

ICONSISMUS XI



VAKUUMIST

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



44 let
DVTS

LJUBLJANA, DECEMBER 2003

ISSN 0351-9716

LETNIK 23, ŠT. 4 2003

UDK 533.5.62:539.2:669-982

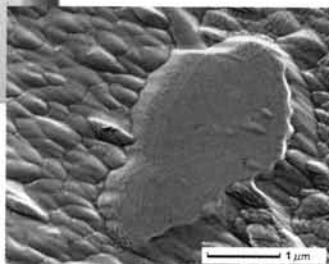




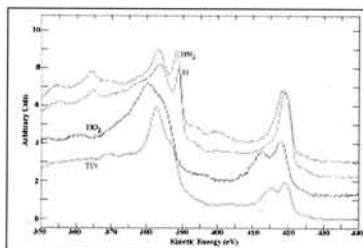
INŠTITUT ZA KOVINSKE MATERIALE IN TEHNOLOGIJE



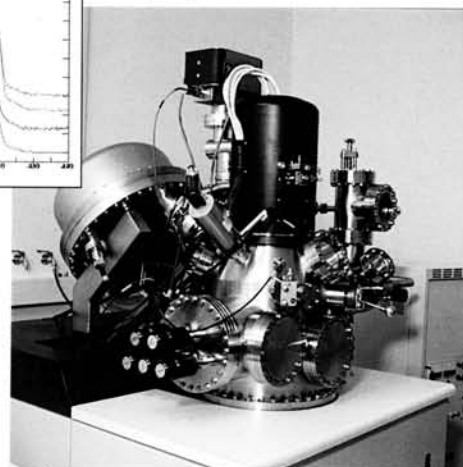
Elektronski mikroskop Jeol JSM-6500F opremljen z ED, WD in EBSD



Zrno kromovega karbida (desno)



AES spekter štirih različnih kemijskih stanj titana (levo)



Elektronski spektrometer Microlab 310-F za HRAES, SAM, SEM in XPS analize površin

Naslov:

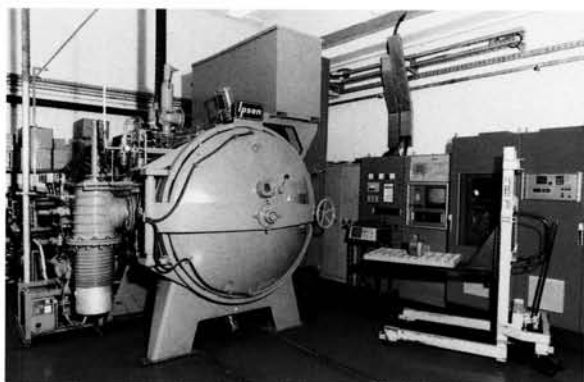
IMT, Lepi pot 11,
SI-1000 Ljubljana,
Slovenia
Tel.: +386 1 4701 800,
Faks: +386 1 4701 939
<http://www.imt.si>,
e-pošta: imt@imt.si



Tlačna tehnica RUSKA 2465A za kalibracije merilnikov tlaka



Akreditacijska listina L-030



Vakuumska peč VTTTC-324R za toplotno obdelavo kovinskih materialov



METAPLAS IONON HZIW 600/1000 peč za nitriranje v pulzirajoči plazmi

VSEBINA

ČLANKI

- * Pomen trdih zaščitnih prevlek za zaščito orodij v avtomobilski industriji (1. del) (Peter Panjan) 4
- * Plazemska sterilizacija (Alenka Vesel, Miran Mozetič) 9
- * Ljubljanski izumitelj Codelli (ob 50-letnici smrti) (Stanislav Južnič) 15

NASVETI

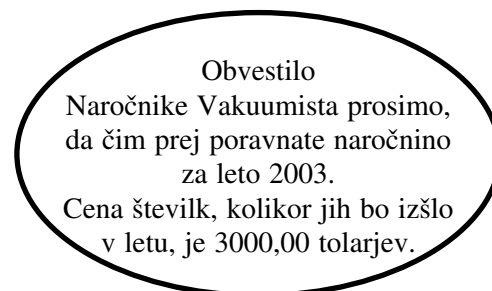
- * Čiščenje površin trdih podlag s peskanjem (Peter Panjan) 27

NOVA KNJIGA

- * Vakuumska znanost in tehnika (več avtorjev) 29

INTERVJU

- * Pogovor s prof. dr. Alojzem Paulinom 30



SPONZORJI VAKUUMISTA:

- **Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, Urad za znanost**
- **Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, Urad za šolstvo**
- **PFEIFFER Vacuum Austria GmbH**

VAKUUMIST

Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije

Glavni in odgovorni urednik: dr. Peter Panjan

Uredniški odbor: dr. Miha Čekada, mag. Andrej Demšar, dr. Jože Gasperič (urednik za področje vakuumske tehnike in sistemov), dr. Bojan Jenko, dr. Monika Jenko (urednica za področje vakuumske metalurgije), dr. Stanislav Južnič, dr. Janez Kovač, dr. Ingrid Milošev, dr. Miran Mozetič, dr. Vinko Nemanič, dr. Boris Orel, mag. Andrej Pregelj, dr. Janez Šetina in dr. Anton Zalar

Tehnični urednik: Miro Pečar

Lektor: dr. Jože Gasperič

Korektor: dr. Miha Čekada

Naslov: Uredništvo Vakuumista, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Teslova 30, 1000 Ljubljana, tel. (01) 477 66 00

Elektronska pošta: DVTS.group@guest.arnes.si

Domača stran DVTS: <http://www2.arnes.si/~ljdvts/>

Številka transakcijskega računa pri NLB: 02083-0014712647

Oblikovanje naslovne strani: Ignac Kofol

Tisk: Littera picta, d. o. o., Rožna dolina, c. IV/32-36, 1000 Ljubljana

Naklada: 400 izvodov

POMEN TRDIH ZAŠČITNIH PREVLEK ZA ZAŠČITO ORODIJ V AVTOMOBILSKI INDUSTRIJI (1. DEL)

Peter Panjan

Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

POVZETEK

V zadnjih nekaj letih so bile razvite nove vrste jeklene pločevine, ki imajo veliko natezno trdnost (npr. dualphase steel, TRIP-steel, complex phase steel ali martensite steel). Uporaba takšne pločevine v avtomobilski industriji prinaša vrsto prednosti, saj dosežemo enako trdnost izdelka pri precej manjši debelini pločevine. To pa pomeni ne samo manjšo porabo materiala, ampak tudi precejšnje zmanjšanje mase izdelka v primerjavi s tistim, ki ga naredimo iz konvencionalne pločevine. Seveda pa so za preoblikovanje takšne pločevine potrebni veliko večji tlaki, ki predstavljajo večjo obremenitev za orodje. Za zaščito orodij potrebujemo zato čim bolj trde in žilave trde prevleke. Pri preoblikovanju pa je zelo ugodno, da je koeficient trenja čim manjši.

PVD coatings for protection of tools for steel sheet drawing and forming (Part I)

ABSTRACT

The new high-strength steels sheets (e.g. dualphase steel, TRIP-steel, complex phase steel or martensite steel) have been developed in recent years. The use of such sheet has many advantages in automobile industry, while equal strength of sheet could be obtained at lower sheet thickness. This results in a lower amount of material needed as well as lower weight of parts. However, we need considerably higher press for forming of such steel sheets in comparison with conventional ones resulting in a higher wear of the tools. Therefore new wear-resistant coatings with high hardness, and toughness are necessary. Low friction is beneficial in most forming operations. This paper reviews the recent development in the field of protection of forming tools.

1 UVOD

Tehnologija hladnega preoblikovanja jekel, barvnih kovin in zlitin se je v zadnjih tridesetih letih zaradi velike gospodarnosti serijske proizvodnje izredno razvila. Hladno preoblikujemo predvsem tanjše materiale (pločevino in profile) in manjše surovce do končne oblike in brez predhodnega segrevanja obdelovanca. Da bi snovi lahko preoblikovali, morajo biti v plastičnem stanju, kar dosežemo tako, da jim vsilimo tolikšne razlike glavnih napetosti, da dosežejo napetost tečenja. Sile in obremenitve orodja so zato izjemno velike. Tako narejeni izdelki imajo boljše mehanske in termične lastnosti od tistih, ki jih pripravimo z rezalnimi postopki obdelave (z odvzemanjem materiala).

V materialu nastaja pri preoblikovanju v smeri glavne deformacije vlaknasta mikrostruktura, kar zagotavlja boljše mehanske lastnosti. Čeprav so sile za preoblikovanje velike, pa sta poraba materiala in energije ter stroški proizvodnje v splošnem veliko manjši kot pri litju, vročem kovanju ali pri obdelavi z

rezalnimi postopki (tabela 1). Pri hladnem preoblikovanju se energija porablja le za premeščanje materiala, za spremembo oblike ob nespremenjenem volumnu izdelka in za toplotne obdelave oz. segrevanje. Prav načelo racionalnega in gospodarnega izkoriščanja surovin, izhodiščnih materialov in energije ter zahteva po vedno večji produktivnosti so razlogi, da postaja hladno preoblikovanje vse pomembnejše.

Tabela 1: Prihranki materiala in energije pri različnih postopkih obdelave

Postopek	Izraba materiala (%)	Poraba energije (kJ/kg)
Hladno preoblikovanje	85	48
Toplo preoblikovanje	75	56
Obdelava z odrezovanjem	40 – 50	80 – 100

Postopek hladnega preoblikovanja jekla so prvič uporabili v Nemčiji že pred drugo svetovno vojno, ko je bil s patentiranjem fosfatiranja odpravljen problem hladnega oprijemanja materiala obdelovanca na orodje. Površino obdelovanca je namreč treba predhodno ustrezno pripraviti (nanos nosilnega sloja, npr. cinkovega fosfata), da lahko nanj naneseemo mazalno sredstvo (npr. molibdenov disulfid).

Iztiskujemo lahko kovine, ki imajo v mehko žarjenem stanju trdoto do 19 HRC (230 HV). Stopnja deformacije je odvisna od trdote materiala preoblikovanca. Izdelki, ki jih naredimo na tak način, imajo zelo natančne mere, površina izdelka je zelo gladka in ustreza fino brušeni. Na kvaliteto izdelane površine zelo vpliva obraba orodja in trenje med obdelovancem in orodjem. Orodja za preoblikovanje so izpostavljena ne samo velikim kontaktnim pritiskom (sile preoblikovanja so $>3000 \text{ N/mm}^2$), ampak v nekaterih primerih tudi visokim temperaturam zaradi trenja. Tako se npr. pri protismernem iztiskovanju najbolj obremenjeni deli pestiča segrejejo na temperaturo do $400 \text{ }^\circ\text{C}$, medtem ko doseže temperatura preoblikovanca na prehodu iz dna v steno tudi do $500 \text{ }^\circ\text{C}$ in več. Naštete obremenitve in trenje so vzrok za različne mehanizme obrabe orodja: abrazija, adhezijska obraba, delaminacija, mehansko utrujanje in obraba zaradi oksidacije.

Razvoj na področju avtomobilske industrije gre v smeri zmanjševanja mase. Iščejo se novi kovinski in nekovinski materiali. Kljub vsemu še vedno prevladujejo jekla. Razvoj gre v smeri uporabe jekel z vse

Tabela 2: Primerjava dveh postopkov izdelave votlih teles s hladnim preoblikovanjem

	Globoki vlek	Hladno masivno preoblikovanje
Sile	majhne	velike
Obremenitve pestiča	majhne	velike
Tlak v matrici	majhen	velik
Število stopenj	mного	nekaj
Mazivo	olje	nosilec maziva + mazivo
Utrjevanje	manjše	večje
Procesna omejitve	pretrg pločevine	trdnost orodij
Oblikovna natančnost	slaba	odlična
Ekscentričnost	dobra	slaba
Velikost izdelkov	veliki – majhni	srednje veliki – majhni

večjo natezno trdnostjo. Natezna trdnost jekel je v področju od 280 N/mm² do 800 N/mm². Seveda pa se z naraščanjem natezne trdnosti poslabšuje sposobnost hladnega preoblikovanja. Razvoj novih jekel mora zato stremeti tudi k izboljševanju njihove hladne preoblikovalnosti (npr. nizkoogljična vakuumsko izdelana jekla).

Glavni pogoj za preoblikovanje pločevine je preoblikovalna sposobnost materiala pločevine. Preoblikovalnost je zelo kompleksna lastnost materiala, ki je odvisna ne samo od snovnih lastnosti materiala in njegove plastičnosti, ampak tudi od preoblikovalnih pogojev, na katere vplivajo zlasti trenje in geometrijske lastnosti obdelovancev oz. orodja za preoblikovanje.

Trdnostne in preoblikovalne lastnosti toplo valjanih konstrukcijskih jekel je mogoče izboljšati z optimalnim termomehanskim režimom preoblikovanja. V avtomobilski industriji se tovrstna jekla pogosto uporabljajo, ne le zaradi večje trdnosti oz. možnosti za zmanjšanje mase izdelkov, ampak tudi zato, ker je mogoče pri izdelavi zahtevnejših preoblikovancev prihraniti eno ali več operacij preoblikovanja v toplem.

V zadnjih letih je bilo razvitih veliko mikrolegiranih jekel za globoki vlek in jekel visoke trdnosti. Za mikrolegirana intersticijsko prosta jekla so značilne ugodne lastnosti za hladno preoblikovanje. Takšna jekla pridobivajo s postopki razogljichenja v vakuumu. Z dodatkom mikrolegiranih elementov (npr. Ti, Nb) dosežejo večje srednje vrednosti koeficienta normalne plastične anizotropije kakor navadna jekla za globoki vlek (Č.0148).

Na razvoj jekel visoke trdnosti z mejo plastičnosti do 500 N/mm² je vplivala zlasti avtomobilska industrija. Glede na mehanizem utrjevanja razlikujemo:

mikrolegirana jekla, "bake-hardening"-jekla, jekla, legirana s fosforjem, in feritno-martenzitna jekla.

Pomembno merilo za uporabo takšne pločevine je dobra preoblikovalnost, ki je v splošnem obratno sorazmerna z njeno trdnostjo. Jekla, legirana s fosforjem, imajo dobre vlečne sposobnosti. Feritno-martenzitna jekla pa se že pri majhnih deformacijah močno utrdijo. Pri obeh vrstah jekel se pojavi t. i. "bake-hardening" efekt, zaradi katerega se pri toplotni obdelavi pločevine med vžiganjem laka meja plastičnosti materiala poveča za 20 – 50 N/mm².

V avtomobilski industriji se vse bolj uporablja tudi nerjaveča pločevina, ne samo za izdelavo izpušnega sistema ampak tudi za opaže vrat. Zelo pogosto pa se uporablja površinsko oplemenitena jeklena pločevina (npr. pocinkana, večplastne pločevine kovina-kovina ali kovina-plastika, sendvične plošče). Površinski nanosi bistveno spremenijo tribološke pogoje hladnega preoblikovanja.

V avtomobilski industriji se povečuje delež alternativnih materialov, predvsem aluminija. Pri audiju A8 so maso avtomobila na račun aluminijevih komponent zmanjšali za 40 % (385 kg Al-komponent sestavlja 125 kg pločevinastih delov, 70 kg profilov, 150 kg litih delov in 40 kg drugih oblik). Pri Fordovem modelu AIV so z uporabo aluminija zmanjšali maso celotne karoserije za 320 kg. Pri uporabi aluminija pa se poraja vrsta triboloških in drugih problemov. Medtem ko se s cinkovo prevleko prekrita jeklena pločevina že dolgo časa uporablja, pa je razvoj s cinkom prekrte aluminijeve pločevine še v teku.

Tudi uporaba plastike je v porastu, vendar je njena uporaba iz ekoloških razlogov dvomljiva, saj takšni izdelki nasprotno od jeklenih in aluminijskih niso primerni za ponovno predelavo.

2 MEHANIZMI OBRABE

Slaba obstojnost orodij za hladno preoblikovanje zmanjšuje natečajnost izdelave in kvaliteto izdelkov, povečuje njihovo ceno, povečuje porabo materialov za orodja in obdelovance ter onemogoča uvajanje avtomatizacije proizvodnje.

Orodja za hladno preoblikovanje delajo v izjemno neugodnih razmerah. Impulzne mehanske obremenitve, spremenljive termične obremenitve ter trenje na delovnih površinah orodja povzročajo spremembo strukturnih in mehanskih lastnosti orodnega materiala, zlasti v površinski plasti, ki je v stiku z materialom obdelovanca. V tej plasti pride do mehanskega in termičnega utrujanja orodnega materiala, plastične deformacije, oksidacije in mehanske obrabe.

Osnovni vzrok izrabe orodij za hladno preoblikovanje je mehanska obraba, ki povzroči dimenzijske spremembe gravure. Mehanska obraba in koeficient

trenja sta v največji meri odvisna od stanja površine orodja. Pri normalnem mazanju je obraba tem manjša, čim manjše je trenje. To pa je tem večje, čim večja je hrapavost površine orodja. Vendar pa je v nekaterih primerih pretirano poliranje škodljivo, ker se izboljša kontakt med izdelkom in orodjem, kar povzroči intenzivno segrevanje površine. Povišana temperatura pa spodbudi oprijemanje materiala obdelovanca na posamezne dele gravure.

Med postopkom preoblikovanja so aktivni štirje mehanizmi obrabe: abrazija, adhezija, delaminacija in oksidacija. Za hladno preoblikovanje je značilna kombinacija trenja med dvema trdnima snovema in hidrodinamično trenje, ki pa se zaradi velikih kontaktnih pritiskov (več kot 3000 N/mm²) in nezadostne količine maziva pojavi le lokalno. Med orodjem in obdelovancem pa ni samo olje ampak tudi drobni koščki odtrganin orodja in obdelovanca. Z zaščito orodja poskušamo zmanjšati oba vpliva: tako vpliv trenja kot vpliv abrazivnih delcev.

Majhen koeficient trenja je pri večini preoblikovalnih operacij zaželen, saj zmanjša napetosti. Pri preoblikovanju pločevine trenje vpliva na tok materiala, na kvaliteto površine (geometrijo in gladkost površine) in obrabo orodja. Pomen trenja je še večji pri globokem vleku. Trenje pa se dodatno poveča pri preoblikovanju galvansko oz. elektrokemijsko zaščitene pločevine.

3 ZAŠČITA ORODIJ ZA HLADNO PREOBLIKOVANJE

Starejši postopki za zaščito orodij za hladno preoblikovanje so: nitriranje, boriranje, vanadiziranje in nanos trdega kroma. Njihova uporaba je omejena zaradi premajhne abrazijske obstojnosti, nastajanja mikrorazpok ali slabe oprijemljivosti. Trdo kromiranje v splošnem poveča obstojnost orodja za hladno preoblikovanje tudi za faktor 5 in več. Vendar pa ima v nekaterih primerih tudi negativen vpliv na obstojnost orodja (termična stabilnost takšnega orodja se zmanjša, slaba oprijemljivost kromove zaščitne plasti). Pozitiven učinek dosežemo s pravilno pripravo površine orodja (najbolj primerno je elektropoliranje). Pomembne so tudi strukturne lastnosti orodnega materiala (finozrnatost, enakomerna porazdelitev karbidov). Nekatera maziva, ki vsebujejo ogljik, niso primerna za mazanje takšnih orodij, ker postane kromova zaščitna plast krhka in termično neobstoja.

Nitriranje zmanjšuje verjetnost nalepljanja in povečuje odpornost proti mehanski obrabi. Obstojnost orodja se lahko poveča nekajkrat. V primerih, ko med preoblikovanjem prevladujejo poškodbe orodja zaradi termičnih razpok, nitriranje zmanjšuje obstojnost.

Precej boljše rezultate dosežemo, če orodje zaščitimo s CVD-, PACVD- ali PVD-keramičnimi prevlekami (tabela 3)⁽¹⁻¹¹⁾. Kombinacija trde in krhke keramične prevleke ter žilave podlage (npr. hitrorezno jeklo) je s tribološkega vidika izjemno ugodna. Nanos nekaj mikrometrov debelih keramičnih PVD trdih prevlek na orodja je še danes najuspešnejši način njihove zaščite pred abrazijsko, adhezijsko in kemo-termično obrabo. Trde prevleke morajo biti ne samo zelo trde, ampak tudi oksidacijsko odporne in kemijsko stabilne pri visoki temperaturi. Hkrati morajo biti slab toplotni prevodnik in imeti majhen koeficient trenja. Z vidika uporabe so bistvenega pomena tudi dobra oprijemljivost na podlage, kristalinična mikrostruktura, finozrnatost, tlačne notranje napetosti, odsotnost mikrorazpok in gladka površina. Obstojnost prekritega orodja je zato veliko večja od neprekritega. Prevleke v splošnem zmanjšajo trenje, zato se zmanjša tudi poraba energije. Ker so kemijsko inertne, zmanjšajo lepljenje oz. navarjanje materiala obdelovanca na orodje. Če jih kombiniramo s plastmi trdega maziva (npr. prevleke na osnovi ogljika), so primerne za zaščito orodij za suho obdelavo.

