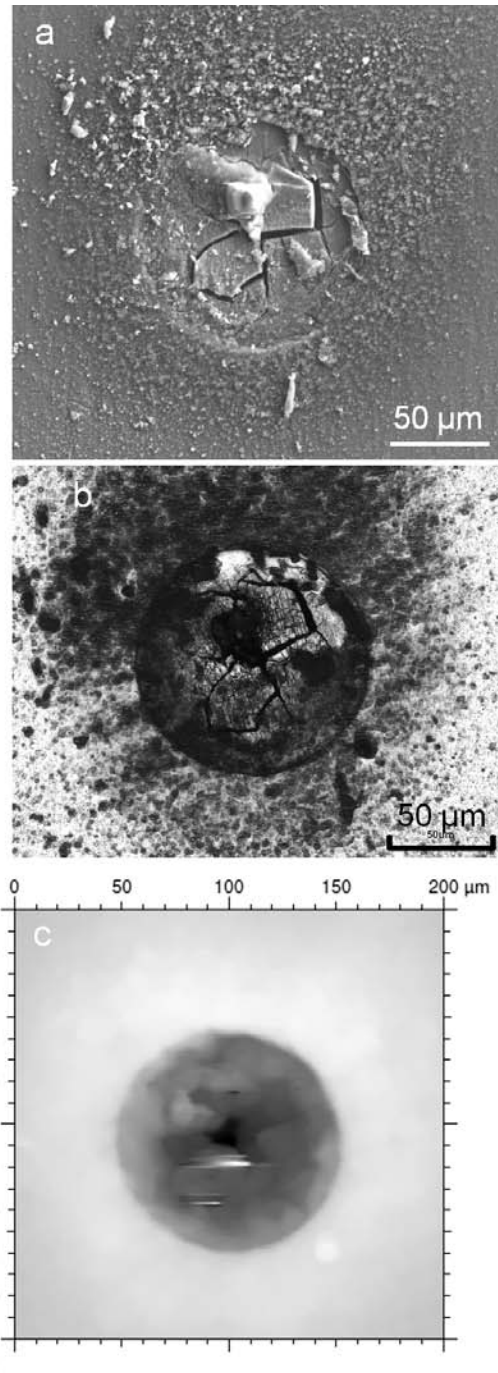
Postopek sekundarne orientacije poteka povsem enako kot postopek primarne orientacije. Smiselno je le preveriti, ali dobimo res enako razdaljo d med referenčnima točkama. Če je razlika znatna, smo v enem od korakov naredili napako, ali pa skala enega od mikroskopov ni mikrometrška.

5) Iskanje motivov

Po končani sekundarni orientaciji za iskanje motivov, določenih v točki 3, uporabimo enačbi (7). Potrebujemo koordinati obeh referenčnih točk v trenutnem koordinatnem sistemu, tj. (x'_1, y'_1) in (x'_2, y'_2) , ki smo ju določili v prejšnji točki. V enačbo vpišemo koordinate v lokalnem koordinatnem sistemu (x', y') in iz nje dobimo koordinate v trenutnem koordinatnem sistemu (x, y) . Če ima mikroskop možnost strojnega pomika na želeno lokacijo, nam bo iskanje motivov vzelo le nekaj sekund.

4 PRIMERI

Na **slikah 2–4** so primeri parov posnetkov istega območja, dobljenih z različnimi metodami slikanja.



Slika 4: Mesto jamičaste korozije na prevleki CrN po testu v slani komori, posnet z: (a) SEM-om, (b) optičnim mikroskopom in (c) kontaktnim profilometrom

Na **sliki 2** je sta prikazana dva značilna defekta na površini trde prevleke. Ker gre za relativno velike objekte na pretežno ravni površini, bi tak motiv s precej potrpljenja lahko poiskali tudi na klasičen način s skrbnim »prečesavanjem«
cele površine vzorca. Neprimerno hitreje pa motiv najdemo z orientacijo. Večino detajlov opazimo na obeh slikah (SEM in optični mikroskop), medtem ko nekaj detajlov opazimo le na enem oz. le na drugem posnetku (obkroženo s prekinjeno črto).

Medtem ko smo pri **sliki 2** še lahko govorili o možnosti ročnega iskanja, pa na primeru **slike 3** to zagotovo ni več mogoče. SEM-posnetek je bil narejen pri povečavi, ki precej presega teoretično mogočo optično povečavo. Dodatna težava je zasuk motiva, kar pri orientaciji sicer nima posebnega pomena, precej pa otežuje vizualno identifikacijo. Zato je iz povsem praktičnega razloga smiselno vzorec vedno enako obrniti.