Trde prevleke so se uveljavile pri zaščiti orodij za klasične postopke obdelave (rezalna orodja, orodja za hladno oblikovanje, orodja za brizganje plastike, orodja za stiskanje prahov). Brez trdih zaščitnih prevlek si ne moremo zamisliti visokohitrostne in suhe obdelave. Trde prevleke, ki se odlikujejo z majhnim koeficientom trenja (npr. WC/C, DLC), pa so se uveljavile kot trdo mazivo za zaščito in mazanje strojnih delov (npr. zobniki, ventili in batni obročki za motorje). Zelo široko področje uporabe trdih prevlek je tudi nadomeščanje elektrokemijskih zaščitnih in

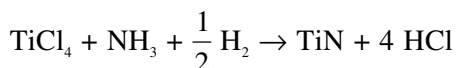
Tabela 3: Primerjava stroškov zaščite orodja za hladno preoblikovanje in povečanje njegove obstojnosti. Preizkus je bil narejen s trnom (premer 50 mm) za protismerno iztiskovanje, ki je bil izdelan iz HSS-jekla 1.7147. Obdelovanec: jeklo 1.3343, uporabljeno mazivo: Bonderlube 236. Vir: Westheide, Univerza v Stuttgartu.

	Strošek obdelave (vključno s toplotno obdelavo)	Povečanje obstojnosti
Brez zaščite	1,0	1,0
Plinsko nitriranje (40 h)	1,02	4,5
Plazemsko nitriranje (~25 µm)	1,06	0,75
Plinsko nitrocementiranje (3 h)	1,08	1,5 – 4,5
Boriranje (20–30 µm)	1,35	ni podatkov
Vanadiziranje (4 h)	1,35 – 1,75	ni podatkov
PVD-prevleka (3–6 µm, TiN)	1,35 – 1,75	32
CVD-prevleka (8 µm, TiC)	2,65	ni podatkov

dekorativnih prevlek (npr. CrN namesto trdega kromanja, ZrN namesto trdega zlatenja).

4 CVD-POSTOPKI

Bistvo tega postopka je kemijska reakcija med izbranimi plini na vroči podlagi (800–1000 °C). Reakcija je lahko termični razkroj (piroliza), substitucija ali dvojna substitucija. Klasičen primer dvojne substitucije je nanašanje TiN-prevlek po shemi:



Tlak v reaktorski posodi je lahko atmosferski, po navadi pa je nekoliko znižan, ker tako izboljšamo kvaliteto in uniformnost prevleke na podlagah z veliko površino.

Poglavitne slabosti pa so visoka temperatura nanašanja, ki omejuje izbiro podlag, in omejena izbira kemijskih reakcij v plinski fazi, ki so primerne za pripravo trdih prevlek. Tudi nekateri stranski produkti reakcij (npr. HCl) in vodik (vodikova krhkost pri jeklih) niso željeni, ker poškodujejo podlage in so ekološko nesprejemljivi. Izhodne snovi so v večini primerov halogenidi prehodnih elementov, ki pa so hlapljive spojine, zelo občutljive za vlago, delo z njimi pa zahteva posebne varnostne ukrepe.

Prednosti CVD-postopkov so tudi enostavna reaktorska posoda in enostavna kontrola postopka.

CVD-prevleke se odlikujejo z odlično oprijemljivostjo na podlago, ki je posledica visoke temperature nanašanja. Notranje natezne napetosti v CVD-prevlekeh so majhne, zato lahko pripravimo relativno debele zaščitne prevleke (do 10 µm). Tako debelo prevleko pripravimo v 3–4 urah. Zaščitna prevleka je enakomerno debela po vsej površini orodja, tudi v globokih luknjah in režah. S CVD-postopkom lahko prekrivamo zelo velika orodja, ki jih med nanašanjem ni treba vrteti.

Zaradi visoke temperature nanašanja lahko pride do znatnih dimenzijskih sprememb in deformacij. Hkrati pride tudi do razogljčenja vrhnje plasti orodja, kar povzroči globoke poškodbe (do 1 mm) na površini orodja, potem ko se prevleka izrabi. Oglik iz površinske plasti orodja reagira s kovinsko komponento (npr. Ti), pri čemer nastane karbidna faza. Trdota razogljčene plasti orodja pade, zato se v tej plasti pojavijo razpoke zaradi utrujanja materiala. Orodje se pri visoki temperaturi razkali, zato ga moramo po nanosu prevleke toplotno obdelati v vakuumu. Ker pri tem izgubimo dimenzijske tolerance, CVD-postopek ni primeren za zaščito preciznih orodij za hladno preoblikovanje. Slaba stran CVD-postopka je tudi v tem, da je ekološko problematičen.

Vse CVD-prevleke, ki se uporabljajo za zaščito orodij, so narejene na osnovi titanovih spojin (TiC, TiN, TiCN). Prevleke pripravimo v obliki enojne plasti ali večplastne strukture (do 5 plasti). CVD-postopek je zlasti primeren:

- za zaščito matric za hladno preoblikovanje in matric za globoki vlek, kadar je debelina pločevine večja od 2 mm
- za zaščito orodij, s katerimi preoblikujemo pločevino z natezno trdnostjo nad 450 N/mm² in debelino več kot 0,8 mm
- za zaščito orodij za preoblikovanje nerjaveče pločevine
- kadar ni dovoljena uporaba maziv
- za preoblikovanje galvansko oz. elektrokemijsko obdelane pločevine
- za zaščito orodij pri procesih preoblikovanja, kjer se površina obeh delov orodja (matrica, pestič) segreje.

Večplastna CVD-prevleka TiC/TiCN/TiN debeline 6–9 µm, je zlasti primerna za hladno preoblikovanje materialov, ki so nagnjeni k adhezijskemu hladnemu navarjanju (avstenitna jekla, pocinkana pločevina). TiC-prevleka, ki je trša, se uporablja tudi za preoblikovanje bolj abrazivnih materialov, npr. pri globokem vleku debele pločevine in za zaščito orodij za hladno preoblikovanje aluminija.

5 PVD-POSTOPKI

Ker potekajo PVD-postopki pri temperaturi, ki je nižja od temperature popuščanja večine orodnih jekel, se lahko izognemo mnogim težavam, s katerimi se srečujemo pri CVD-postopkih (razogljčenje, izguba dimenzijskih toleranc). Kljub tem prednostim pa imajo PVD-postopki tudi svoje slabosti. Adhezija prevleke na podlago je precej manjša v primerjavi s CVD-prevleko, kar pri zahtevnejših primerih uporabe orodij za hladno preoblikovanje pomeni odstopanje plasti. Za PVD-prevleke so značilne relativno velike tlačne notranje napetosti, zato ne moremo pripraviti prevlek z debelino več kot 5 µm. PVD-postopki so primerni za nanos zaščitnih prevlek na manjša orodja. Debelina prevleke po površini orodja s komplicirano geometrijo ni enakomerna, nanos v globoke luknje in reže pa ni možen. Cena nanosa PVD-prevleke je 2- do 3-krat večja od cene trdega kromanja, toda dvakrat manjša od CVD-prevleke (tabela 3).

PVD-prevleke se uporabljajo za zaščito orodij za preoblikovanje v naslednjih primerih:

- kadar preoblikujemo tanke pločevine z manjšo natezno trdnostjo;
- kadar preoblikujemo galvansko oz. elektrokemijsko zaščitene pločevine;

- v razmerah zmanjšane mazanja;
- kadar se površina matrice med preoblikovanjem segreje.

6 PACVD-POSTOPKI

Kemijski postopki nanašanja prevlek, ki potekajo v plazmi (PACVD) so nekakšna kombinacija CVD- in PVD-postopkov. S plazemsko aktivacijo reakcijskih produktov se temperatura, potrebna za potek kemijske reakcije, zniža pod 500 °C. Razelektrove v reaktorju dosežemo, če tlak plinske mešanice znižamo na nekaj milibarov, vzbudimo pa jo lahko na več načinov: a) z indukcijsko tuljavo, ki jo vzbujamo z visoko frekvenco, b) s kapacitivnim vzbujanjem in c) z mikrovalovnim vzbujanjem. Plazmo zgostimo ali jo usmerimo proti podlagam z magnetnim poljem.

V primerjavi s PVD-postopki omogočajo PACVD-postopki možnost nanosa na večja orodja in na takšna, ki imajo kompleksno geometrijo. Njihova prednost pred CVD-postopki je v nižji temperaturi nanašanja prevleke. Tako se izognemo krhkosti karbidne trdine, ki se pogosto pojavi med CVD-nanosom.

7 SKLEPI

Trde prevleke preprečujejo adhezijsko, abrazijsko in kemotermično obrabo orodja. PVD- in CVD-prevleke zagotavljajo povečanje obstojnosti orodja, zmanjšajo čas vzdrževanja, hkrati pa omogočajo za 70–90 % manjšo porabo maziv.

PVD-postopki so nepogrešljivi pri zaščiti rezalnih orodij, nekaj manj pogosto pa se uporabljajo za zaščito orodij za hladno preoblikovanje. Razlogi so naslednji:

- Takšna orodja imajo pogosto zelo komplicirano geometrijo z velikim številom hladilnih kanalov in kavitacij. Masa takšnega orodja pogosto presega nekaj sto kilogramov, velikost pa nekaj deset centimetrov. Oboje onemogoča vrtenje podlage med nanašanjem PVD-prevleke.
- Komplicirane oblike orodja so najpogosteje narejene s potopno erozijo, ki povzroči nastanek

razkaljene plasti na površini (t. i. bele plasti), ki poslabša oprijemljivost PVD-prevleke.

- Cena takšnih orodij je ekstremno visoka (tudi več kot 100.000 evrov), kar onemogoča optimizacijo zaščitnih prevlek, ker je vsako eksperimentiranje preveliko tveganje za lastnika orodja.

Za zaščito orodij za hladno obdelavo se uspešno uporabljajo tudi CVD-postopki, zlasti kadar preoblikujemo debelo pločevino (nad 2 mm) oz. tako, ki ima natezno trdnost več kot 400 N/mm², vendar moramo orodje zaradi deformacij med nanašanjem CVD-prevleke zelo skrbno pripraviti.

Po izrabi lahko orodja, prekrita s PVD- ali CVD-prevleko, obnovimo. Staro prevleko moramo odstraniti, morebitne poškodbe na matrici pa skrbno zavariti.

8 LITERATURA

- ¹P. Pesch, S. Sattel, S. Woestman, P. Masarczyk, K. Herden, T. Stucky, A. Martens, S. Ulrich, H. Holleck, Performance of hard coated steel tools for sheet drawing, *Surf. Coat. Technol.* **163-164** (2003), 739-746
- ²M. Murakawa, S. Takeuchi, Evaluation of tribological properties of DLC films used in sheet forming of aluminium sheet, *Surf. Coat. Technol.* **163-164** (2003), 561-565
- ³M. Murakawa, N. Koga, T. Kumagai, Deep-drawing of aluminium sheets without lubricant by use of DLC coated dies, *Surf. Coat. Technol.* **76-77** (1995), 553-558
- ⁴K. Taube, Carbon-based coatings for dry sheet-metal working, *Surf. Coat. Technol.* **98** (1998), 976-984
- ⁵C. Mitterer, F. Holler, D. Reitberger, E. Badisch, M. Stoiber, C. Lugmair, R. Nobauer, Th. Muller, R. Kullmer, Industrial applications of PACVD hard coatings, *Surf. Coat. Technol.* **163-164** (2003), 716-722
- ⁶<http://www.sputtek.com/paper1999013230a.htm>
- ⁷J. Vetter, R. Knaup, H. Dwuletzki, E. Schneider, S. Vogler, Hard coatings for lubricant reduction in metal forming, *Surf. Coat. Technol.* **86-87** (1996), 739-747
- ⁸B. Navinšek, P. Panjan, Novel applications of CrN (PVD) coatings deposited at 200 °C, *Surf. Coat. Technol.* **74-75** (1995), 919-926
- ⁹B. Navinšek, Trde zaščitne prevleke, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, 1993
- ¹⁰<http://www.balzers.at/stanzen.php>
- ¹¹L. Carreras, S. Bueno, F. Montala, Advanced coatings for automotive industry forming dies, 7th Inter. Research/Expert Conference TMT 2003, Spain

PLAZEMSKA STERILIZACIJA

Alenka Vesel, Miran Mozetič

Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Plazma postaja v zadnjih letih čedalje bolj zanimiva za sterilizacijo medicinskih in prehrabnih izdelkov ter raznih drugih (predvsem polimerov), ki so občutljivi za visoko temperaturo. Prednost plazme pred klasičnimi uveljavljenimi postopki sterilizacije je, da plazemska sterilizacija poteka pri sobni temperaturi, ne poškoduje predmetov oz. izdelkov, je ekološko neškodljiva in ne vsebuje toksičnih snovi, ki so človeku škodljive. Sterilizacija v plazmi poteka pod vplivom UV-žarkov in aktivnih delcev (atomi, radikali), ki uničijo genetski material (DNA) mikroorganizmov.

Plasma sterilization

ABSTRACT

In recent years plasma is becoming increasingly interesting for sterilization of medical devices and food especially for heat sensitive materials (like polymers). The benefit of plasma sterilization is operation near the room temperature, ecological suitability, it has no harmful toxic residues and it does not destroy the surface of treated materials. Sterilization in plasma is achieved by destroying genetic material (DNA) of microorganisms by UV-radiation and active particles (atoms, radicals).

1 UVOD

Plazma se danes uporablja v različnih vejah znanosti (fizika, kemija, biologija, medicina, metalurgija) in industrije (mikroelektronika, kemijska in avtomobilska industrija), o čemer smo v Vakuumistu že pisali.⁽²⁾ Danes pa se uporaba plazme čedalje bolj širi tudi na področje sterilizacije.^(1,3) Sterilizacija je postopek, s katerim uničimo žive mikroorganizme. Največ se uporablja v medicini in prehrabni industriji, kjer se že dolgo časa pojavljajo potrebe po postopku, ki bi deloval pri nizki temperaturi in ki bi bil učinkovit v krajših časih. Danes uveljavljeni postopki za sterilizacijo so:⁽³⁾

1. Visokotemperaturna sterilizacija
 - sterilizacija s paro (avtoklavi)
 - sterilizacija z vročim suhim zrakom
2. Nizkotemperaturna sterilizacija
 - kemična sterilizacija
 - gama- in UV-sevanje

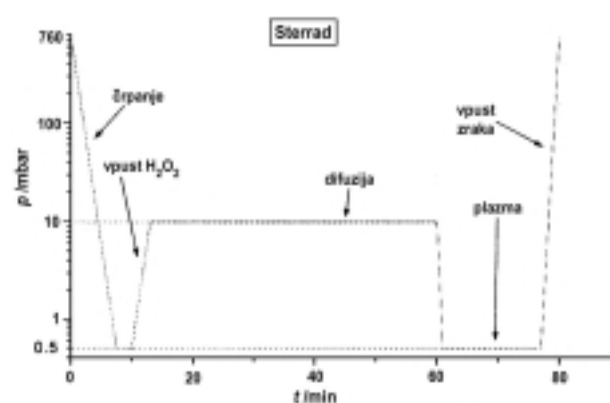
Vsi ti klasični postopki pa imajo nekatere pomanjkljivosti. Težava pri visokotemperaturni sterilizaciji je, da spore nekaterih bakterij lahko preživijo tudi pri visokih temperaturah. Poleg tega ta postopek ni primeren za predmete, ki ne prenesejo visoke temperature (npr. razni polimerni materiali).⁽⁴⁾ Kemična sterilizacija pogosto poteka s strupenimi agresivnimi sredstvi, kot npr. z etilen oksidom (EtO), ki je toksičen in se močno absorbira v plastičnih materialih. Taki

predmeti pomenijo potencialno nevarnost za paciente, in to je že imelo smrtne posledice, kot na primer smrt dializnih bolnikov v bolnišnici v Zagrebu. Ionizirajoče sevanje gama uničuje bakterije zaradi cepitve kemijskih vezi v bakterijah. To sevanje lahko prav tako povzroči spremembe v samem materialu, ki ga želimo sterilizirati.⁽⁴⁾ Tudi pri tem postopku lahko nekatere bakterije preživijo (zaradi senčenja in neprave izbire valovne dolžine svetlobe).

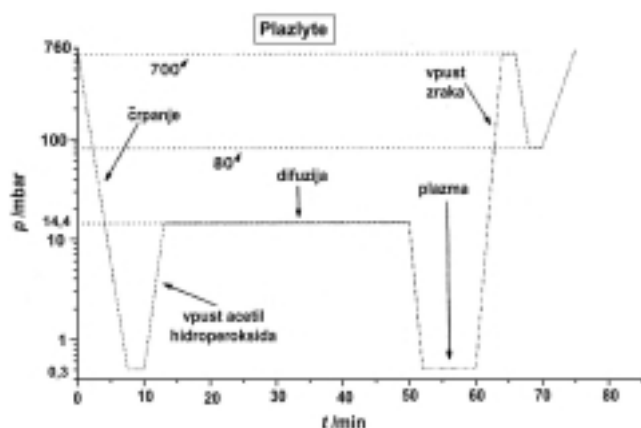
1.1 Sterilizatorja Sterrad® in Plazlyte®

Ob koncu osemdesetih let sta bila razvita Sterrad® (Johnson & Johnson)⁽⁵⁾ in Plazlyte® (Abtox), ki sta bila prva sterilizatorja, pri katerih so začeli uporabljati plazmo. Vendar je treba tu posebej poudariti, da se plazma ne uporablja za sterilizacijo, temveč le za odstranjevanje strupenih kemičnih snovi, ki jih pri sterilizaciji vpuščajo v sistem. Ker so mikroorganizmi higroskopni, kar pomeni, da se vodna para rada kondenzira na njihovi površini, delujejo kot nekakšna nukleacijska jedra, ki vežejo nase pare agresivnih kemijskih sredstev. Na tem kondenzacijskem mehanizmu sloni princip delovanja obeh sterilizatorjev. Sterrad® uporablja za sterilizacijo vodikov peroksid, Plazlyte® pa mešanico acetil hidroperoksida (5 %), vodikovega peroksida (22 %), očetne kisline (10 %) in vode (63 %).

Sterilizacija pri Sterradu® 100 poteka v treh fazah, prikazanih na sliki 1. Prvi fazi, kjer izčrpamo sterilizacijski sistem, da dosežemo tlak 65 Pa, sledi druga, ko v sterilizator (s prostornino 175 L) spustimo vodikov peroksid pri temperaturi 45 °C, da dosežemo tlak 1300 Pa. Začetni nižji tlak omogoča boljše difuzijo par. Pare se kondenzirajo na mikroorga-



Slika 1: Shematičen prikaz delovanja sterilizacijskega sistema Sterrad⁽⁸⁾



Slika 2: Shematičen prikaz delovanja sterilizacijskega sistema Plazlyte⁽⁹⁾

nizmih, kar vodi do njihove neaktivnosti. Po tem koraku sledi tretja faza, ko vklopimo RF-plazmo (15 minut), s katero uničimo toksične snovi. Na koncu sledi povečanje tlaka v komori na normalni zračni tlak. Celoten postopek traja 60 minut.⁽⁶⁾

Nasprotno od Sterrada, kjer ustvarimo plazmo kar iz par sterilizanta, pa pri Plazlytu uporabljamo mikrovalovno plazmo iz mešanice kisika, vodika in argona. Tu traja celoten postopek sterilizacije 75 minut (slika 2).⁽⁷⁾

Pri obeh navedenih sistemih torej ne gre za pravo plazemsko sterilizacijo, temveč samo za uporabo plazme za detoksifikacijo. Sterilizacijo v obeh sistemih pa dosežemo s kondenzacijo par kemičnih snovi na mikroorganizmih, kar povzroči sterilizacijski učinek. Oba postopka sta razmeroma dolgotrajna in draga.