Na **sliki 4** so prikazane tri tehnike snemanja, poleg SEM-a in optične mikroskopije še kontaktna profilometrija. Ker gre za relativno velik defekt, bi tudi v tem primeru pogojno lahko uporabili klasično iskanje motiva. Vendar bi bilo to še posebej težko pri kontaktni profilometriji, kjer med vizualnim pregledom vzorca s prostim očesom in skenogramom površine nimamo nobenega vmesnega koraka. Z uporabo orientacije je takšno iskanje neprimerno lažje.

DRUŠTVENE NOVICE

PREGLED KONFERENC V LETU 2013

International conference on industrial technology – IEEE ICIT 2013

25.–27. februar 2013, Cape Town, Južna Afrika
 (rok za povzetek: 1. september 2012)
www.icit2013.org

40th International conference on metallurgical coatings & thin films – ICMCTF 2013

29. april–3. maj 2013, San Diego, ZDA
 (rok za povzetek: 1. oktober 2012)
www2.avs.org/conferences/icmctf

Mednarodni znanstveni sestanek Vakuumska znanost in tehnika

Hrvaško-slovensko srečanje vakuumistov
 maj 2013, Slovenija
 rok za povzetek: (še ni določen)
www.dvts.si (domača stran društva)

European materials research society spring meeting – EMRS

27.–31. maj 2013, Strasbourg, Francija
 rok za povzetek: 16. januar 2013
www.emrs-strasbourg.com

9th Coatings science international – COSI 2013

24.–28. junij 2013, Noordwijk, Nizozemska
 rok za povzetek: 15. december 2012
www.coatings-science.com

The European corrosion congress – EUROCORR 2013

1.–5. september 2013, Estoril, Portugalska
 rok za povzetek: 12. januar 2013
eurocorr2013.org

International conference on diamond and carbon materials 2013

2.–5. september 2013, Riva del Garda, Italija
 rok za povzetek: spomladi 2013
www.diamond-conference.elsevier.com/diamond-2013.html

15nd Annual conference YUCOMAT

2.–6. september 2013, Herceg Novi, Črna gora
 rok za povzetek: 1. maj 2013
www.mrs-serbia.org.rs

European congress and exhibition on advanced materials and processes – EUROMAT 2013

8.–13. september 2013, Sevilla, Španija
 rok za povzetek: 31. januar 2013
euromat2013.fems.eu

64th Annual meeting of the international society of electrochemistry

8.–13. september 2013, Santiago de Queretaro, Mehika
 rok za povzetek: 21. marec 2013
annual64.ise-online.org/general/dates.php

19th International vacuum congress, IVC-19

vključuje tudi International conference on nanoscience and technology – ICN+T 2013, 15th International conference on solid surfaces – ICSS-15, Innovations in thin films processing and characterisation – ITFPC 2013, Magnetron, ion processing & arc technologies European conference – MIATEC 2013, 19th International conference on plasma processes – CIP 2013 in Reactive sputter deposition – RSD 2013

9.–13. september 2013, Pariz, Francija

rok za povzetek: 15. januar 2013

www.ivc19.com

European materials research society fall meeting – EMRS

16.–20. september 2013, Varšava, Poljska

(rok za povzetek: spomladi 2013)

www.emrs-strasbourg.com

3rd European symposium on photocatalysis – JEP 2013

25.–27. september 2013, Portorož, Slovenija

rok za povzetek: 14. 6. 2013

www.photocatalysis-federation.eu

49th International conference on microelectronics, devices and materials – MIDEM 2013

jeseni 2013, Slovenija

rok za povzetek: (še ni določen)

www.midem-drustvo.si (domača stran društva)

21. konferenca o materialih in tehnologijah

jeseni 2013, Portorož, Slovenija

rok za povzetek: (še ni določen)

www.imt.si

15th European conference on applications of surface and interface analysis – ECASIA 2013

13.–18. oktober 2013, Cagliari, Italija

rok za povzetek: spomladi 2013

people.unica.it/ecasia13

SPOROČILO ZA JAVNOST**Pfeiffer Vacuum predstavlja razširjen izbor izdelkov na spletu**

Asslar, Nemčija, 12. september 2012. Z današnjim dnem predstavlja Pfeiffer Vacuum razširjen nabor izdelkov na svoji domači strani www.pfeiffer-vacuum.com. Poleg obstoječega obsega lahko odslej na domači strani najdete tudi izdelke iz nabora dosedanjih prevzetih podjetij Adixen in Trinos. S to razširitvijo je družba pokazala svojo kompetentnost, da ponudi vakuumske rešitve na enem mestu.

Na spletni strani je tako celoten nabor izdelkov, ki vključuje turbomolekularne črpalke z magnetnimi in hibridnimi ležaji, suhe in z oljem mazane nizko- ter srednjevakuumske črpalke, detektorje netesnosti, masne spektrometre, vakuumske merilnike, kompo-

nente in vakuumske komore. Z uporabo aplikacije za izbiranje izdelkov lahko potencialni kupec z le nekaj kliki izbere zeleno rešitev med več kot 3600 izdelki.