2 PLAZEMSKA STERILIZACIJA

2.1 Kaj je plazma in kako deluje?

Plazma je ioniziran plin, v katerem se poleg ionov in elektronov nahajajo tudi razni nevtralni delci, kot so atomi, molekule in radikali, ki so lahko tudi v vzbujenem stanju. Vzbujeni delci razpadajo bodisi spontano z izsevanjem fotona ali pa pri trku s delcem na površini. Pri trku s površino lahko pride do kemijske reakcije (kot npr. oksidacija) med vpadnim delcem iz plazme in delcem na površini. Rezultat te reakcije je lahko hlapna molekula, ki se desorbira s površine in izčrpa iz sistema. Fotoni, ki jih emitirajo vzbujeni delci, lahko tudi povzročijo kemijske reakcije na površini. Tu so še posebej pomembni UV-fotoni.

Plazma nastane, če se plin nahaja v električnem polju. Primer plazemskega reaktorja je prikazan na sliki 3. Električno polje pospeši elektrone, ki trkajo v molekule plina in jih ionizirajo, zato plin sveti. Zaradi pretoka plina skozi posodo, v kateri ustvarimo



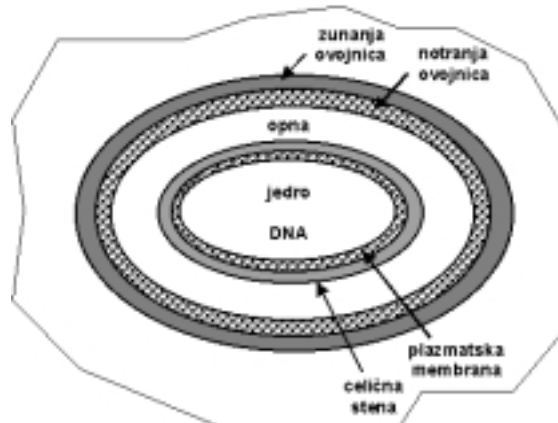
Slika 3: Primer plazemskega reaktorja

razelektritev, nastajajoči delci potujejo iz svetlečega dela plazme v drugi del posode (kjer ni električnega polja) in tam dobimo nesvetlečo plazmo (*ang. after-glow ali postglow*). Plazemska sterilizacija lahko poteka tako v svetleči kot v nesvetleči plazmi, ki vsebuje manj nabitih delcev in večinoma sestoji iz nevtralnih atomov, molekul in radikalov. Vendar ima nesvetleča plazma pri sterilizaciji določene prednosti, kot so: (1) nižja temperatura, (2) ne vsebuje ionov, zato ne pride do njihove implantacije v površinsko plast predmetov, (3) pri sterilizaciji so pomembni le nevtralni delci in (4) nesvetleča razelektritev zavzame večjo prostornino v posodi. Nizkotemperaturno plazmo lahko dobimo tako v enosmerni razelektritvi, radiofrekvenčni ali mikrovalovni plazmi.

Za sterilizacijo se lahko uporabljajo razni plini (O_2 ,⁽¹⁰⁾ N_2 ,⁽¹⁰⁾ zrak,^(11,12) H_2 ,⁽¹⁰⁾ N_2-O_2 ,⁽¹³⁾ H_2O , CO_2 ,⁽¹⁰⁾ halogeni, Ar,^(13,10) razne mešanice plinov...), čeprav niso vsi enako učinkoviti. Izkazalo se je, da so žlahtni plini najslabši. Največkrat se uporablja O_2 ali N_2-O_2 -plazma, saj kisikovi atomi radi reagirajo z ogljikovimi molekulami, iz katerih so sestavljene bakterije, poleg tega pa v N_2-O_2 -plazmi nastaja tudi metastabilna molekula NO^* , ki pri razpadu seva prav v UV-področju⁽¹⁵⁾.

2.2 Bakterije

Bakterije so majhni enocelični mikroorganizmi, sestavljeni iz jedra z DNA-molekulami, ki je obdano z



Slika 4: Shematičen prikaz zgradbe spore bakterije.⁽¹³⁾ Jedro bakterije z genetskim materialom (DNA) je zaščiteno z večplastno ovojnico, ki varuje bakterijo pred neugodnimi razmerami.

membrano, ta pa še s celično steno. V neugodnih razmerah se nekatere lahko zaprejo v spore. Takrat se bakterije zaščitijo z večplastno ovojnico, zato lahko preživijo tudi v neugodnih razmerah. Na sliki 4 je prikazana shematska zgradba spore bakterije.

Sterilizacija v plazmi poteka pod vplivom UV-žarkov in aktivnih delcev (atomi, radikali), ki nastajajo v plazmi. Do neaktivnosti bakterije oz. spore pride šele takrat, ko je material DNA tako poškodovan, da se ne more več obnoviti.⁽¹³⁾ UV-žarki in aktivni delci morajo najprej poškodovati plašč, da lahko prodrejo v notranjost bakterije in uničijo njen DNA. Da lahko zares trdimo, da plazma dovolj učinkovito uniči mikroorganizme, so potrebni preskusi z najbolj odpornimi mikroorganizmi. Po navadi se ti preskusi izvajajo z bakterijami *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus* (temperaturno najbolj odporne bakterije⁽⁴⁾) in *Escherichia coli* (črevesna bakterija).^(1,16)

2.3 Vpliv UV-žarkov

Točni fizikalno-kemijski mehanizmi, ki so odgovorni za sterilizacijo, še vedno niso natančno poznani. Nekateri avtorji zagovarjajo UV-sevanje,^(10,17) drugi pa aktivne nevtralne delce (radikale, atome, vzbujene delce).^(18,4) Po vsej verjetnosti pa gre za kombinirano delovanje obeh, saj sterilizacija samo pod vplivom UV-žarkov ali samo pod vplivom aktivnih delcev poteka znatno počasneje, kot če sta prisotna oba dejavnika.⁽¹³⁾ Še posebej pri predmetih, ki imajo kompleksno obliko, naj bi bili nevtralni delci pomembnejši, ker lahko pri UV-žarkih pride do senčenja.^(19,4)

UV-žarki povzročajo fotokemijske reakcije v genetskem materialu (DNA) bakterij in jih tako uničijo. Bakterije, ki lahko živijo v sporah, so nekoliko zaščitene pred UV-žarki. Spore lahko dosežejo velikost tudi do 1 mm v premeru,⁽²⁰⁾ zato se večina energije UV-fotonov razprši po zgornjih plasteh ovojnice in ne prodre do notranjih plasti. Vdorna globina UV-fotonov je tako omejena le na 1 μm , kar pomeni, da UV-žarki povzročajo fotokemične reakcije le v zgornjih plasteh, zato so bolj učinkoviti pri bakterijah kot pri sporah.⁽²¹⁾ Najučinkovitejši so UV-žarki z valovno dolžino v območju med 220 nm in 280 nm.^(12,15)

2.4 Vpliv kisikovih atomov

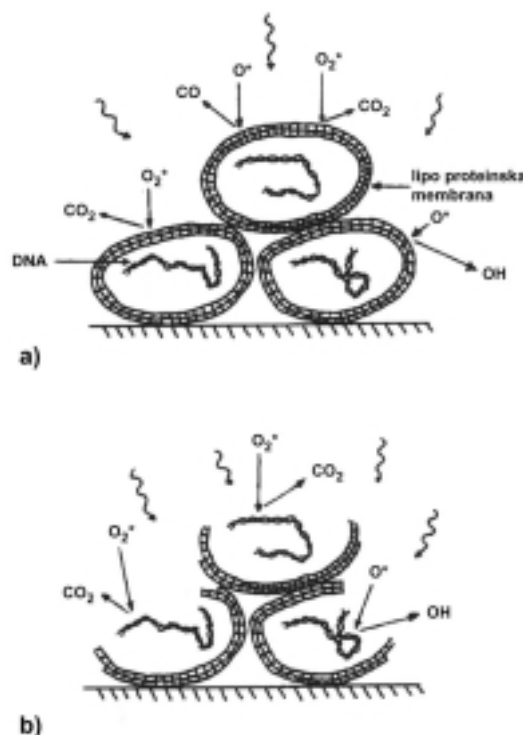
Pri sporah je zelo pomemben proces jedkanja, ki mora iti skozi več plasti plašča, opno in notranjo celično steno. Pri tem glavno vlogo igrajo kisikovi atomi, ki povzročajo erozijo mikrobnega materiala. Kisikovi atomi se adsorbirajo na površini mikro-

organizmov in reagirajo z atomi na njej, pri čemer nastajajo lahko hlapne molekule, ki se desorbirajo in odčrpajo iz sistema. Ta proces erozije površine materiala v plazmi je bolj znan kot jedkanje. V preprostem modelu si lahko mikroorganizme predstavljamo kot makromolekule, narejene iz ogljika, vodika, kisika in dušika. Pri reakciji teh elementov s kisikovimi atomi iz plazme tako nastajajo hlapne molekule, kot na primer CO, CO₂, OH, H₂O, ki zlahka zapustijo površino. UV-fotoni pa pri tem še dodatno pomagajo s cepitvijo vezi v molekulah. Proces plazemske sterilizacije je shematično prikazan na sliki 5.

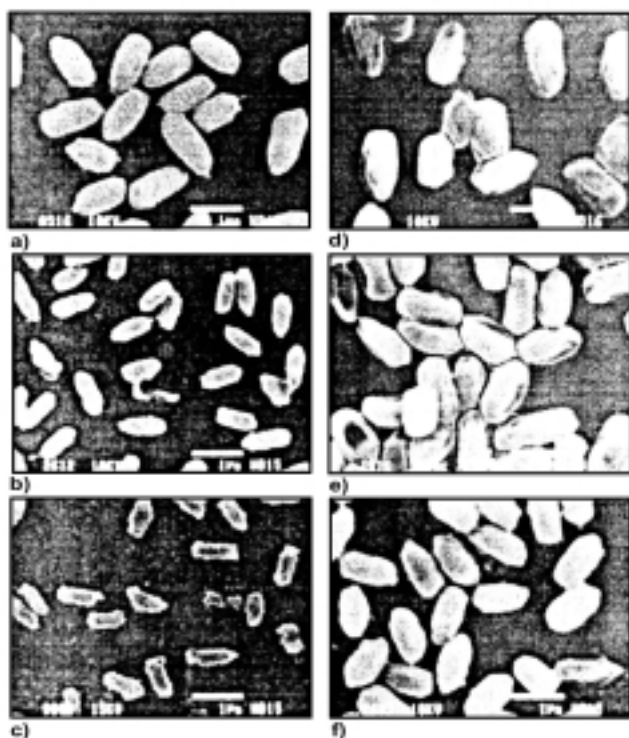
Dokaz, da v plazmi dejansko pride do jedkanja mikroorganizmov, so dali SEM-posnetki spor po različnih sterilizacijskih postopkih. Kot je razvidno s slike 6, pride pri sporah, ki so bile sterilizirane v kisikovi plazmi, do občutnega zmanjšanja njihove velikosti (slike b in c), medtem ko to pri sporah, ki so bile sterilizirane z navadnimi postopki, zmanjšanje ni opazno (slike d, e, f).

2.5 Kratek pregled stanja

Prvo poročilo o plazmi kot sterilizacijskem mediju je objavil Menashi⁽²³⁾ v svojem patentu že leta 1968. Uporabil je argonovo RF-plazmo pri normalnem zračnem tlaku, kjer je sterilizacijski učinek dosegel že v manj kot 1 s. Vendar pa je mislil, da je do sterilizacije prišlo zaradi intenzivnega gretja spor.



Slika 5: Prikaz poteka plazemske sterilizacije v kisikovi plazmi. Kisikovi atomi in UV-žarki morajo najprej razbiti ovojnico bakterije (a), da lahko prodrejo v njeno jedro in uničijo DNA (b).



Slika 6: SEM-posnetek spor *B. subtilis*: (a) neobdelane spore, (b) spore po 15-minutni sterilizaciji v čisti kisikovi plazmi, (c) spore po 15-minutni sterilizaciji v plazmi O_2/CF_4 , (d) spore po sterilizaciji v Sterradu 100S®, (e) spore, sterilizirane v avtoklavu (20 min, 121 °C) in (f) spore, sterilizirane v čistem EtO (Lerouge in drugi, 2000)

Večina prvih eksperimentov je bila narejena z žlahtnimi plini, vendar pa so kmalu ugotovili, da je hitrost sterilizacije v drugih plinih večja. Boucher-Gur je že leta 1980 v svojem patentu predložil, da glavno vlogo igrajo UV-fotoni, vendar je kasneje to zavrnil zaradi njihove premajhne vdorne globine.⁽²¹⁾ Sedanje raziskave kažejo, da lahko tako UV-žarki kot samo radikali sterilizirajo. Khomich je pokazal, da nabiti delci (ioni in elektroni) ne igrajo vloge pri sterilizaciji.^(10,11) Soloshenko je opazil, da sterilizacijski čas ni odvisen od tlaka, temveč samo od moči plazme in pada z naraščajočo močjo.⁽²⁴⁾

Plazemska sterilizacija sedaj še poteka le v laboratorijih, kjer so že razvili prve primere sterilizatorjev. Kot zelo uspešen se je izkazal plazemski sterilizacijski reaktor OAUGDP (ang. *One Atmosphere Uniform Glow Discharge Plasma*), na Univerzi v Tennesseeju (ZDA), ki ima veliko možnosti, da se bo kmalu pojavil tudi na trgu. Gre za reaktor, kjer ustvarijo RF-plazmo med dvema ploščatima elektrodama v zraku pri atmosferskem tlaku, zato ima ta sistem prednost, ker ne potrebuje posebnega vakuumskega sistema. V reaktorju ustvarijo prisilno konvekcijo (kroženje zraka), zato da aktivni delci iz plazme dosežejo vse dele posode, kjer se nahajajo predmeti, ki niso direktno izpostavljeni plazmi. Sistem je izredno

preprost in poceni. Ta reaktor je bil že uspešno preskušen z različnimi vrstami bakterij na različnih predmetih (tabela 1).^(11,26)

Druga skupina, ki se ukvarja s plazemsko sterilizacijo, pa prihaja z Univerze v Montrealu, Kanada.^(15,27) Ti uporabljajo N_2-O_2 -plazmo, za katero so ugotovili, da mora biti delež kisika manjši od 2 %. Takrat nastane najmočnejše UV-sevanje v območju 250 nm – 320 nm (zaradi vzbujenih molekul NO^* , ki nastajajo v plazmi) in vodi do neposrednega razkroja DNA, zato je hitrost sterilizacije takrat največja. Naj še omenimo, da nastane maksimalna koncentracija kisikovih atomov šele pri 12-odstotnem deležu O_2 v mešanici, vendar so ugotovili, da je čas, potreben za sterilizacijo pri teh pogojih, daljši. Iz tega so ugotovili, da igrajo odločilno vlogo UV-fotoni.

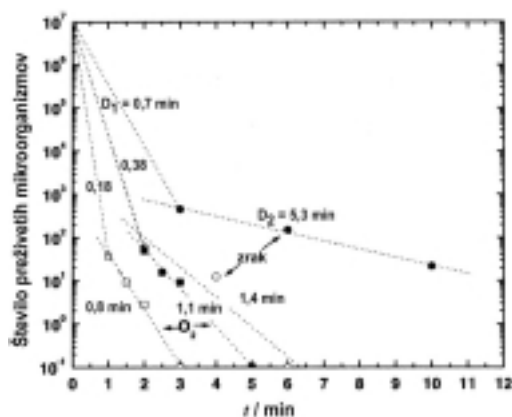
2.6 Krivulja preživetja

Učinkovitost sterilizacije nam opisuje krivulja preživetja (ang. *survival curve*), ki prikazuje logaritem števila preživelih bakterij kot funkcijo časa izpostave. Naklon krivulje je določen s časom D , ki je potreben, da se populacija mikroorganizmov zmanjša za faktor 10 (90 %).⁽¹⁾ Od začetne koncentracije N_0 je število preživelih bakterij po času t določeno z⁽⁷⁾:

$$\log\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = -\frac{t}{D}$$

Vedno obstaja verjetnost, da mikroorganizem preživi, ne glede na to, kako "močna" je sterilizacija. Po evropskem standardu EN 556 mora biti S. A. L. (ang. *Sterilization Assurance Level*) pod -6 , kar pomeni, da od 10^6 steriliziranih bakterij preživi največ ena.

Na sliki 7 je prikazano, kako je število preživetih spor odvisno od pogojev sterilizacije. Ta se nekoliko razlikuje od krivulje, ki jo dobimo pri navadnih



Slika 7: Število preživetih spor *B. Subtilis* (po sterilizaciji v kisikovi plazmi), ki so bile izpostavljene prvič samo UV-sevanju (prazni simboli) in drugič samo nevtralnimi aktivnim delcem (polni simboli).⁽²⁴⁾

Tabela 1: Rezultati plazemske sterilizacije različnih bakterij na različnih predmetih v plazemskem reaktorju OAUGDP.⁽²⁶⁾

Vrsta mikroorganizmov (koncentracija)	Površina	Čas izpostave	Faktor zmanjšanja št. mikroorganizmov	vrednost D
Bakterija				
<i>E. Coli</i> (7×10^6)	polipropilen	30 s	$\geq 10^5$	$D_1 = 6$ s, $D_2 = 2$ s
<i>E. Coli</i> (1×10^6)	steklo	70 s	$\geq 10^5$	$D_1 = 33$ s, $D_2 = 10$ s
<i>E. Coli</i> (8×10^7)	agar	5 min	$\geq 10^6$	$D_1 = 70$ s, $D_2 = 17$ s
<i>S. Aureus</i> (1×10^7)	polipropilen	60 s	$\geq 10^6$	$D_1 = 7$ s, $D_2 = 2$ s
<i>S. Aureus</i> (1×10^6)	papirnat filter	30 s	$\geq 10^5$	/
<i>P. Aeruginosa</i> (2×10^7)	polipropilen	30 s	$\geq 10^6$	/
Endospora				
<i>B. Pumilus Spores</i> (1×10^6)	papirnat trak	3 min	$\geq 10^5$	$D_1 = 1,8$ min, $D_2 = 12$ s
<i>B. Niger Spores</i> (1×10^6)	papirnat trak	5,5 min	$\geq 10^5$	$D_1 = 5,5$ min, $D_2 = 12$ s
Gljiva				
<i>S. Cerevisiae</i> ($1,5 \times 10^6$)	steklo	5 min	$\geq 10^5$	$D_1 = 3$ min, $D_2 = 30$ s
<i>C. Albicans</i> ($1,5 \times 10^6$)	steklo	3,5 min	$\geq 10^5$	$D_1 = 2,1$ min, $D_2 = 30$ s
Virus				
<i>Bacteriophage Phi X 174</i> ($2,5 \times 10^7$)	steklo	15 min	$\geq 10^6$	$D_1 = 6,8$ min, $D_2 = 1,2$ min

sterilizacijskih postopkih.⁽²⁶⁾ Pri zadnjih postopkih dobimo ravno črto, ki kaže na enakomerno ubijanje bakterij s časom, medtem ko pri plazemski sterilizaciji dobimo črto, ki je sestavljena iz dveh (slika 7) ali celo treh segmentov, kar kaže na to, da poteka v plazmi več različnih procesov, ki potekajo različno hitro. Začetek je hiter (majhen D) – predvidevajo, da takrat verjetno pride do uničenja vrhnjega sloja bakterij zaradi UV-sevanja, temu pa sledi počasen proces (velik D), ko pride do erozije zgornjih mrtvih bakterij, ki prekrivajo žive.^(1,17)

Plazemska sterilizacija poteka v primerjavi s klasičnimi metodami dokaj hitro. Čas, potreben za sterilizacijo, je odvisen od tega, kakšno plazmo uporabimo, od oblike predmetov in od tega, ali so predmeti zapakirani. Značilni časi trajajo od nekaj sekund do nekaj minut. V tabeli 1 so zbrani podatki o časih, potrebnih za sterilizacijo različnih predmetov, ki so bili kontaminirani z različnimi bakterijami.

Pri plazemskih sterilizatorjih moramo paziti, da so aktivni delci enakomerno razporejeni po sterilizatorju, zato da lahko neovirano dosežejo predmet, ki ga steriliziramo.

3 SKLEPI

Plazemska sterilizacija je nova metoda, ki je namenjena za sterilizacijo raznih predmetov, ki ne prenesejo visoke temperature. Sedaj poteka še na eksperimentalnem nivoju, se pa v prihodnosti obetajo ogromne možnosti njene uporabe v medicini in prehranski industriji. Verjetno lahko že kmalu pričakujemo pojav prvih sterilizatorjev na trgu.

Prednost plazme pred navadnimi postopki je poleg že omenjene nizke temperature še ekološka neoporečnost. Postopek je človeku neškodljiv in cenejši.

Prednost pa je tudi v tem, da plazma ne samo ubije bakterije, ampak tudi odstrani mrtve bakterije iz predmetov, ki jih steriliziramo. Čas, potreben za sterilizacijo, je odvisen od tega, kakšno plazmo uporabimo in od oblike predmetov. Tipični časi trajajo od nekaj sekund do nekaj minut, kar je bistveno manj kot pri Sterradu® in Plazlytu®, kjer traja postopek najmanj eno uro.


Sterilizacija v plazmi poteka pod vplivom treh mehanizmov:

- 1) Uničenje genetskega materiala mikroorganizmov zaradi UV-žarkov
- 2) Erozijska mikroorganizmov zaradi fotodesorpcije. UV-fotoni razbijajo kemične vezi v materialu mikroorganizma, kar privede do tvorjenja in desorpcije hlapnih komponent (CO , CH_x).
- 3) Erozijska mikroorganizmov zaradi jedkanja, ki je posledica adsorpcije aktivnih delcev iz plazme (atomi, radikali, vzbujeni delci) na mikroorganizmu, kar privede do kemične reakcije in prav tako do tvorbe lahko hlapnih molekul. Tako pride do razgradnje mikroorganizma.

4 LITERATURA

- ¹M. Moisan, J. Barbeau, S. Moreau, J. Pelletier, M. Tabrizian, L'H. Yahia, *Int. J. Pharm.* **226** (2001), 1-21
- ²M. Mozetič, P. Panjan, *Vakuumist.* **20** (2000), 1, 9-11
- ³M. Mozetič, T. Mozetič, P. Panjan, *Vakuumist.* **21** (2001), 3, 11-13
- ⁴T. T. Chau, K. C. Kao, G. Blank, F. Madrid, *Biomaterials.* **17** (1996), 1273-1277
- ⁵S. Cariou-Travers, J. C. Darbord, *Vide-Sci. Tech. Applic.* **56** (2001), 34-46
- ⁶M. C. Krebs, P. Becasse, D. Verjat, J. C. Darbord, *Int. J. Pharm.* **160** (1998), 75-81
- ⁷S. Cariou, J. C. Darbord, *Proc. 12th Int. Colloquium on Plasma Processes (CIP)*. Antibes, Francija, (1999), 185-188
- ⁸P. Jacobs, R. Kowatsch, *Endosc. Surg.*, **1** (1993), 57-58

- ⁹S. Crow, J. H. Smith, *Infect. Cont. Hosp. Epidemiol.*, **16** (1995), 483-487
- ¹⁰V. A. Khomich, I. A. Soloshenko, V. V. Tsiolko, I. L. Mikhno, *Proc. Conf. on Contr. Fusion and Plasma Physics.*, Praha, **22** (1998), 2745-2748
- ¹¹R. B. Gadri, J. Reece Roth, T. C. Montie, K. Kelly-Wintenberg, P. Tsai, D. J. Helfritsch, P. Feldman, D. M. Sherman, F. Karakaya, Z. Chen, *Surf. Coat. Technol.* **131** (2000), 528-542
- ¹²M. Laroussi, F. Leipold, *14th Int. Colloquium on Plasma Processes (CIP)*. Antibes, Francija, (2003), 107-113
- ¹³S. Moreau, M. Moisan, M. Tabrizian, J. Barbeau, J. Pelletier, A. Ricard, L'H. Yahia, *J. Appl. Phys.* **88** (2000), 2, 1166-1174
- ¹⁴R. M. Boucher Gut, *Med. Device Diagnost. Indust.* **7** (1985), 51-56
- ¹⁵M. Moisan, J. Barbeau, J. Pelletier, N. Philip, B. Saoudi, *13th Int. Colloquium on Plasma Processes (CIP)*. Antibes, France, (2001), 12-18
- ¹⁶www.epa.gov., 15.9.2003
- ¹⁷M. Moisan, B. Saoudi, E. Fafard, M.-C. Crevier, N. Philip, J. Pelletier, J. Barbeau, *14th Int. Colloquium on Plasma Processes (CIP)*. Antibes, Francija, (2003), 27-31
- ¹⁸I. A. Soloshenko, V. V. Tsiolko, V. A. Khomich, A. I. Shchedrin, A. V. Ryabtsev, V. Y. Bazhenov, I. L. Mikhno, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **30** (2002), 4, 1440-1444
- ¹⁹I. A. Soloshenko, V. V. Tsiolko, V. A. Khomich, A. I. Shchedrin, A. V. Ryabtsev, V. Y. Bazhenov, I. L. Mikhno, *Plasma Phys. Rep.*, **26** (2000), 9, 792-800
- ²⁰www.microbeworld.org, 15.9.2003
- ²¹R. M. Boucher Gut, *US Patent*. No. 4.207.286, 1980
- ²²S. Lerouge, M. R. Wertheimer, R. Marchand, M. Tabrizian, L. H. Yahia, *J. Biomed. Mater. Res.*, **51** (2000), 1, 128-135
- ²³W. P. Menashi, *US Patent*, No. 3.383.163, 1968
- ²⁴I. A. Soloshenko, V. A. Khomich, V. V. Tsiolko, I. L. Mikhno, A. I. Shchedrin, A. V. Ryabtsev, *Proc. 14th Int. Symp. on Plasma Chem.*, Praga, (1999)
- ²⁵J. R. Roth, *US Patent*, No. 5.414.324, 1995
- ²⁶K. Kelly-Wintenberg, A. Hodge, T. C. Montie, L. Deleanu, D. Sherman, J. Reece Roth, P. Tsai, L. Wadsworth, *J. Vac. Sci. Technol. A* **17** (1999), 4, 1539-1544
- ²⁷N. Philip, B. Saoudi, J. Barbeau, M. Moisan, J. Pelletier, *13th Int. Colloquium on Plasma Processes (CIP)*. Antibes, France, (2001), 245-247




Vacutech

MEDICINSKA OPREMA

Smo relativno mlado podjetje, vendar imajo naši strokovnjaki dolgoletne izkušnje v razvoju in izdelavi vakuumskih sistemov in komponent za uporabo v medicini. Naše znanje nam omogoča stalno izboljševanje zasnove in tehnologije izdelave naših proizvodov. Vacutech, d.o.o. je član Tehnološkega parka Ljubljana, kar nam omogoča večjo prilagodljivost zahtevam tržišča in še povečuje razvojno-raziskovalne možnosti podjetja. Naš proizvodni program obsega izdelavo:

- vakuumskih aspiratorjev,
- inhalatorjev,
- odvzemnikov materinega mleka.



Naše naprave so namenjene uporabi v bolnišnicah in zdravstvenih domovih, kot tudi pri domači negi. Njihova zasnova zagotavlja preprosto uporabo in upošteva mednarodne standarde ter zahteve medicinske in vakuumske tehnike.

KJE SMO

Vacutech d.o.o.,
Teslova 30,
1000 Ljubljana

tel.: 01/477 66 55
fax: 01/477 66 70
url: www.vacutech.si
e-pošta: info@vacutech.si

VAKUUMSKA TEHNIKA

Vacutech je eno izmed redkih, če ne celo edino slovensko podjetje, ki se ukvarja z razvojem in serijsko proizvodnjo visokovakuumskih sistemov in komponent. Zaradi malega števila podjetij v Sloveniji, ki uporabljajo vakuumsko tehniko, je naša orientacija predvsem tuje tržišče. Ker smo relativno mlado podjetje, naš program trenutno obsega razvoj in proizvodnjo:


- oljnodifuzijskih črpalk,
- vakuumskih veznih elementov,
- vakuumskih komor,
- kotnih ventilov in stikal.



Pripravljamo pa že proizvodnjo vakuumskih ploščnih ventilov. Naši proizvodi so narejeni v skladu z ultra- in visokovakuumskimi zahtevami ter mednarodnimi vakuumskimi standardi in predpisi. Konstantno izboljševanje zasnove in tehnologije izdelave naše izdelke uvršča ob bok izdelkom ostalih svetovnih proizvajalcev vakuumskih komponent.

SMO ČLANI

Vacutech je član
Tehnološkega parka
Ljubljana



LJUBLJANSKI IZUMITELJ CODELLI (ob 50-letnici smrti)

Dr. Stanislav Južnič

University of Oklahoma, Norman, Oklahoma, ZDA

POVZETEK

Ob petdesetletnici Codellijeve smrti smo opisali njegovo raziskovanje televizije. Pokazali smo, kako se je zahtevam ameriškega trga skušal prilagoditi z elektronsko inačico svojega sistema. Na kratko smo povzeli druge Codellijeve izume.

The Inventor Codelli of Ljubljana

ABSTRACT

On 50th anniversary of Codelli's death his research on the early television was described. His work on electronic television for the American market was analysed. Other Codelli's inventions were mentioned.

1 UVOD

Dne 26. 4. 2004 bo minilo pol stoletja, odkar je v tujini za vekomaj zatisnil oči največji ljubljanski izumitelj Anton Codelli.¹ Kranjci ga nismo pozabili: njegovo nekdanjo posest na vzhodu Ljubljane še vedno imenujemo Kodeljevo, decembra 1995 pa smo na njegovi nekdanji graščini odkrili spominsko ploščo.

Naš junak je bil rojen v kranjski plemiški družini italijanskega rodu. 20. 2. 1700 so njegovi goriški predniki kupili Turn ob Ljubljani na Kodeljevem. Kranjci so jih hitro sprejeli medse in izumiteljevega pradedca, barona Antona Franca Codellija (1753-1832), izbrali za ljubljanskega župana.

Izumiteljev oče² se je poročil s svojo sestrično Tauffererjevo.³ Po njej pa je izumitelj Codelli bržkone podedoval svojo tehniško žilico. Tauffererji so bili pomembna kranjska družina, ki je dala več vidnih uradnikov, častnikov in duhovnikov, med slednjimi dva pisatelja slovenskih nabožnih knjig. Kot nižji rimsko-nemški plemiči so bili v 16. stoletju patriciji v Augsburgu. V drugi polovici 16. stoletja so prišli na Kranjsko, podobno kot plemiči Langenmantli z graščine Kostel.

Tauffererji so dali mogočen pečat ljubljanskemu šolstvu in znanosti. Prednik Codellijeve matere, baron Maksimiljan,⁴ je bil sodelavec ljubljanskega profesorja matematike Stainerja⁵ pri izpitu na ljubljanskem kolegiju leta 1716. V svoji knjižnici je imel številna dela o matematičnih vedah. Bil je starejši brat cistercijanca Janeza Vajkarda brata, pozneje patra Aleksandra,⁶ ki je leta 1737 postal kostanjeviški opat in goriški arhidiacon, bil pa je tudi član Dizmove bratovščine kranjskih plemičev.⁷ Aleksander je študiral zadnji letnik filozofije pri profesorju Mayru⁸ leta 1722 in zapisal njegova predavanja iz splošne in posebne fizike v Ljubljani. V splošni fiziki je opisal sifon in druge naprave za črpanje vode.⁹ V poglavju o streli je opisal neurji na Dunaju in v Ljubljani.¹⁰ V poglavju o vakuumu je posebej kritiziral Magnija.¹¹ Zagovarjal je Linusovo¹² teorijo o parah živega srebra nad stolpom v barometru, čeprav je priznaval težo zraka. Obravnaval je tudi termometre in higrometre.¹³

V posebni fiziki je v razpravi o Svetu in vesolju opisal in narisal sisteme Ptolomeja, Kopernika in jezuita Ricciolija.¹⁴ Riccioli si je zamislil vrtenje treh planetov: Merkurja, Venere in Marsa okoli Sonca, medtem ko so imele orbite Sonca, Saturna, Jupitra ter zvezd stalnic središče v Zemlji. Nasprotno od Braheja je tako obdržal Ptolomejevo vrtenje Saturna in Jupitra okoli Zemlje.

Aleksander je tekoče in trdne snovi opisal ločeno od pojavov redčenja in kondenzacije.¹⁵ V diskusiji o elementih je opisal tudi ogenj kot poseben element.¹⁶ Zadnji del posebne fizike je bil po tedanji navadi posvečen področjem, ki danes spadajo v biologijo in psihologijo: fosilom, duši, živim telesom in vzrokom za delovanje življenjske sile.¹⁷ Pri posebni fiziki ni obravnaval vakuumu.

¹ Anton III. baron Codelli pl. Fahrenfeld (22. 3. 1875 Neapelj; † 26. 4. 1954 Porto Ronco pri Asconi).

² Baron Karel Jožef Codelli (* 1846 Milano; † 1878 Pulj).

³ Baronica Rozalija Taufferer (* 1852 Turn pri Višnji Gori; † 1938 Turn pri Višnji Gori).

⁴ Maksimiljan Anton Taufferer (* 1698; † 1758).

⁵ Sebastijan Staner (* 2. 7. 1679 Wels; SJ 9.10.1696; † 12. 6. 1748 Gradec).

⁶ Aleksander Tauffer (Janez Vajkard pater Aleksander Taufferer (* 12. 1. 1703 Ljubljana; † 22. 4. 1760 Kostanjevica).

⁷ Bučar, 1998, 412-413.

⁸ Janez Krstnik Mayr (* 17. 6. 1686 Tirolska; † 6. 12. 1748 Ljubljana).

⁹ Mayr, 1722a, 168b.

¹⁰ Mayr, 1722a, 181a, 181b, 185b.

¹¹ Valeriano Magni (Magnani, * 1586 Milano; † 1679).

¹² Franciscus Linus (Hall, * 1595; † 1675).

¹³ Mayr, 1722a, 166b (poglavje 443), 168a (poglavje 447).

¹⁴ Mayr, 1722b, 12a-12b, 15a.

¹⁵ Mayr, 1722b, 26a, 97a.

¹⁶ Mayr, 1722b, 105b-197b.

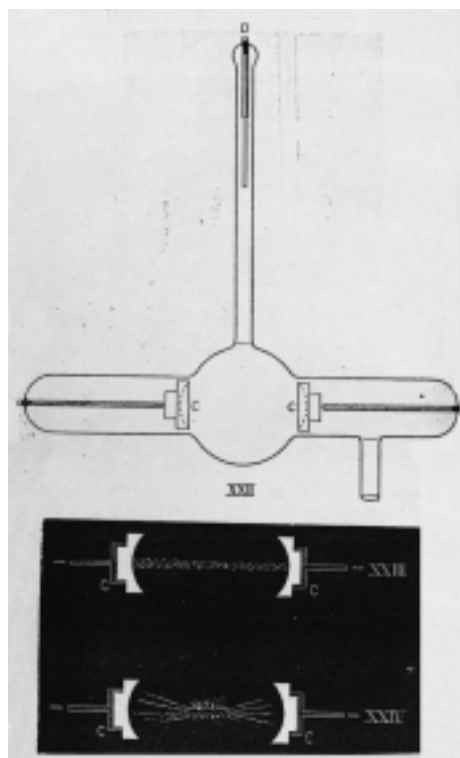
¹⁷ Mayr, 1722b, 143a, 148, 158a.

Maksimilijan Taufferer je bil že od leta 1709 lastnik gospostva Novi grad v Peščeniku. Njegov ekslibris najdemo tudi v knjigah, ki so pozneje postale del licejske knjižnice v Ljubljani.¹⁸ Bil je sin Mark Antona Tauffererja in brat soproge grofa Antona Krištofa Dinzla pl. Angerburga († 1727). Nečaka Antona Krištofa sta bila Ignacij Dinzl in Anton Erberg, oba rektorja ljubljanskega kolegija. Prvi je bil sin njegovega brata Franca Benedikta Dinzla pl. Angerburga, drugi pa sestre Suzane Margarete Dinzl pl. Angerburg.¹⁹

Mark Taufferer je izplačal dediščino svojemu bratu jezuitu Sigfriedu Tauffererju. Sigfried je denar 29. 10. 1721 podaril za dokončanje oltarja sv. Frančiška Ksaverija pri sv. Jakobu v Ljubljani.²⁰ Prvi od dvanajstih otrok Marka Tauffererja je bil ljubljanski profesor fizike na višjih študijih, Inocenc Taufferer.²¹ Inocenc se je zanimal za vakuumske poskuse in je dal leta 1760 v Ljubljani ponatisniti Mairanovo knjigo o vzrokih za nihanje gladine živega srebra v barometru z lastnimi izpitnimi tezami. Pet let pozneje je objavil nemški priročnik za računanje. Inocencov nečak je bil častnik, podjetnik in revolucionar jakobinec, Janez.²² Ker se je pridružil sovražni francoski vojski, ga je dvorni vojni svet na Dunaju po terezijanskem kazenskem zakoniku obsodil na smrt zaradi žalitve cesarja in veleizdaje. Kazen so izvršili v tajnosti, tako da mu njegovi vplivni sorodniki niso mogli dovolj urno priskočiti na pomoč.

2 CODELLIJEVA TELEVIZIJA PRED PRVO SVETOVNO VOJNO

Praded izumitelja Codellija je bil nečak jakobinca Janeza. Tako je izumitelj Codelli po materi podedoval nagnjenje k matematičnim in tehničkim vedam. Po šolanju v Ljubljani je maturiral leta 1894 na elitni Terezijanski akademiji na Dunaju. Sledil je zgledu pokojnega očeta in stopil v avstrijsko vojno mornarico; vendar jo je leta 1897 zapustil in kratek čas študiral pravo na Dunaju. Ni si pridobil zvenečih akademskih naslovov, kljub temu pa se je kot plemič lahko popolnoma posvetil tehničkim izumom. Veliko je bral in se navdušil nad prihodnostjo gledanja na daljavo, ki jo je tedaj opisoval na Škotskem rojeni inženir Swinton.²³ Swinton je bil direktor industrijskih podjetij v Londonu, kjer se je ukvarjal predvsem z nameščanjem električne razsvetljave. Po Röntgenovem odkritju je med letoma 1896 in 1899 s posre-



Slika 1: Swintonova katodna elektronka s konkavnima katodama iz oglja (Swinton, Alan Archibald. 1. 3. 1897. Some Experiments with Cathode Rays, Proc.Roy.Soc.London. 61: 94)

dovanjem Kelvina²⁴ pri londonski Kraljevi družbi objavljaj raziskovanja katodne elektronke. Kelvinovo posredovanje je bilo nujno, ker so Swintona šele dve desetletji pozneje sprejeli med člane Kraljeve družbe. 27. 2. 1897 je Swinton potrdil, da rentgenski žarki izhajajo iz območja zelene luminiscence stekla katodne elektronke in raziskal katodoluminiscenco ogljika. Dvanajst dni po Braunovem prvem opisu odkritja katodne elektronke kot osciloskopa, 15. 2. 1897, je Swinton 27. 2. 1897 preko Kelvina dostavil kraljevi družbi poskuse s podobno katodno elektronko z luminiscenčnim zaslonom, ne da bi poznal Braunove dosežke.

Dne 22. 6. 1906 je opisal barvanje katode z radioaktivnim radijem, ki zmanjša tok, potreben za razelektritev Wehneltove katodne elektronke.

Swinton še ni poznal fotoelektričnega pojava za oddajnik velike hitrosti in ojačitve, ki je bila nujna za televizijo. Leta 1908 je odgovoril na razpravo v Nature o televizijskem sistemu Francoza M. Armegauda in predložil uporabo katodne elektronke. Kot predsedujoči Röntgenove družbe v Angliji je 7. 11. 1911

¹⁸ Pivec-Stele, 1969, 112.

¹⁹ Kovačič, 1998, 57; Smole, 1982, 599.

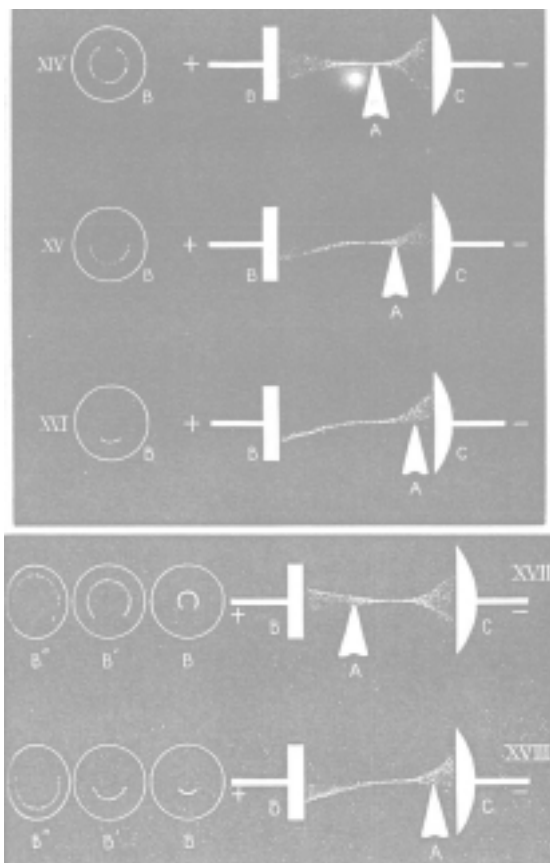
²⁰ Kovačič, Tretji dan 2002, 117.