»Z razširjenim naborom izdelkov lahko svojim strankam na vseh segmentih trga ponudimo pravi izdelek za njihovo aplikacijo – od individualnih komponent do kompleksnih vakuumskih sistemov,« je pojasnil Manfred Bender, generalni direktor Pfeiffer Vacuum. »Naše stranke lahko pri nas naročijo celovite vakuumske rešitve na enem mestu, in te komponente bodo povsem usklajene. Bolj kot so usklajene, manjše so potrebe glede porabe elektrike, vode ali plinov, kar vse podaljša intervale vzdrževanja. Tako lahko stranke znatno zmanjšajo operativne stroške.«

Več informacij na: www.pfeiffer-vacuum.com

STOŠTIRINAJSTI SESTANEK IZVRŠNEGA ODBORA MEDNARODNE VAKUUMSKE ZVEZE IUVSTA

V Bratislavi na Slovaškem je bil od 28. do 30. septembra 2012 redni sestanek izvršnega odbora mednarodne vakuumske zveze IUVSTA. Sestanka so se udeležili izvoljeni delegati iz držav članic, funkcionarji zveze in nekateri člani posameznih znanstvenih področij IUVSTE. Naslednji dan po sestanku je bilo na sporedu znanstveno srečanje, na katerem so vodje posameznih znanstvenih področij ali njihovi namestniki poročali o ključnih znanstvenih rezultatih, ki so po izboru nacionalnih delegatov posameznih znanstvenih odborov nastali v preteklem triletnem obdobju.

Prvi dan sestanka je bil namenjen predvsem razpravi o organizaciji največjega znanstvenega srečanja, ki bo potekal pod okriljem mednarodne zveze IUVSTA – Mednarodnemu vakuumskemu kongresu (International Vacuum Congress – IVC). Ta kongres, že 19. po vrsti, bo v Parizu med 9. in 13. septembrom 2013. Domača stran kongresa je odprta na www.ivc19.com, rok za oddajo povzetkov pa je 15. januar 2013. Predsednica organizacijskega odbora in dolgoletna članica mednarodne zveze, dr. Marie-Geneviève Barthes-Labrousse, je predstavila podrobnosti v zvezi z organizacijo kongresa. Ob odprtju bo imel na znanstvenem delu kongresa predavanje Nobelov nagrajenec za kemijo za leto 2011 prof. Dan Shechtman. Delegati smo pohvalili napore organizacijskega odbora in ocenili, da stvari potekajo skladno s pričakovanji. Na kongresu, ki vsebuje tudi več manjših periodičnih znanstvenih srečanj, pričakujemo okoli 2500 udeležencev.

Predsedniki organizacijskih odborov drugih periodičnih srečanj, ki potekajo pod okriljem mednarodne zveze IUVSTA, so poročali o realizaciji znanstvenih konferenc in tematskih delavnic, ki so bile izvedene v preteklem polletnem obdobju, in o pripravah na prihodnje aktivnosti. Med drugim je izvršni komite obravnaval poročilo hrvaškega kolega Nikole Radića o organizaciji Evropske vakuumske konference poleti 2012 v Dubrovniku, ki je potekala skupaj s tradicionalnim slovensko-hrvaškim znanstvenim srečanjem vakuumistov. Izvršni odbor je pohvalil dobro organizacijo in visok znanstveni nivo konference. Naslednja večja mednarodna konferenca pod okriljem zveze, ki jo skupaj organizirata slovensko in hrvaško društvo, bo leta 2014 v Dubrovniku (domača stran na ictf16.com).

Predsedujoči komitejev za statusne zadeve (Ron Reid), publiciranje (Ivan Petrov), dolgoročno načrtovanje (Mariano Anderle), finančne zadeve (François Reniers), nove članice (Joe Green), izobraževanje (Miran Mozetič), načrtovanje kongresov (Lars Montelius) in nagrade ter štipendiranje (Xu Chen) so predstavili predvidene aktivnosti na svojih področjih do konca mandata tega izvršnega odbora, ki poteče jeseni 2013. Izvršni odbor je ocenil, da se naložene naloge izvršujejo skladno z načrtom, in pohvalil delo posameznih komitejev.

Naslednjo sejo izvršnega odbora zveze IUVSTA bodo organizirali poljski kolegi v Krakovu od 5. do 7. aprila 2013.