²¹ Inocenc Taufferer (* 19. 1. 1722 Turn pri Višnji gori; † 14. 1. 1794 Ljubljana).

²² Janez Siegfried Her(i)bert Taufferer (23. 12. 1750; † 24. 5. 1796 Dunaj).

²³ Alan Archibald Campbell Swinton (* 1863 Edinburgh; † 1930).

²⁴ William Thomson lord Kelvin (* 26. 6. 1824 Belfast; † 17. 12. 1907 Largs).



Slika 2: Swintonovi poskusi na luminiscenčnem zaslonu katodne elektronke (Swinton, Alan Archibald Campbell. 1. 3. 1897. Some Experiments with Cathode Rays, Proc.Roy.Soc.London. 61: 89)

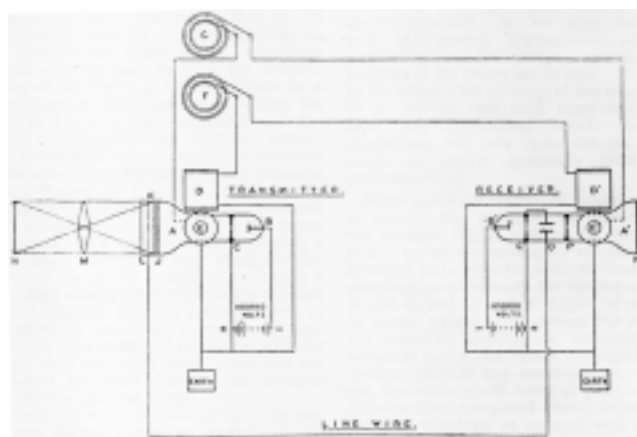
opisal zaslon oddajnika iz majhnih kock rubidija kot samostojnih fotocelic v vakuumski posodi s fotoobčutljivo natrijevo paro.²⁵ Do leta 1926 je v lastnem laboratoriju v Londonu brez uspeha preizkušal takšne mozaične fotoelemente.

Septembra 1921 je v predavanju pred BAAS opisal sprejemanje radijskih signalov z Eiffelovega stolpa v svojem laboratoriju v Londonu. Rezultate podobnih meritev v Strasbourgu je 6. 12. 1913 objavil Braun. 26. 3. 1924 je Swinton pred Kraljevo družbo v Londonu prebral razpravo o možnostih žične in brezžične televizije. Namesto množice vodnikov, ki prenašajo posamezne elemente mozaika osvetljene slike po vzoru na svetlobno občutljive živce v očesu, je načrtoval le tri vodnike in ozemljitev. Oddajnik in sprejemnik sta bili Crookesovi katodni elektroni s preluknjano anodo. Pri napetosti 100 kV naj bi fluorescenčni zaslon zasvetil vsako desetinko sekunde.

Swintonov model televizije ni bil nikoli sestavljen, odigral pa je podobno vlogo kot starejši Babbagejev²⁶



Slika 3: Fotografija Campbella Swintona (Fisher, 1996, za stranjo 236)



Slika 4: Swintonov televizijski sistem s katodnimi elektronkami iz leta 1911 (Swinton, Alan Archibald Campbell. 9. 4. 1924. The Possibilities of Television, Wireless Word and Radio Review. 54)

računalnik. Swintonove ideje so se uveljavile šele v naslednjem desetletju, saj se velika podjetja zanje sprva niso zanimala. Drugi raziskovalci so v različnih državah do novembra 1925 razvili še šest modelov slikovne elektronke za televizijo.²⁷ Kljub temu je Swintonov rojak, Škot Baird,²⁸ s svojo prvo izključno televiziji posvečeno družbo Television Limited do odločitve britanske komisije 13. 2. 1937 dokaj uspešno kljuboval elektronski televiziji.

Codellijevo navdušenje nad tehničkim napredkom ga je kmalu zapeljalo med izumitelje. Leta 1906 je opravil šestmesečni strokovni tehniški tečaj pri Telefunknu v Berlinu. Že naslednje leto je začel sodelovati s tehničnim direktorjem grofom Arcom.²⁹

Arco je četrto stoletje usmerjal Codellijevo raziskovanje pri Telefunknu. Oba sta izšla iz visokega

²⁵ Fritz Georg Ernst Schröter (* 12. 12. 1886 Berlin; † 10. 11. 1973 Ulm), 1932, 61; Swift, 1950, 82-83.

²⁶ Charles Babbage (* 1792 Teignmouth; † 1871 London).

²⁷ Barancev, Urvalov, 1986, 131.

²⁸ John Logie Baird (* 1888; † 1946), 1925, 535.

plemstva slovanskih dežel, vendar se je Arco veliko bolj načrtno izobrazil. Po končani humanistični gimnaziji v Wroclawu (Breslau) je Arco dva semestra študiral matematiko in fiziko v Berlinu pri von Helmholtzu.³⁰ Helmholtz je bil najboljši naslov za mladega elektrotehnikarja, saj je Helmholtzov nekdanji študent Hertz³¹ pravkar odkril elektromagnetno valovanje. Nekaj časa je Arco služboval kot aktivni oficir, nato pa je leta 1893 začel študirati strojništvo pri Slabyu in A. Riederju. Doktoriral je v Strasbourgu, kjer je Braun³² prav tedaj pripravljaval izum katodne elektronke. Nato je Arco med letoma 1896 in 1898 asistiral pri Slabyu.³³ Slaby je bil profesor elektrotehnike na Visoki tehniški šoli v Charlottenburgu. 27. 8. 1897 sta Slaby in Arco v aleji Schwanen v Berlinu opravila prvi poskus brezžičnega radijskega prenosa zvoka, medtem ko se je Codelli tedaj še preizkušal s študijem prava.

Braun je bil še aprila 1888 skeptičen do valov Hertza, ki mu je pozimi 1884 prepustil svoj dobro opremljeni laboratorij na Visoki tehniški šoli v Karlsruheju. Podobno je kot nemogočo fantazijo jezno zavračal uporabo svoje katodne elektronke v televiziji, ki sta jo patentirala njegova asistenta Dieckmann³⁴ in Glage³⁵ 12. 9. 1906 v Strasbourgu. Mnenja o televiziji Braun ni nikoli spremenil, saj ni doživel njenega razcveta; zato pa je svoje zavračanje brezžične telegrafije s Hertzovimi valovi kmalu opustil. Po vrnitvi iz Amerike konec leta 1897 je skupaj s podjetniki iz Strasbourga ustanovil Telebraun za trženje Hertzove brezžične telegrafije. Decembra 1900 so se združili s podjetjem Siemens in Halske. Da bi lahko konkurirali Marconiju, je nemški cesar 27. 5. 1903 ukazal združitev Braun-Siemensovega podjetja z AEG, ki sta ga vodila Slaby in Arco. Nastala je izjemno uspešna Gesellschaft für drahtlose Telegraphie mbH (Telefunken) s tehničnim direktorjem Arcom. Arco je, nasprotno od Slabya, ostal vseskozi velik Braunov prijatelj. Braun je celo uredil, da so Arcu podelili častni doktorat na univerzi v Strasbourgu. V času Codellijevih televizijskih patentov se je Arco leta 1930 upokojil in deset let pozneje umrl v Berlinu.

3 RUSKA TELEVIZIJA V ZDA

Codelli je vstopil v svet televizije ravno v času, ko je postala novost priznana in je v Ameriki že dobila



Slika 5: Fotografija Maxa Dieckmanna (Fisher, 1996, za stranjo 236)

ime. Besedo televizija je skoval Rus Konstantin Perskyi med pripravami za Mednarodni kongres elektrike, ki je bil del Pariške razstave leta 1900. Bil je član Tehnološkega instituta iz St. Petersburga, kjer sta pozneje delala Rosing in Zworykin. Naziv so sprejeli, ko ga je uporabil Hugo Gernsback, izdajatelj vodilne ameriške radijske revije Radio News, v razpravi "Television and the Telephot", ki je bila tiskana decembra 1909 v Modern Electrics. Gernsback je pozneje ustanovil podjetje Gernsback Inc., ki je izdajalo revijo Radio-Electronics, leta 1993 preimenovano v Electronics Now.³⁶

Leta 1890 je Stephen napravo, podobno Nipkowemu "Elektrisches Teleskop" imenoval "Elektrischer Fernseher". Naslednje leto je E. Liesegang objavil knjigo "Beiträge zum elektrischen Fernsehen". Slovenci pod vplivom nemškega Fernsehen nismo dolgo uporabljali naziv "gledanje na daljavo" ali "daljnazor", saj je s politično prevlado prenehal tudi nemški jezikovni vpliv v Jugoslaviji. Ko je v tridesetih letih prevladala ameriška elektronska televizija, se je 4. 5. 1930 v Ilustriranem Slovencu že uporabljal izraz televizija.

Dne 12. 1. 1908 je Codelli opisal skeniranje televizijske slike z zrcali Wehneltovega valja z uporabo selenovih celic. Arco se je posvetoval s sodelavcem J. Schoemlichom³⁷ in 28. 1. 1908 odgovoril, da je selen premalo občutljiv za svetlobo. Ne bi mogel slediti hitrim spremembam svetlobe, zato bi bila dobljena slika premalo ostra.³⁸

²⁹ Grof Georg Wilhelm Alexander Hans Arco (* 30. 8. 1869 Zgornja Šlezija; † 5. 5. 1940).

³⁰ Hermann von Helmholtz (* 1822 Potsdam; † 1894 Charlottenburg pri Berlinu).

³¹ Heinrich Rudolf Hertz (* 22. 2. 1857 Hamburg; † 1. 1. 1894 Bonn).

³² Karl Ferdinand Braun (* 6. 6. 1850 Fulda; † 20. 4. 1918 New York).

³³ Adolf Carl Heinrich Slaby (* 18. 4. 1848; † 6. 4. 1913).

³⁴ Max Dieckmann (*1882 Leipzig).

³⁵ Gustav Glage.

³⁶ Martin Clifford, Scanning early TV, Electronics Now, July 1995, 74; Fisher, 1996, 29, 45, 92.

Codelli je preko Arca obveščal Telefunken o možnostih za prodor njihovih izboljšanih kondenzatorjev, namesto avstrijskih Sveticsovih, na avstrijski trg in še posebej v mornarico. Dogovarjal se je tudi, da bi sam opravljal dela za podružnico podjetja Siemens & Halske na Dunaju, ki je bila tesno povezana s Telefunkom.³⁹ 23. 4. 1908 je Arco poslal Codelliju najnovejši izum ojačevalnika fotografije po Loeweju⁴⁰ in Schoemlichovo napravo za hkratno branje in fotografiranje. Codelli se mu je za poslani fotografski trak zahvalil v naslednjem nedatiranem pismu.⁴¹

V začetku leta 1910 je Codelli v finančni stiski sprejel Telefunknovo ponudbo in začel graditi veliko radijsko oddajno postajo v tedanji nemški koloniji Togo v Afriki. Tam je s 46000 markami pokril stroške in neposredno sodeloval pri snemanju 3000 m kadrov enega prvih afriških filmov "Izgubljena hči".⁴² Uspešno radijsko postajo so morali razstreliti ob francoski zasedbi Toga, Codelli pa se je iz ujetništva vrnil v Ljubljano šele deset let po plovbi v Afriko. V teh letih je seveda snoval nove izume, zaradi slabih komunikacij pa je močno zaostal za razvojem v ZDA. Ameriška televizija se je v marsičem razvila predvsem po zaslugi ruskih ubežnikov pred Leninovim režimom, podobno kot so pozneje ameriško industrijo poživili ubežniki pred Hitlerjem. Prvi Rus, ki je postavil temelje ameriški elektronski televiziji, je bil Rosing,⁴³ ki je zgradil skupno več kot sto dvajset različnih shem in sistemov za televizije. Leta 1907 je na univerzi v St. Petersburgu sestavil elektronski televizijski sistem z Braunovo elektronko na sprejemni strani, ki ga je patentiral doma, v ZDA, Nemčiji in Angliji. Elektronski curek je moduliral s signalom fotocelice in odklanjal z magneti. Snemalna naprava je bila še mehanska. Za skeniranje prenašane slike je uporabil dva medsebojno pravokotna bobna z zrcali, vrtljiva okoli skupne osi. Počasne selenove fotoinduktivne celice je nadomestil s hitrejšimi fotocelicami iz alkalijskih kovin, vendar še ni znal ojačiti šibkih tokov reda 0,1 pA.

Rosing je razstavil svoj sistem v St. Petersburgu leta 1910⁴⁴ in naslednje leto prikazal sprejem preprostih geometrijskih oblik. Raziskovanje televizije je nadaljeval do leta 1931, ko je bil obsojen na tri leta izgnanstva v Arhangelsku, kjer je tudi umrl.⁴⁵



Slika 6: Fotografija Borisa Lvoviča Rosinga (Fisher, 1996, za stranjo 236)

Pod Rosingovim vplivom so 8. 11. 1925 B. P. Grabovski (1901-1966), V. I. Popov in N. G. Piskunov v St. Petersburgu prijaviли patent "radiotelefota", prve praktične popolnoma elektronske televizije. Poskuse so začeli opravljati julija 1925 v laboratoriju industrijskega tehnikuma v Saratovu. V njihovem sistemu je fotokatoda pod vplivom svetlobe oddajala elektrone, ki so jih odklanjali z mrežico v njeni bližini.

Elektronski "žarki" s termokatode so prehajali skozi mrežico in trkali ob fotokatodo. Tam so se srečavali z nasprotno usmerjenimi fotoelektroni, ki so tem bolj oslabili žarke, čim več jih je bilo v dani točki fotokatode. Tako so modulirali elektronski žarek, ki je potem prenašal informacijo o osvetljenosti objekta. V naslednjih treh mesecih so delali poskuse na St. Petersburškem vakuumskem zavodu. Porabili so le 1500 rubljev kljub sorazmerno zapletenim poskusom. Vendar v St. Petersburgu imenovana komisija sprva ni podprla uporabe njihove naprave.

Grabovski se je preko Saratova vrnil v Taškent in z Rosingovo pomočjo nadaljeval raziskave. 28. 7. 1928 je komisija priznala uporabnost "telefota", ki sta ga patentirala Grabovski in njegov laborant I. F. Beljanski. Prenašala sta po 7 senc v sekundi na 6-7 m oddaljen zaslon premera 5-6 cm z 200 do 300 vrstami v drugi sobi. Svojo prvotno idejo sta spremenila tako, da sta fotoobčutljivo plast nanесли na neprepustno podlago iz srebra. Projekcija slike in elektronski žarki

³⁷ Morda Wilhelm Schoemlich (* 19. 9. 1870; † 8. 7. 1939), izumitelj elektrolitskega detektorja in regeneracijskih sprejemnikov.

³⁸ Arco, Pismo Codelliju iz Berlina v Ljubljano, 28. 1. 1908, stran 4; Pismo Codelliju iz Berlina na Dunaj, 23. 4. 1908, 3 (Codelli, šk. 20); Telefunknovo pismo dr. Schapiru, 15. 9. 1930, 2 strani (Codelli, šk. 19; Grabnar, 1977, 120).

³⁹ Arco, pismo 12. 1. 1908 (Codelli, šk.19).

⁴⁰ Siegmund Loewe (* 6. 11. 1885; † 28. 5. 1962).

⁴¹ Grabnar, 1977, 119.

⁴² Ambrožič-Campbell, 1996, 269, 270.

⁴³ Boris Lvovič Rosing (* 1869; † 1933).

⁴⁴ Ustinov, Borisov, 1989, 121; Zworykin, 1958, 9.

⁴⁵ Fisher, 1996, 263.

so bili sedaj na isti strani fotoobčutljive plasti, podobno kot v Zworykinovem ikonoskopu leta 1933.⁴⁶

Zworykin je med letoma 1910 in 1912 študiral na Tehnološkem inštitutu v St. Petersburgu in v Rosingovem laboratoriju spoznal prednosti elektronskega pred mehanskim sistemom. Po diplomi je študiral pri Paulu Langevinu (1872-1946) na Collège de France v Parizu. Med prvo svetovno vojno se je teorijski fizik Langevin ukvarjal tudi z radiotelegrafijo in katodno elektronko. Zworykin je podobno delo opravljal v Ruski armadi in sodeloval tudi v petrograjski podružnici Marconijevega podjetja.

Ob koncu 1. svetovne vojne je Zworykin kot sin bogatega trgovca raje odšel v ZDA. Sprva je delal za Westinghouse, kjer niso bili navdušeni nad modulacijo intenzitete curka elektronov v televiziji z osno simetrično mrežico, ki ga je Zworykin prijavil na patentnem uradu 29. 12. 1923. Zanj je dobil patent št. 2141059 v ZDA šele 20. 12. 1938. Še kot ruski državljan v službi Westinghousa je leta 1925 patent dvakrat dopolnil. Katodno elektronko je predelil s ploščo s 33 plastmi iz različnih snovi, ki je nadomeščala fluorescenčni zaslon. Plošča je bila iz aluminija ali drugega dobrega prevodnika. Na njej je bila naprej plast izolatorja, aluminijevega ali magnezijevega oksida. Sledila je tanka plast fotobčutljivega kalijevega hidrida, ki ga je neparil do sive barve, medtem ko bi bil pri večjih debelinah srebrn. Nanj je za kratek čas spustil vodik tako, da je dobil spojino svetlo modre barve, ki še ni prešla v vijolično.

Vsaka kroglica kalijevega hidrida je delovala kot fotocelica. Mozaični zaslon za zeleno, modro in rdečo barvo je postavil med leče. Fotoefekt na vsaki kroglici kalijevega hidrida je bil pravzaprav prevajanje med kroglicami in mrežo. Elektroni s kalijevega hidrida niso prihajali na zaslon zaradi vmesnega izolatorja, tako da je tok tekkel samo med zaslonom in mrežico. Modularili so ga v skladu z generiranim tokom, ojačili s triodo in oddali po anteni.

Zworykin je uporabljal izmenični tok frekvence 16 Hz, slike pa je menjaval dvakrat hitreje, po 32 na sekundo. Zaslone so bili iz spojin, občutljivih za različne barve, npr. cezijev klorid za rdečo.⁴⁷

Dne 18. 11. 1927 in v naslednjem letu so opravili prve televizijske oddaje v ZDA.⁴⁸ Novembra 1928 je Westinghouse poslal Zworykina na ogled električnih laboratorijev v Francijo, kjer so mu v Bélinovem pariškem laboratoriju pokazali možnost elektrosta-



Slika 7: Fotografija Zworykina pred njegovimi katodnimi elektronkami (Fisher, 1996, pred stranjo 237)

tičnega fokusiranja elektronov v dovolj dobrem vakuumu, s katerim je pozneje nadomestil magnetno fokusiranje.⁴⁹ V začetku januarja 1929 je Zworykin obiskal dve leti mlajšega beloruskega Juda Davida Sarnoffa (* 1891) pri RCA v New Yorku in mu opisal svojo zamisel elektronske televizije. Sarnoff je vodil razvoj radia v ZDA in je 3. 1. 1930 postal predsednik RCA. Iz pogovora se je rodila zveza med podjetnikom in izumiteljem, ki je omogočila prevlado elektronske televizije v naslednjih letih.⁵⁰

4 CODELLI PATENTIRA SVOJO TELEVIZIJO

Codelli je seveda vedel malo ali nič o rusko-ameriški navezi, ki bo spremenila svet televizije. Po vrnitvi domov se je znova povezal s Telefunksom, vendar prva leta še ni našel stik z novostmi v tujini. Arco mu je 14. 12. 1927 poslal spodbudno pismo, po katerem je nadaljeval raziskovanje televizije. Sodeloval je s Schröterjem,⁵¹ direktorjem raziskovalnega oddelka Telefunka v Berlinu med letoma 1920 in 1947, ki je že pred prvo svetovno vojno delal poskuse s katodnimi "žarki" v tlivki. V prvi strokovni razpravi v novi reviji Fernsehen je Schröter tako za sprejem kot za skeniranje slike predložil uporabo katodne elektronke, polnjene z argonom pri tlaku stotinko ali tisočinko mbar.⁵² V istem zvezku revije je

⁴⁶ Barancev, Urvalov, 1986, 135.

⁴⁷ Zworykin, Improvements in or relating Television Systems, patent v ZDA 13. 7. 1925 št. 1,691,324, patent št. 255,057 v Britaniji, prijavljen 3. 7. 1926 pod št. 16,736/26, sprejet 31. 3. 1927, 1, 3, 5.

⁴⁸ Swift, 1950, 61.

⁴⁹ Fisher, 1966, 167.

⁵⁰ Fisher, 1966, 114, 174, 199, 360.

⁵¹ Fritz Georg Ernst Schröter (* 1886).

⁵² Schröter, 1930, 4; Schröter, 1930, 246.

Codelli opisal svoj televizijski sistem brez katodne elektronke.

Schröter je 27. 9. 1930 prijavil patent za predvajanje "polovičnih" slik z zaporednim menjavanjem sodih in lihih vrstic, ki so ga v Nemčiji priznali 23. 3. 1933. Skupaj s Knollom je raziskoval prenos elektronskih slik v Telefunknovem televizijskem laboratoriju v Berlinu in objavil več knjig in zbornikov o televiziji.

Codelli je 18. 5. 1928 v Nemčiji patentiral predvajanje slik vzdolž spirale. 22. 6. 1928 je sklenil pogajanja s Telefunknom, ki sta ga zastopala Schapira in Schröter. Telefunken je odkupil 60-odstotni delež pravic do Codellijevega televizijskega sistema za cel svet, razen ZDA. Do tedaj je imel Telefunken v lasti le Karolusov⁵³ televizijski sistem, ki ga je nameraval dopolniti s Codellijevimi izumi.⁵⁴ Sodelavec Telefunka in asistent fizikalnega instituta v Leipzigu Karolus je izboljšal fotocelico z uporabo Kerrovega⁵⁵ efekta in jo uporabil za moduliranje svetlobe v televizijskem sprejemniku. 21. 6. 1924 je dobil nemški patent št. 471720 za skeniranje z dvema Nipkowima ploščama s po 48 luknjami, za katerimi je postavil Elster-Geitlove alkalijske fotocelice.⁵⁶

Karolus in Schröter sta 11. 5. 1928 na razstavi radia v Berlinu prikazala televizijo, ki sta jo razvila za Telefunken. Na razstavi je bila na ogled še Mihályeva⁵⁷ tridesetvrstična televizija, izdelana za nemško državno pošto, ki je zamenjala deset slik velikosti 4 cm × 4 cm v sekundi. Mihály je uporabljal obločno luč z volframovo nitjo in Nipkovo ploščo iz pertinaksa s tridesetimi luknjami. Največ pozornosti pa je na podobni razstavi tri leta pozneje vzbudila von Ardennova⁵⁸ prvič javno razstavljen popolna elektronska televizija, ki jo je razvijal skupaj s podjetjem Loewe.⁵⁹

Von Ardenne je uporabil Zworykinovo⁶⁰ sugestijo iz 29. 12. 1923 o katodni elektronki kot skenerju s premično točko zapisa. Skenirani model enakomerne intenzitete, katerega sliko je želel prenesti, je upodobil na katodni elektronki. Prepuščeno ali odbito svetlobo je zbiral s fotocelico. Fototok je bil sorazmeren prepustnosti ali odbojnosti skenirane točke in je generiral signal za sliko. Če je svetlobo oddajal dlje, kot je bil čas prehoda posameznega elementa slike, se

je skenirana točka raztegnila v črto in se je vodoravna ločljivost ustrezno zmanjšala. Prvotni skenerji s premično točko zapisa v katodni elektronki niso bili praktično uporabni, dokler niso začeli uporabljati učinkovitih fotopomnoževalk majhne vztrajnosti in visoke občutljivosti.⁶¹ Osnovni problem televizije s katodno elektronko je bila ostrost in svetlost točke zapisa ter sočasno krmiljenje svetlosti in porazdelitve točk v elektronki. Von Ardenne je uporabljal Wehneltovo⁶² nizkonapetostno elektronko po Schröterjevi metodi "polovičnih slik".⁶³

Berlinsko razstavo si je ogledal tudi Codelli in pol leta pozneje, 14. 11. 1928, poslal Schröterju opis svoje televizije s Kerrovo celico, podobno kot v sistemu Karolusa. S Codellijevo pomočjo so napravo sestavili v Berlinu v šestih mesecih. 22. 6. 1929 je direktor dr. Karel Schapira pri Telefunknu izdal laboratorijsko potrdilo o izdelavi prototipa televizije po Codellijevem patentu, za katerega je bilo odobreno 25300 mark, od tega 13000 za odškodnino Codelliju in za njegovo potovanje v Berlin. Končna cena naprave je bila skoraj dvakrat višja.⁶⁴

13. 9. 1929 je bila ustanovljena Allgemeine deutsche Fernsehverein in je začela avgusta naslednjega leta v Berlinu izdajati revijo Fernsehen. Razen Codellija in Mihálya je večina drugih avtorjev zagovarjala prednosti elektronske televizije s katodno elektronko pri sinhronizaciji in številu točk v sliki. Največ razprav v reviji Fernsehen je objavljaval von Ardenne, ki je v lastnem laboratoriju v Berlinu vzporedno z Zworykinom v poznih dvajsetih letih razvil katodno elektronko v obliki sodobne elektronske puške. Zavzemal se je za uporabo ultrakratkih valov v televiziji. Leta 1931 je opisal posredno segrevanje katode, ki preprečuje razprševanje katodnega materiala v katodni elektronki.

17. 1. 1930 je Codelli opisal skeniranje z Nipkovo ploščo z dvema spiralama lukenj v skupno petindvajsetih kolobarjih. Za njima sta bili postavljeni Schröterjevi fotocelici, ki sta delovali izmenoma. Naprava je prenašala 12,5 slik s po 2500 elementi v eni sami sekundi. Tokove fotocelic je ojačil de Forestov audion, izdelan pri Telefunknu. Namesto Nipkovihih plošč je lahko uporabil tudi zrcalno kolo, ki ga je L. Weiller predstavil leta 1889.⁶⁵

⁵³ August Karolus (* 1893 Leipzig; † 1972).

⁵⁴ NUK, Rokopisni oddelek, sign. Ms 1397, III (155).

⁵⁵ Škot John Kerr (* 1824; † 1907).

⁵⁶ Siemens, 1957, 100.

⁵⁷ Dénes von Mihály (* 1894 Gödöllo pri Budimpešti; † 1953).

⁵⁸ Manfred von Ardenne (* 1907 Hamburg; † 1997).

⁵⁹ Ardenne, 1930, 390; Ardenne, 1931, 69; Fisher, 1996, 202.

⁶⁰ Vladimir Kosma Zworykin (* 1889 Mourom; † 1982).

⁶¹ Zworykin, 1958, 18-19.

⁶² Arthur Wehnelt (* 4. 4. 1871; † 15. 2. 1944).

⁶³ Ardenne, 1930, 193, 197, 199; Ardenne, 1931, 65, 66.

⁶⁴ AS, Codelli, šk.19; NUK, 141, Nr.3458, Nr.3408 III.

Pri spiralnem skeniranju se je že majhna razlika v fazi na zunanjem robu poznala v središču slike, medtem ko se pri navadnem skeniranju fazne razlike same izničijo. Zato sta morala biti dušenje in frekvenca lastnega nihanja zrcala na sprejemni in oddajni strani Codellijevega sistema natančno enaki, kar je bilo za tedanjo tehnologijo praktično neizvedljivo.⁶⁶

Snemanje slike z mehničnim skenerjem z zaznavno vztrajnostjo je povzročalo izgube in poškodbe slike. Le pri snemanju vzdolž spirale v Codellijevem sistemu so lahko točno prenašali slike v mehanski televiziji.⁶⁷

Svojo stereoskopsko električno "daljno videnje" je Codelli med letoma 1928 in 1931 patentiral v vseh pomembnejših evropskih središčih in v Kanadi, ne pa v ZDA. Predsednik ljubljanske sekcije "Udruženja inženirjev in arhitektov" Šuklje⁶⁸ je 10. 11. 1933 menil, da je Codellijev odvetnik Abrahamson naredil napako, ko je zamudil rok 23. 1. 1931 za vlogo in plačilo zahteve za patent v ZDA. Zaradi nepravilne vloge 25. 6. 1927 in 29. 12. 1930 pod št. 60718 so Codellijev patent v ZDA zavrnili 18. 8. 1932. Kljub temu je 11. 10. 1932 podjetje multimilijonarja in mecena Nikole Tesle (1856-1943) J. Pierponta Morgana, Shortwave and TV Corporation, prosilo Codellijevega washingtonskega odvetnika Emila Bönnellycka za podatke o Codellijevem patentu. Vendar se 20. 1. 1933, že po Morganovi smrti, niso odločili za odkup Codellijevega patenta.⁶⁹

Codelli je prvi na slovenskih tleh začel uporabljati katodno elektronko v televiziji šele v sodelovanju z ljubljanskim trgovcem z elektroopremo in radijsko tehniko Francijem Barom. Codelli je 14. 3. 1930 v odgovor na mesec dni starejše Schröterjevo pismo sporočil, naj televizijsko opremo iz Berlina dostavijo kar v Barovo ljubljansko delavnico na Mestnem trgu 5/I.⁷⁰

Schröter je 11. 5. 1928 v Berlinu še razstavljal mehanski sistem, avgusta 1930 pa je že zagovarjal uporabo katodne elektronke. Tako sta s Codellijem približno istočasno sprejela "ameriško" inačico elek-

tronske televizije, ki je pozneje prevladala. Leta 1945 je Schröter kot vodja fizikalnih raziskovanj pri Telefunknu obiskoval RCA-laboratorije v Camdenu in se prepričal, da bodo katodne elektronke izrinile vse mehanske sisteme.⁷¹

Da bi se uveljavil v ZDA, je Codelli poleg mehanskega skeniranja in premičnih optičnih naprav kot tretjo možnost na osemdesetih straneh z 61 patentnimi zahtevki opisal popolno elektronsko televizijo brez premičnih mehanskih delov.⁷² Uporabil je Farnsworthovi⁷³ podobno Braunovo elektronko s fotokatodo. Sliko je reproduciral z močno Braunovo elektronko z obliko lijaka s preluknjano anodo in rahlo izbočenim fluorescenčnim zaslonom. Katoda v obliki konkavnega zrcala je imela gorišče sredi zaslona.⁷⁴ Snemalna cev je bila steklena posoda, razdeljena s stekleno ploščo v dva izpraznjena prostora, od katerih je bil drugi Braunova elektronka z vročo katodo in suhima anodama. Ploščata anoda je obkrožala drugo anodo v obliki palice in je bila povezana s terminalom. Blizu lijakaste razširitve je bil drugi od izpraznjenih prostorov s katodno elektronko, obkrožen z magnetom iz listastega mehkega železa. Magnet je proizvajal rotacijsko elektromagnetno polje, tako da je snop elektronov iz katode opisoval spiralo in zaporedoma padal na več vodnikov, ki so štrleli iz stekla.⁷⁵ Braunovo elektronko je omenil samo na nekaterih mestih, predvsem kot možno zamenjavo za celice, ki jih je prav tako narisal.⁷⁶ Elektronka je imela dve katodi za oddajanje elektronov in eno anodo. Codelli je za katodne žarke že uporabil naziv elektron,⁷⁷ čeprav je v tipkopisu večkrat pisal tudi o odklonu katodnih žarkov.⁷⁸ Opisal je transponder iz dolge Geisslerjeve⁷⁹ elektronke, postavljen na isti ploskvi z osvetljenim difuznim reflektorjem iz stekla.⁸⁰

Codelli je tudi v elektronski inačici obdržal osnovno idejo snemanja in sprejemanja slike vzdolž spirale, tako da je imela slika gostejše elemente v sredi kot na robovih. Ideja je temeljila na fiziologiji očesa, med prvimi pa sta jo uporabila A. Ekstöm v švedskem patentu št. 32220 z dne 24. 1. 1910 in Britanec Alexander McLean Nicholson 7. 12. 1917 in 16. 10. 1923 v

⁶⁵ Friedel, 1930, 15; Codelli, 1930, 110-111; Grabnar, 1977, 112; Schröter, 1956, 19.

⁶⁶ Schröter, 1932, 52-53.

⁶⁷ Ardenne, 1932, 18.

⁶⁸ ing. Ivan Šuklje (* 1881; † 1937).

⁶⁹ Grabnar, 1977, 113.

⁷⁰ Grabnar, 1977, 112; Codelli, AS, šk. 19 in NUK, 134.

⁷¹ Fisher, Fisher, 1996, 258.

⁷² Codelli, AS, šk.19 (negativ), str. 11-12, 15, 16, 38 (75), 44 (77-78).

⁷³ Philo Taylor Farnsworth (* 1906 Utah; † 1971 Salt Lake City).

⁷⁴ Codelli, AS, šk.19 (negativ), str. 38 označena z »1« na sedaj izgubljeni sliki 33.

⁷⁵ Codelli, AS, šk.19 (negativ), str. 44-45, 77-78.

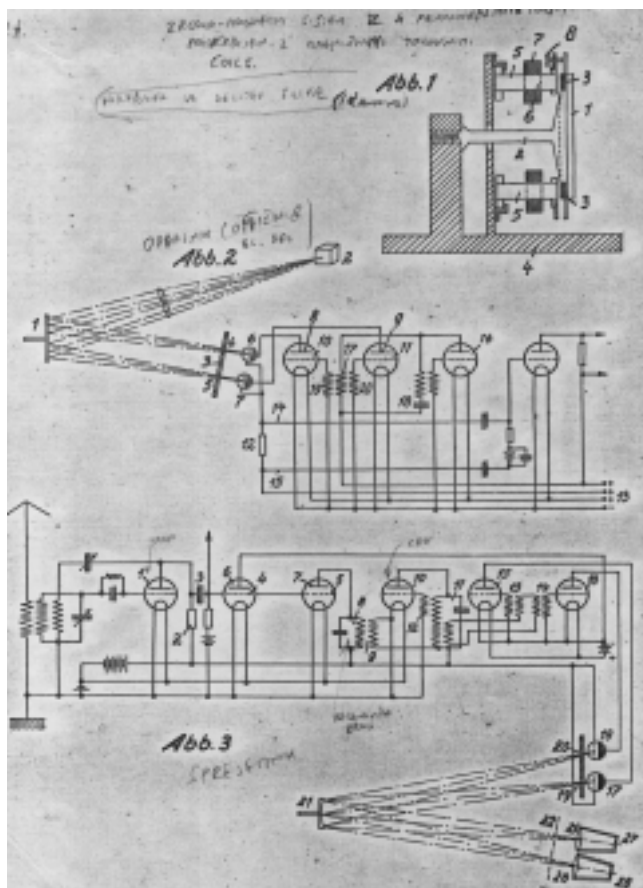
⁷⁶ Codelli, AS, šk.19, str. 11-12, slika 6 (ohranjena v nemški inačici abb. 6).

⁷⁷ Codelli, AS, šk.19, str. 16, slika 10 (danes brčkone izgubljena in ne ustreza abb. 10, ki kaže L. Weillerjevo zrcalno kolo, prvič izdelano leta 1889).

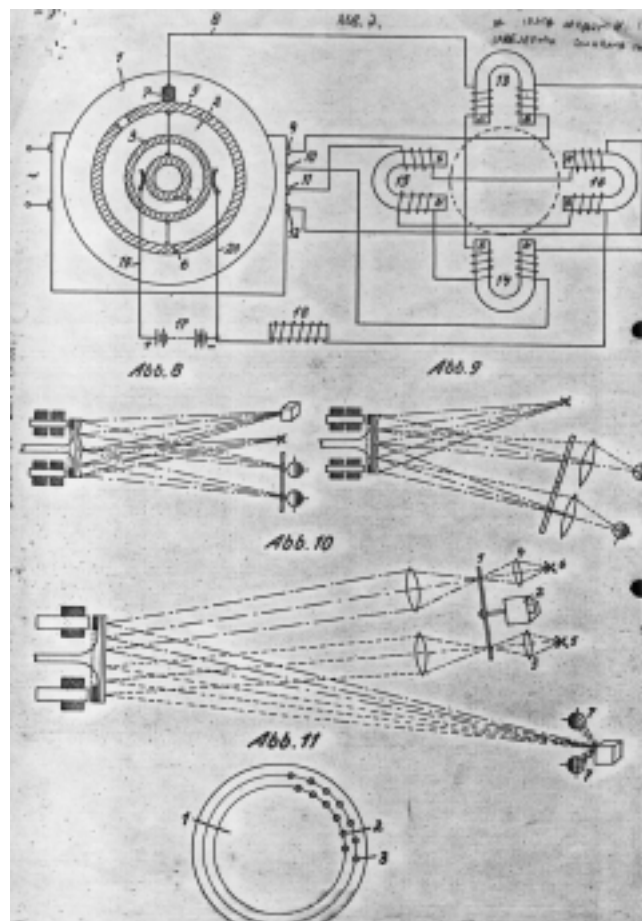
⁷⁸ Codelli, AS, šk.19, str. 75.

⁷⁹ Heinrich Geissler (* 26. 5. 1814 Igelshieb v Thüringiji; † 24. 1. 1879 Bonn).

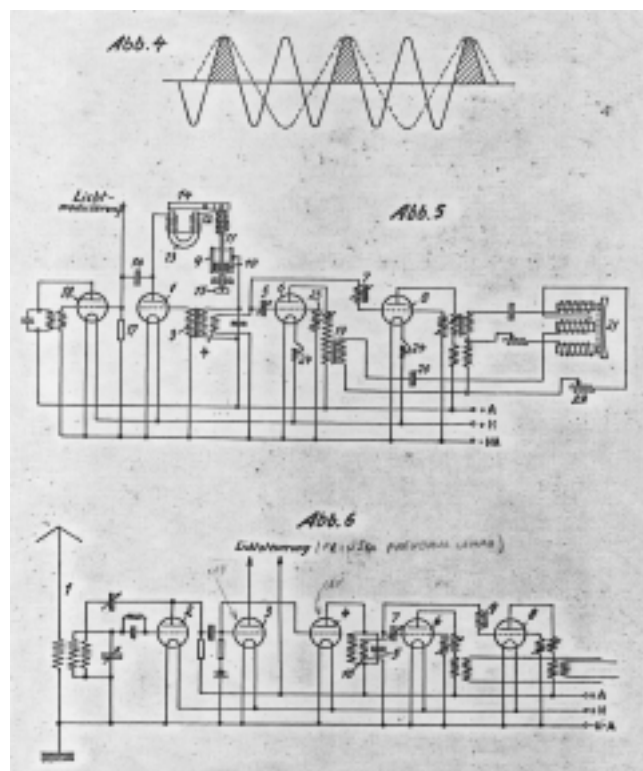
⁸⁰ Codelli, AS, šk.19, str. 67-68.