Prof. dr. Miran Mozetič



Udeleženci 114. seje izvršnega odbora mednarodne vakuumske zveze IUVSTA na osrednjem bratislavskem trgu



Predsednik slovaškega društva Robert Redhammer (levo), predsednik slovenskega društva Miran Mozetič (v sredini) in direktor direktorata za znanost in tehnologijo David Ruzic (desno)



Predsednik zveze IUVSTA Jean-Jacques Pireaux (levo), predsednica organizacijskega komiteja konference IVC v Parizu Marie-Geneviève Barthes-Labrousse (v sredini) in organizator naslednjega sestanka izvršnega odbora Daniel Vernier (desno)



Od leve proti desni: predsednik odbora za znanost o površinah Peter Varga, predsednica organizacijskega komiteja konference IVC v Parizu Marie-Geneviève Barthes-Labrousse, blagajnik zveze François Renieres, znanstveni tajnik Christoph Eisenmenger-Sittner in slovenska delegatka Monika Jenko



Predstavnik Hrvaškega vakuumskega društva Nikola Radić (levo) in predsednik odbora za uporabno znanost o površinah László Kövér (desno)



Predsednik zveze IUVSTA Jean-Jacques Pireaux (levo) in zapisnikar David Sykes (desno)



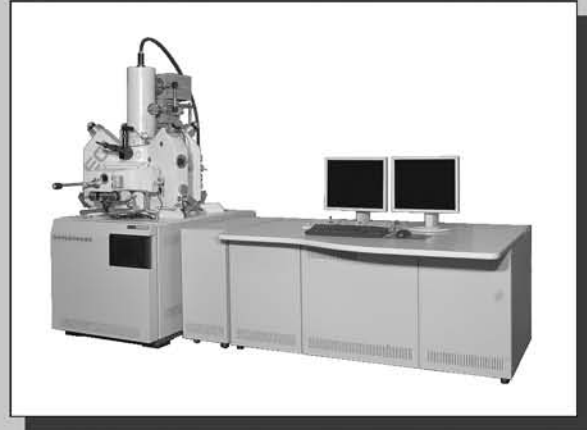
Od leve proti desni: Predsednik zveze IUVSTA Jean-Jacques Pireaux, glavni tajnik Ron Reid, naslednji predsednik Mariano Anderle in znanstveni tajnik Christoph Eisenmenger-Sittner

JEOL's High-Performance Products From Surface Analysis to Nano Order



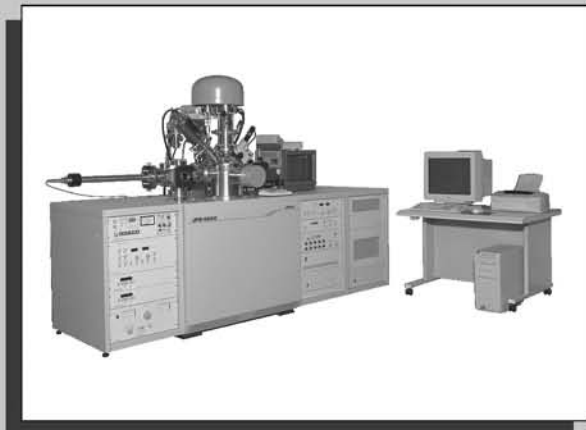
JAMP-9500F
Field Emission Auger Microprobe

We introduce the JAMP-9500F Field Emission Auger Microprobe (Scanning Auger Microscope), featuring the world's highest spatial resolution. The JAMP-9500F is an ideal instrument for nanoarea analysis with a high spatial resolution almost the same as the diameter of the primary electron beam.



JXA-8500F
Field Emission Electron Probe Microanalyzer

JEOL developed JXA-8500F Field Emission Electron Probe Microanalyzer with a newly-developed thermal field emission gun. JXA-8500F enables submicron analysis, which was difficult with conventional EPMA.



JPS-9200
Photoelectron Spectrometer

Versatile measurement from high-spatial resolution XPS analysis (30 μm) to macro-area XPS imaging (50 \times 18 mm^2), thus meeting the needs of the nanotechnology era. Newly designed input lens system, combining a magnetic-field lens and electrostatic-field lens, achieves high-sensitivity measurement.



JSPM-5400
Scanning Probe Microscope

JSPM-5400 performs high quality, various data measurement with many automated features making it easy to use for both novice and expert users.

- EWithout damages, high-resolution observations can beget using Non-contact mode AFM.
- EUnder high vacuum, cool or heated, stable observations are possible.



SCAN d.o.o., Preddvor
Nazorjeva 3 · SI-4000 Kranj · Phone +386-4-2750200
Fax +386-4-2750420 · info@scan.si





PFEIFFER  **VACUUM**



adixen
by PFEIFFER VACUUM



Perfect Vacuum Solutions!

Two strong brands combined for your success

- Best-in-class products
- Leading vacuum technology know-how
- Worldwide sales and service support

Are you looking for a perfect vacuum 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

Extended product portfolio
now online!