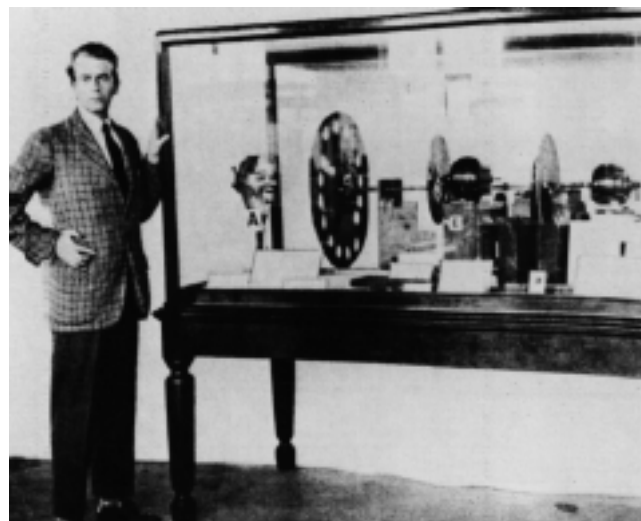
Slika 8: Slike 1-3 kot priloga nemškemu Codellijevemu tekstu, ki se nanašajo tudi na 80 strani dolg Codellijev tipkopis, bržkone poslan v ZDA (Codelli, AS, šk. 19)



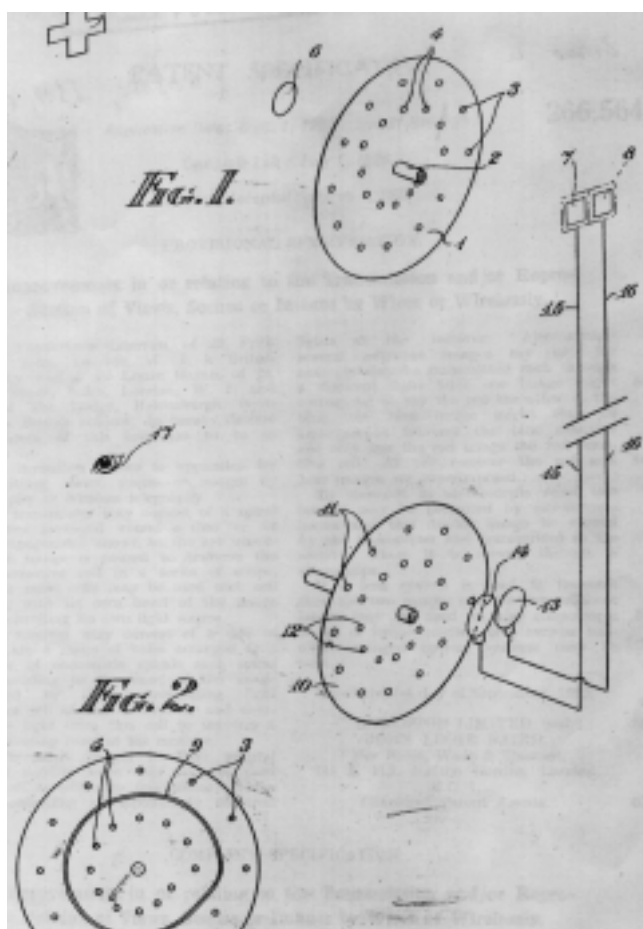
Slika 10: Slike 7-11 kot priloga nemškemu Codellijevemu tekstu z mojimi komentarji, ki se deloma (z izjemo slike 10) nanašajo tudi na 80 strani dolg Codellijev tipkopis, bržkone poslan v ZDA (Codelli, AS, šk. 19)



Slika 9: Slike 4-6 kot priloga nemškemu Codellijevemu tekstu, ki se (slika 6) nanašajo tudi na 80 strani dolg Codellijev tipkopis, bržkone poslan v ZDA (Codelli, AS, šk.19)



Slika 11: Fotografija Bairda pred njegovim najljubšim televizijskim sistemom (Fisher, 1996, 236-237)



Slika 12: Izboljšave Bairdovega televizijskega sistema, ki jih je Codelli nabavil preko svojega odvetnika Abrahamsohna in hranil v svojem arhivu (Baird, 1927, 6)

patentu št. 1470696 v New Yorku, ZDA. Nicholson je za sprejemnik uporabil Braunovo elektronko, v kateri je curek elektronov na fluorescenčnem zaslonu risal sliko po Arhimedovi spirali. Dipl. ing. Paul Kirchoff iz Frankfurta na Maini je svojo inačico, predloženo 6. 9. 1925, zaradi nasprotovanja Codellija in Telefunkna patentiral šele 14. 8. 1936 v Berlinu.⁸¹

Da bi se uveljavil v ZDA, je Codelli preko svojega odvetnika Abrahamsohna iz Berlina nabavil številne kopije britanskih in ameriških patentov. Še vedno je upošteval Bairdove dosežke, čeprav je vedel, da v Ameriki nimajo prihodnosti. Prav tako je nabavil patente ameriških izumiteljev barvnih televizij. Med njimi je bil izum Jenkinsa,⁸² ki je začel raziskovati televizijo leta 1894. Le nekaj mesecev za Bairdom je 21. 3. 1925 razvil brezžični mehanski televizijski prenos senčnih obrisov na razdaljo več km. Leta 1926 je patentiral "daljinski kino".⁸³

⁸¹ Codelli, AS, šk.19, str. 74-75, zahteva 45.

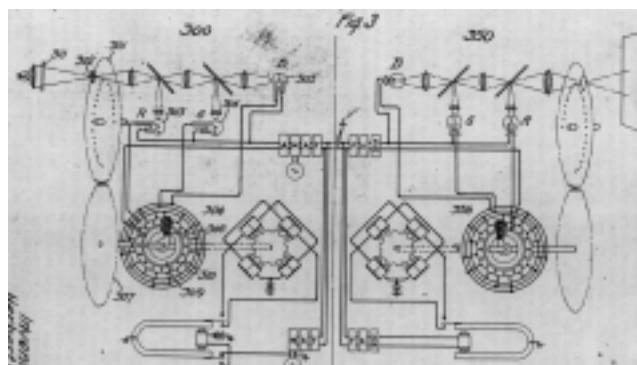
⁸² Charles Francis Jenkins (* 22. 8. 1867 pri Daytonu, Ohio; † 6. 6. 1934 Washington D.C.).

⁸³ Friedel, 1930, 17; Borchardt, 1930, 94-95; Swift, 1950, 34; Moseley, Chapple, 1931, 2.

⁸⁴ Herbert E. Ives.

⁸⁵ Fisher, 1996, 299-301; Goebel, 1974, 854.

⁸⁶ Dinsdale, 1931, 288; Fisher, 1996, 301.



Slika 13: Ivesova naprava za barvno skeniranje iz patenta v Codellijevem arhivu (Ives, 1929, slika 3)

V Codellijevem arhivu najdemo tudi Ivesove patente.⁸⁴ 20. 5. 1926 je Ives iz Bell Telephone Laboratories prijavil patent za televizijo v naravnih barvah z izboljšanim skeniranjem. Uporabljal je Nipkovo ploščo s fotocelicami, ki so pokrivalo posamezne dele spektra. Svetloba je padala na vrtljivo zrcalo skozi luknje v plošči. V sprejemniku je tok po vodniku reproduciral zapis na fotocelice, ki so bile povezane s posameznimi deli obrata plošče. Mehanizem vrtenja je bil tak, da je plošča naredila malo več ali malo manj obratov od komutatorja in tako dosegla spreminjanje vrstnega reda povezav med fotocelico in modulatorjem pri zaporednem skeniranju objekta.

Ives je v Bellovih telefonskih laboratorijih 27. 6. 1929 prvič v ZDA demonstriral barvno televizijo.⁸⁵ Njegov patentni spis je nabavil tudi Codelli, da bi se seznanil z zahtevami ameriškega trga. Sprejemnik za elektronsko barvno televizijo je patentiral Avstrijec J. Nagler leta 1935, njegov sistem pa je razvil Baird leta 1936 v barvni televiziji s 120 vrsticami, skeniranimi z Nipkovo ploščo v rdeči, zeleni in modri barvi.

Bellovi laboratoriji so ponujali v tem času najboljšo mehansko televizijo.⁸⁶ Razvoj je tekkel v dve smeri: "videofon", ki bi ob telefonu kazal še vidno sliko sogovornika, in brezžična televizija, ki bi sliko ponudila ob zvoku radia. Reklamiranje proizvodov po radiu (in tisku) je postalo pred ekonomsko krizo tridesetih let tako donosno, da je usmerilo televizijo v brezžični razvoj.

5 CODELLIJEVI IZUMI

Codelli je zrasel z novo dobo elektrotehnike. Prvi si je na Dunaju nabavil avtomobil in z njim 15. 11. 1898 strašil ljubljanske meščane. Kupil je Benzov dvosed, podoben parizlju, s štirilitrsko bencinsko

posodo ob motorju, postavljenem med zadnja kolesa. Karl Benz je avtomobile na bencinski motor začel izdelovati leta 1886, model Benz velo comfortable z motorjem 2,75 KM pa je začel serijsko proizvajati leto dni pred Codellijevim nakupom. Codelli je lahko s svojim Benz velo comfortable drvel od 16 do 24 kilometrov na uro z dvema prestavama. Vzponi so bili nerešljiva uganka za tako šibak motor, tako da je za pot do Gorice potreboval polnih osem ur. Ta podvig sodobni Codellijevi nasledniki posnemajo z dirko oldtimerjev.

Kmalu se je naš vrli izumitelj naveličal prahu kranjskih cest in se je skupaj s šoferjem Bernikom februarja 1899 odpeljal do Nice. Vozniku je za truda polno vožnjo podaril zlatnik. Žal je v Nici zaigral vse prihranke in še avto povrhu. Bernik mu je zato moral posoditi svoj težko prisluženi zlatnik, da sta se lahko z vlakom odpeljala domov. Seveda je Codelli kmalu kupil nov avto, to pot Daimler viktorija z motorjem 6 KM. Na njem je vžig na plamen zamenjal z vžigom na žarečo cevko, ki ga je sam izumil. Izum je leta 1898 patentiral skupaj s pogonsko napravo za motorna vozila. Izum je pozneje dopolnil še z obločnim plamenskim vžigalnikom, ki ga je leta 1925 patentiral na Dunaju. Po izkušnjah z vožnjo v Nico je leta 1903 v Franciji patentiral majhen ogrevalni in hladilni aparat, pripraven za dolge vožnje. V posebni posodi je hrano najprej zmrznil, pred uporabo pa jo je segrel na želeno temperaturo. Seveda uporabnikom ni mogel svetovati, kako naj pametno zakartajo prihranjeni denar v Nici. Leta 1906 je razvil rotacijski eksplozijski motor, predhodnik pol stoletja poznejšega Wanklovega motorja.⁸⁷ Z izboljšavami avtomobilov je utrl pot izumitelju sodobnih pogonov avtomobilov Andreju Deteli z Instituta "Jožef Stefan".

Codelli si je v Ljubljani leta 1910 zamislil zračno ladjo, dolgo 1 km s premerom 100 m.⁸⁸ Vzgon bi presegl težo pri jeklenem ogrodju, debelem manj kot milimeter, če bi Codelli iz svoje ladje izčrpal zrak.

Leta 1910 je izdelal radijski sprejemnik za sprejem točnih časovnih signalov. Napravo je podaril prijatelju Belarju,⁸⁹ profesorju na višji realki v Ljubljani, ki je imel od 18. 8. 1897 lastno potresno opazovalnico v kletnih prostorih realke na Vegovi ulici, poznejši Elektrotehniški srednji šoli. Podobno kot Codelli, tudi Belar ni bil posebno navdušen nad Jugoslavijo, ki je izrinila ranjko Avstrijo. Bil je sicer osebni prijatelj kralja Aleksandra, a je po prevratu vendarle izgubil službo na realki, po atentatu na kralja pa se je moral celo izseliti na Kočevsko.

Codellijevo zavračanje nacističnega režima v Nemčiji je botrovalo prekinitvi njegovega sodelovanja

s Telefunknom. Brez velikega podjetja za hrbtom pa ostareli izumitelj seveda ni mogel več uveljavljati svojih izumov na ameriškem trgu. Po drugi svetovni vojni je bila njegova graščina Turn ob Ljubljani nacionalizirana; zato je še pred koncem vojne odšel v Švico in tam našel svoj poslednji počitek. Decembra 1995 mu je bila na njegovi nekdanji graščini Turn na Kodeljevem odkrita spominska plošča.

6 SKLEP

Slovenci smo upravičeno ponosni na Codellijev prispevek k sodobni tehniki. Ob pomembni obletnici pripravljamo številne proslave, s katerimi bomo opozorili na njegove dosežke v vakuumski tehniki, zgodnji televiziji in avtomobilizmu. V pripravi je celo zanimiv posnetek Codellijeve zgodnje televizije, ki bo morda pokazal, da je Codellijevo skeniranje vzdolž spirale zanimivo tudi za sodobno industrijo.

LITERATURA

- Ambrožič-Campbell, Vesna. 1996. Le Baron Anton Codelli, un inventeur au Togo. V: Geherts, Meg. *Une actrice de cinema dans la brousse du Nord-Togo (1913-1914)*. Lomé: Editions Haho.
- Arco, grof Georg Wilh. Alex. Hans. 28. 1. 1908. Pismo Codelliju iz Berlina v Ljubljano, 4 strani. (AS Codelli, šk.20).
- Arco, grof Georg Wilh. Alex. Hans. 23. 4. 1908. Pismo Codelliju iz Berlina na Dunaj, 3 strani (AS Codelli, šk.20).
- Arco, grof Georg Wilh. Alex. Hans. 15. 9. 1930. Pismo naslovljeno na dr.Schapira od Telefunkna, 2 strani (AS Codelli, šk.19).
- Von Ardenne, Manfred. 1930. Zur Anwendung ultrakurzer Wellen für das Fernsehen. *Fernsehen*, 1: 390-392.
- Von Ardenne, Manfred. 1931. Über neue Fernsehender und Fernsehempfänger mit Kathodenstrahlröhren. *Fernsehen*. 2: 65-80.
- Von Ardenne, Manfred. 1930. Die Braunsche Röhre als Fernsehempfänger. *Fernsehen*. 1: 193-202.
- Von Ardenne, Manfred. 1932. Über Helligkeitssteuerung bei Kathodenstrahlröhren. *Fernsehen*. 3: 18-29.
- Baird, John Logie. 21. 1. 1925. Television, a description of the Baird system by its inventor. *Wireless Word and Radio Review*. 533-535.
- Baird, John Logie. 1927. Improvements in or relating to the Transmission and/or Reproduction of Views, Scenes or Images by Wires or Wirelessly, Britanski patent št. 266,564, prijavljen 1. 9. 1925 pod št. 21,846/25, dopolnjen 1. 7. 1926, sprejet 1. 3. 1927 (Codelli, AS, šk. 19).
- Barancev, A. I., Urvalov, V. A. 1986. Tehničke aspekti značenja radiotelefota B. L. Grabovskogo v istorii televizija. *VIET*. 2: 130-138.
- Codelli, Anton, 1. 12. 1930. Postupak za daljno viđenje električnim putem. Kraljevija Jugoslavija *Patentni spis* br. 7546.
- Codelli, Anton, 1930. Ein neues Fernseh-System. *Fernsehen*. 1/3: 107-114.
- Codelli, Anton, Rokopisi. *Arhiv R Slovenije*, fond graščinski arhiv, Gr A XVIII (citirano kot: Codelli, AS, šk. 19).
- Codelli, Anton, Rokopisi. *Narodna in univerzitetna knjižnica*, rokopisni oddelek, sign.MS 1397.
- Codelli, Rozalija. *Lebenserrinerungen*. 710 strani rokopisa Codellijeve matere Rozalije Taufferer. *NUK Ms* 1397.
- Codelli, Anton. Zgodovinski arhiv Ljubljana.

⁸⁷ Oswald, 1991, 142.

⁸⁸ Oswald, 1991, 143.

⁸⁹ Albin Belar (* 21. 2. 1864 Ljubljana; † 1. 1. 1939 Polom na Kočevskem).

- Codelli, Anton: pisma Arcu. 12. 1. 1908, nedatirano (februar-marec 1908) in 20. 12. 1927. (*Codelli, AS, šk.14*) Prevod v: *Dokumenti Slovenskega gledališkega muzeja*, Ljubljana. (1977) 13/29: 118-121
- Codelli, Anton. 14. 11. 1928, pismo Schröterju, 9 strani (*Codelli, šk.19*)
- Codelli, Anton. 17. 1. 1930. Specifikacija s patentnimi zahtevki, nemški tipkopis in angleški prevod na 15 straneh s 17 patentnimi zahtevki na 5 straneh in 6 skicami na 2 straneh (*Codelli, AS šk.19*)
- Codelli, Anton. okoli 26. 4. 1930. Codellijev 60 strani dolg angleški tipkopis z 62 patentnimi zahtevki na nadaljnjih 20 straneh, nedatiran (*Codelli, AS šk.19*)
- Dauvallier, Alexander (Francija, Siena). 29. 11. 1923/ 24. 4. 1925/ 28. 7. 1928. Televizija, patent v Parizu (fotografija belo na črnem, *Codelli, AS, šk. 19*)
- Dinsdale, A. 1931. Television by Cathode Ray, The New Farnsworth System. *Wireless Word and Radio Review*. 28: 288.
- Fisher, David E., Marshall Jon Fisher. 1996. Tube. The invention of Television. Washington: Counterpoint.
- Friedel, Dr.W. 1930. Die geschichtliche Entwicklung des Fernsehens. *Fernsehen*, 1: 12-14.
- Grabnar, Boris. 1977. Nenavadni baron na Kodeljevem. *Dokumenti Slovenskega gledališkega muzeja, Ljubljana*. 13/29: 110-119.
- Ives, Herbert E., Television, patent v ZDA št.1,738,007, prijavljen 20. 5. 1926 pod št. 110,378, sprejet 3. 12. 1929. (*Codelli, AS, šk. 19*).
- Jenkins, Charles Francis. 1927. Twin light-cell transmitter, patent v ZDA št.1,642,730, prijavljen 21. 3. 1925, sprejet 20. 9. 1927 (*Codelli, AS, šk. 19*).
- Moseley, Sydney A., H. J. Barton Chapple. 1931. *Television to-day and to-morrow*. 2. Izdaja. London.
- Ozvald, Branko. 1991. Ljubljčan baron Anton Codelli – eden najplodovitejših izumiteljev na Slovenskem. Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike. 11: 121-149
- Ozvald, Branko. Junij 1994. Baron Codelli – izumitelj televizije. *Življenje in tehnika*. 6: 39-45.
- Schapira, Karel. 20. 7. 1929. Pismo Codelliju (*Codelli, AS, šk. 19*)
- Schröter, Fritz Georg Ernst. 1930. Die Braunsche Röhre als Fernseher. *Fernsehen*. 1: 4-8
- Schröter, Fritz Georg Ernst. 1930. Aus der Entstehungsgeschichte der Glimmlampe. *Fernsehen*. 1: 244-249
- Schröter, Fritz Georg Ernst. 1928, 1930. Pisma Codelliju 27. 10. 1928, 31. 10. 1928, 20. 11. 1928 in 14. 3. 1930 (*Codelli, AS, šk.19*)
- Schröter, Fritz Georg Ernst (ur.). 1932. Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehen, bearbeitet und herausgegeben von F.Schröter. Berlin: Verlag von Julius Springer.
- Schröter, Fritz Georg Ernst (ur.). 1937. *Fernsehen*. Berlin: Julius Springer.
- Swift, John. 1950. Adventure in vision. The First Twenty-Five Years of Television. London: John Lehmann.
- Swinton, Alan Archibald Campbell. 1. 3. 1897. Some Experiments with Cathode Rays, *Proc.Roy.Soc.London*. 61: 79-95.
- Swinton, Alan Archibald Campbell. 9. 4. 1924. The Possibilities of Television, *Wireless Word and Radio Review*. 51-56.
- Šuklje, Ivan. 10. 11. 1933. Codelli versus Abramsberg. Pisno mnenje o patentiranju Codellijevega izuma v ZDA. (*Codelli, AS, šk.19*)
- Ustinov, I. D., Borisov, B. P. 1989. Vidajuščisja izobretatel i učenii V. K. Zworykin (K 100-letiju so dnja roždenija). *VIET*. No. 4: 121-124.
- Wedam, Albin (1921-1997). 1977. Zakaj Codelli ni uspel s svojim televizijskim sistemom? *Dokumenti Slovenskega gledališkega muzeja, Ljubljana*. 13/2: 114-118.
- Weiller, L. 1889. Sur la vision à distance par l'électricité. *Génie Civ*. 15: 570-573.
- Wedam, Albin in drugi. 1996. Sto let Braunove elektronke. Ljubljana: Tehniška založba.
- Zworykin, Vladimir Kosma, E. G. Ramberg, L. E. Flory. 1958. *Television in Science and Industry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

ČIŠČENJE POVRŠIN TRDIH PODLAG S PESKANJEM

Peter Panjan

Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

Erozija površin trdnih snovi z abrazivnimi delci je nezaželen pojav v vesoljski tehniki in pri hidropnevmatskem transportu delcev, ker povzroča obrabo in poškodbe površin naprav. Po drugi strani pa se peskanje že dolgo časa koristno uporablja za dekoracijo in matiranje stekla ter zrcal, kjer na erodirani površini pride do različnih optičnih pojavov. Ista metoda se v novejšem času uporablja tudi za obdelavo kovin, kot je rezanje le-teh, ter izdelava kanalov in lukenj v krhkih materialih. Še posebej pa je peskanje uporabno za čiščenje površin trdnih snovi pred nanosom barve ali tankih plasti.

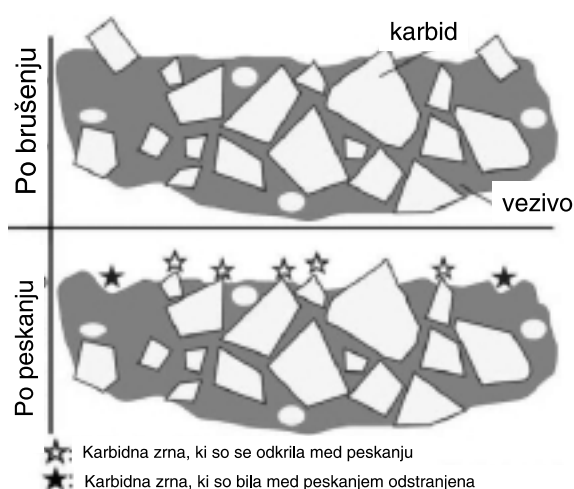
V vseh naštetih primerih erozije z delci je treba za pravilno uporabo poznati osnovne mehanizme tega pojava. V literaturi najdemo več različnih modelov, ki opisujejo zvezo med hitrostjo erozije, materialnimi lastnostmi podlage (npr. trdota) in parametri erozije (velikost in hitrost delcev) ⁽¹⁾.

Pri navadnem peskanju uporabljamo kot rezalno sredstvo pesek. Najboljši je ostrorobi kremenov pesek, vendar pa je nevaren za zdravje, ker povzroča silikozo. Pogosto pa se uporabljajo tudi litoželezne ali jeklene kroglice, zmet korund, glinica itd. Če hočemo površino očistiti, da bi nanjo lahko nanесли zaščitno tanko plast, barvo in podobno, mora biti sredstvo za peskanje suho in brez olja. V splošnem so najbolj primerna zrna velikosti od 0,5 μm do 2 μm . Drobnejši

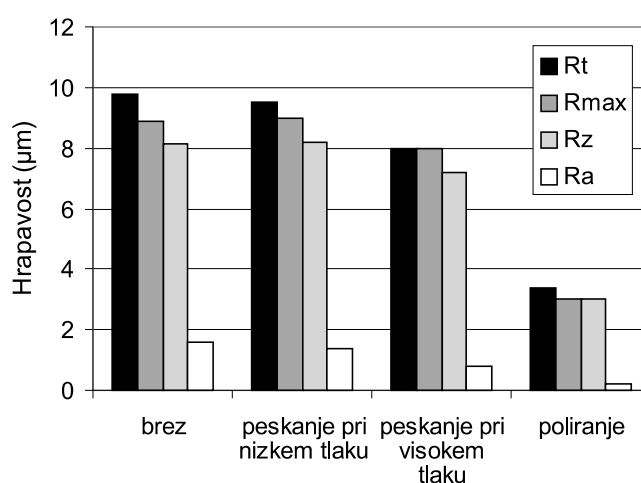
prah, ki nastaja pri delu, je treba pred ponovno uporabo peska odstraniti. Tlak stisnjenega zraka pri peskanju z navadnim peskom naj bo od 5 bar do 6 bar, za kremenov pesek 4,5-5 bar, za korund 3-4 bar, največji tlaki pa so potrebni za kovinska zrnca.

Peskanje z glinico se zelo pogosto uporablja za pripravo površine orodij iz karbidne trdine pred nanosom trdnih zaščitnih PVD-prevlek. S peskanjem zmanjšamo njihovo hrapavost, hkrati pa s površine karbidne trdine odstranimo kobaltovo vezivo, ki je duktilnejše od WC in TiC-TaC karbidnih zrn (slika 1). Med peskanjem se odstranijo tudi tista karbidna zrna, ki štrlijo s površine, odkrijejo pa se številna zrna, ki so bila pred tem pod njo. Prav ta zrna zagotovijo izboljšanje oprijemljivosti prevleke.

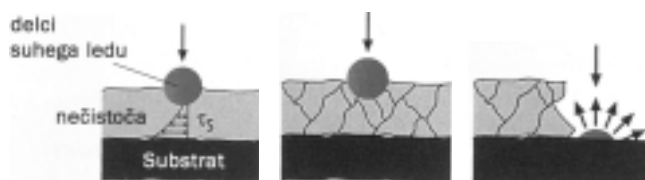
Peskanje povzroči različne spremembe na površini, ki so odvisne od velikosti zrn, s katerimi peskamo, in materiala, iz katerega so. Zrna glinice, ki so večja od velikosti karbidnih zrn v podlagi, povzročijo močno plastično deformacijo vrhnje plasti. Kadar pa so zrna, s katerimi peskamo, manjša od karbidnih zrn, je njihov abrazijski efekt večji, vendar obstaja nevarnost, da se del zrn vgradi v podlago. Najprimernejše je, da je velikost zrn, s katerimi peskamo, primerljiva z velikostjo kristalnih zrn v podlagi. Velik vpliv na peskanje ima tudi tlak stisnjenega zraka. Prevelik tlak povzroči utrujanje osnovnega materiala, spremeni pa



Slika 1a: Površina karbidne trdine pred peskanjem (zgoraj) in po njem (spodaj)



Slika 1b: Hrapavost (R_t , R_{max} , R_z , R_a) neobdelane površine, peskane pri nizkem tlaku, peskane pri visokem tlaku in po poliranju ⁽²⁾



Slika 2: Shematski prikaz mehanizmov čiščenja s suhim ledom: (a) termični, (b) mehanski in (c) sublimacijski ⁽³⁾

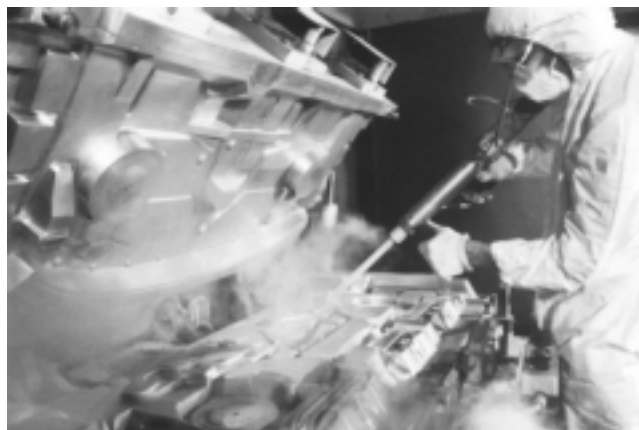
se lahko tudi geometrija rezilnih robov. Najboljše rezultate dosežemo, če je tlak stisnjenega zraka približno 2 bar.

V zadnjem času se za peskanje uporablja tudi **curek suhega ledu** (zamrznjen CO_2) ⁽³⁻⁶⁾. Ogljikov dioksid se za proizvodnjo suhega ledu shranjuje utekočinjen v toplotno izolirani posodi pri tlaku 20 barov in temperaturi $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Pri ekspanziji se CO_2 zaradi Joule-Thomsonovega pojava ohladi in nastane suhi led z zelo drobnimi delci, ki imajo temperaturo $-78,5\text{ }^\circ\text{C}$ (pri tlaku 1 bar). Za čiščenje površine orodij se uporabljajo delci suhega ledu velikosti riževega zrna. Suhi led lahko uporabnik proizvede tudi sam, vendar je lastna proizvodnja z ekonomskega vidika upravičena le, če je letna poraba več kor 20 t.

Trdota delcev suhega leda je relativno majhna (primerljiva s trdoto gipsa). Čiščenje trdih nanosov s površin trdih snovi temelji na kombinaciji treh različnih učinkov (slika 2):

- mehanskega: delci suhega ledu imajo zaradi velike hitrosti ($>300\text{ m/s}$) veliko kinetično energijo
- toplotnega: zaradi različnih vrednosti koeficienta toplotne prevodnosti in raztezka podlage in plasti, ki jo hočemo odstraniti z njene površine, pride do nastanka napetosti, ki zmanjšajo oprijemljivost plasti na podlago
- sublimacijskega: pri prehodu iz trdnega stanja v plinasto se prostornina CO_2 poveča za 600-krat, kar povzroči tlačni udar.

Čiščenje kovinskih površin s suhim ledom ima pred peskanjem s trdnimi delci vrsto prednosti. Čistilno sredstvo je zdravju in okolju neškodljivo, nevnetljivo in kemijsko inertno. Pri dotiku s površino



Slika 3: Čiščenje površine orodij z mobilno napravo za peskanje s suhim ledom (Lindejev prospekt) ⁽⁴⁾

trdne snovi sublimira, zato ga ni treba ne predelati ne odstranjevati. Po takšnem čiščenju ni potreben dodaten postopek čiščenja ali sušenja. Orodje ali strojni del lahko očistimo med proizvodnjo, ne da bi ga bilo treba demontirati. Površina orodij in strojnih delov ostane nepoškodovana.

Slaba stran postopka pa je zaenkrat visoka cena (približno od $0,5\text{ €/kg}$ do 1 €/kg) in hrupnost (zaradi velike hitrosti delcev na izhodu iz šobe). Postopek čiščenja s suhim ledom se uporablja za odstranjevanje laka in kovinskih plasti s površin trdnih snovi, za čiščenje strojev, orodij (slika 3) ter za čiščenje zgradb in fasad.

LITERATURA

- ¹P. J. Slikkerveer, P. C. P. Bouten, F. H. Veld, H. Scholten, Erosion and damage by sharp particles, *Wear* **217** (1998), 237-250
- ²K. D. Bouzakis, N. Michailidis, S. Hadjiyiannis, K. Efstathiou, E. Pavlidou, G. Erkens, S. Rambadt, I. Wirth, Improvement of PVD coated inserts cutting performance, through appropriate mechanical treatments of substrate and coating surface, *Surf. Coat. Technol.* **146-147** (2001), 443-450
- ³<http://www.trockeneis-team.de>
- ⁴prospekt podjetja Linde, Cryoclean – Strahlreinigung mit Trockeneis – die Umwelt freundliche Kraft
- ⁵Čiščenje orodij z delci suhega ledu, *Protech*, **4** (2003), 64-66 (prevod članka iz nemške revije *Form+Werkzeug*, 2 (2003))
- ⁶http://www.alpheus2clean.com/why_co2/whydib.htm

NOVA KNJIGA

Vakuumska znanost in tehnika, avtorji: F. Breclj, dr. J. Kovač, dr. M. Mozetič, dr. V. Nemanič, J. Novak, dr. P. Panjan, M. Pečar, mag. A. Pregelj, dr. J. Šetina; urednik: dr. Vincenc Nemanič; izdajatelj: Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, 2003

Konec leta 2003 je Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije izdalo knjigo **Vakuumska znanost in tehnika**, ki jo je pripravljalo nekaj let. Širokega spektra znanj, ki jih je treba osvojiti za obvladovanje postopkov za doseganje nizkih tlakov, pravilnega postopka meritev in nujnih tehnoloških znanj, ne daje nobena od sedanjih študijskih usmeritev v Sloveniji. To vrzel že vrsto let zapolnjuje DVTS z organiziranjem tečajev, katerih dopolnilo pa je primeren učbenik.

Prvi slovenski učbenik **Osnove vakuumske tehnike** iz leta 1981 je pošel v nekaj letih, zato je izšel ponatis v letu 1984 že delno razširjen in dopolnjen. Od takrat se je na področju vakuumske znanosti in tehnike ter v svetu spremenilo marsikaj. Vakuumska tehnika je ostala pomembna veja na mnogih področjih življenja, osvojila in spremenila je mnogo tehnologij, česar neposredno najbrž niti ne opazimo. Predvsem pa je pridobila na pomenu na področju temeljnih in aplikativnih raziskav, ki so bile nekoč izključno domena fizike, danes pa se metode uporabljajo v biologiji, farmaciji, genetiki, geologiji itd. Največji napredek v zadnjem desetletju je bil dosežen na področju, kjer preučujemo, gradimo, urejamo in opazujemo lastnosti snovi na atomskem nivoju, kar imenujemo **nanotehnologija**. Večina spoznanj v navedenih vedah je bila dobljena z metodami, ki delujejo v ultravisokem vakuumu.

Knjiga je namenjena tehnično izobraženim bralcem, ki se pri svojem delu srečajo z "vakuumom" prvič ali pa občasno oz. redno. Prvim bo olajšala in skrajšala pot do udomačenega izrazoslovja, enot in osnovnega razumevanja problemov, drugim pa iskanje sicer znanih enačb in tabel, ki so sicer v drugi literaturi, ter pomagala ob nakupu novega ali predelavi obstoječega vakuumskega sistema itd. Vsako poglavje knjige je opremljeno z navedbo literature, s čimer je dostop do poglobljenega znanja o posameznem problemu ravno tako skrajšan. Avtorji poglavij so specialisti na področju, za katerega so napisali poglavje, nekateri med njimi so mednarodno uveljavljeni raziskovalci.

Z izdajo knjige na 150 straneh, tiskani na kvalitetnem papirju formata A4, s 150 slikami in 10 tabelami v dovršeni grafični obliki, se Slovenci



uvrščamo v skupino razvitih držav, ki imajo svoj učbenik vakuumske tehnike, vendarle nekoliko višje. Zahvala gre nedvomno zavzetemu delu 9 avtorjev, recenzentom (dr. J. Gasperič, dr. B. Jenko, dr. A. Zalar), lektorju (dr. J. Gasperič), uredniku (dr. V. Nemanič) in oblikovalcu (M. Pečar). Izdajo knjige so finančno podprli Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport ter sponzorji.

Knjiga **Vakuumska znanost in tehnika** je tako že sedma knjiga s področja vakuumske tehnike, ki jo je izdalo Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije (**Osnove vakuumske tehnike** v letu 1981, **Nastajanje in rast vakuumskih tankih plasti** v letu 1990, **Osnove vakuumske tehnike za srednješolske predavatelje** v letu 1993, **Osnove vakuumske tehnike za vzdrževalce naprav** v letu 1996, **Netesnost sistemov in naprav** v letu 1997 in **Nasveti za uporabnike vakuumske tehnike** v letu 2002).

Cena knjige, ki jo lahko naročite po e-pošti: alenka.vesel@guest.arnes.si, je 6000,00 SIT.

dr. Peter Panjan

INTERVJU

POGOVOR S PROF. DR. ALOJZEM PAULINOM

Prof. dr. Alojz PAULIN se je rodil 10. 8. 1930 v Podbrezjah na Gorenjskem, kjer je obiskoval 4 razrede ljudske šole. Zaradi hitro spreminjajočih se vojnih razmer je najprej stopil na realno gimnazijo v Ljubljani, nato v Kranju, Celovcu in leta 1948 maturiral z odličnim uspehom na gimnaziji v Kranju. Med vojno je on in družina, iz katere izhaja, sodelovala v odporiškem gibanju, a leta 1947 so bili kljub temu izgnani iz svojega doma. Zaradi teh dejstev izhaja tudi njegova nadaljnja življenjska pot.

Jeseni 1948 se je vpisal na elektrotehniški oddelek Tehniške fakultete v Ljubljani, v letu 1950 pa je začel študij fizike. Bil je tudi asistent s področja telefonije pri prof. Osani in pri prof. Erženu. Diplomiral je 6. 8. 1955 na Oddelku za šibki tok Fakultete za elektrotehniko Tehniške visoke šole v Ljubljani pri prof. dr. Venčeslavu Koželju iz teoretske elektrotehnike.

Leta 1962 je na Elektrofakulteti v Ljubljani uspešno zagovarjal doktorsko disertacijo z naslovom "O pogojih delovanja mikrotrona z dvojnimi magnetom".

Takoj po diplomi je nastopil službo na Institutu "Jožef Stefan" na Oddelku za fizikalne naprave. Po opravljenem doktoratu je odšel v Nemčijo, kjer je delal pri DESY (Deutsches Elektronen Synchrotron) – Hamburg in sodeloval pri uspešni zgraditvi tega,

takrat največjega elektronskega sinhrotrona na svetu (7 GeV); udeležen je bil tudi pri projektu "storage ringa". Nadalje je prešel v Švico in sodeloval pri graditvi visokotokovnega ciklotrona za 600 MeV – najprej v okviru ETH Zürich, pozneje pa pri SIN (Schweizerisches Institut für Nuklearforschung) in PSI (Paul Scherer Institut).

Leta 1976 je zapustil znane visokotehnološke inštitute v tujini, da bi prenesel svoje znanje takrat še mladi VTŠ v Mariboru. Junija 1976 je bil izvoljen v naziv izrednega profesorja VTŠ in leta 1981 za rednega profesorja. Na fakulteti je predaval teoretične predmete, kot so: Teoretska elektrotehnika, Elektromagnetna polja, Elektrodinamika, Magnetne strukture, Linearna elektronika, Vezja in signali. V tem svojstvu je ostal do leta 1996, ko je odšel v pokoj.

Leta 1998 je bil predlagan v naziv "zaslužni profesor" za njegovo več kot 40-letno znanstveno delovanje na področju elektronsko-vakuumskih aparatov, zlasti zaradi predloga za zgraditev mikrotrona z ojačanim magnetnim poljem, in več kot 20-letno



Slika mikrotrona v kletni sobi IJS, kjer je bil pozneje NMR (na njej sta prof. Paulin (desno) in mag. Požar)



Montaža klistrona za 500 MHz za napajanje VF-rezonatorjev (RF cavity), Desy, spomladi 1964

uspešno pedagoško delo na Univerzi v Mariboru, tudi za uvedbo prvega študija vakuumistike v srednji Evropi, in bil v ta naziv tudi izvoljen.

Prof. Paulin je član raznih domačih in mednarodnih strokovnih organizacij, kot so: Zveza Društev inženirjev in tehnikov, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, bil je član izvršnega odbora ETAN-a (Elektrotehnika, Telekomunikacije, Avtomatika, Nuklearna tehnika), dalje je član Deutsche Physikalische Gesellschaft, European Physical Society in Institute of Electrical and Electronic Engineers.

Kakšni so vaši spomini na prvo službo, ki ste jo nastopili še v Sloveniji, na takrat še zelo mladem Institutu "Jožef Stefan"?

Moja prva naloga je bila zgraditev mikrovalovnega elektronskega ciklotrona – mikrotrona za 3 MeV. Gradnja tega pospeševalnika je zahtevala od graditelja, da se je temeljito spoznal z novimi področji fizike in tehnike, kot so mikrovalovi, magnetika, visokonapetostna tehnika, vakuumsko tehnika, finomehanika, merilna tehnika, radioaktivnost. Te nove tehnologije, katerih večina je bila v takratni Jugoslaviji neznana, sem ob delu spoznaval ter jih



Slavje ob zagonu 7 GeV sinhrotrona, februarja 1964. Na sliki spodaj pod aparaturami čisto levo Rolf Wideroe (začetnik linearnih pospeševalnikov in betatrona), sledijo Jentchke, Schaffer itd. (DESY, februar 1964)

delno tudi prvi vpeljeval v prakso. Mali pospeševalnik je v pičlih treh letih uspešno stekel in mi omogočil nekaj dobrih publikacij v vrhunskih svetovnih revijah.

Ali bi lahko še malo več povedali o omenjenem mikrotronu?

Elektronski ciklotron ali mikrotron je bil takrat med pospeševalniki nekaj novega. Pot delcev v njem je nekaj metrov. Njegovo izvedbo je omogočil plazovit razvoj mikrovalovne tehnike med 2. svetovno vojno. Kazalo je, da bo zaradi dimenzij magnetna ostal omejen na nizko energijo (nekaj megaelektronvoltov). Njegova uporabnost zato ni bila obetajoča v jedrski fiziki, uporabiti pa bi se dal v medicini in biologiji, ali kot vbrizgalnik za večje pospeševalnike. Zaradi lahkega izvleka elektronskega curka in cenenosti bi mogel imeti nekatere prednosti pred betatronom in linearnim pospeševalnikom. Omenjena dva – betatron in linearni pospeševalnik, sta bila tedaj že močno dognana; izdelovale so ju različna podjetja kar po naročilu. Mikrotron pa bil še v laboratorijskem stadiju; zato je bil projekt mikrotron sprejet v razvojni načrt Instituta "Jožef Stefan".

In kakšna je ta naprava?

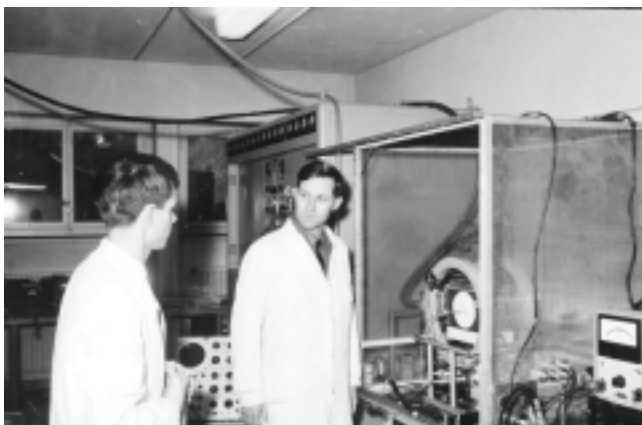
To je vakuumsko posoda ploščate oblike z magnetom za ustvarjanje prečnega magnetnega polja. V posodi je nameščen mikrovalovni resonator, ki povzroči pospeševanje elektronov v magnetno polje. Mikrovalovni resonator je zahteven finomehanični izdelek. To je bakren toroid premera nekaj centimetrov z dvema proti središču segajočima izboklinama. Za dobro delovanje je treba uskladiti oblike notranjih površin toroida in razdaljo med izboklinama z vzbujevalno frekvenco. Za vzbujanje smo uporabili magnetron, ki ga nismo napajali kontinuirno, ampak s posebnim impulznim generatorjem.

Večkrat ste omenili uspešno raziskovalno-razvojno delo za pripravo doktorata in potem trudapolno pot do disertacije

Doktorsko disertacijo sem oddal že 1959, vendar mi jo je zaradi takratnih birokratskih postopkov uspelo zagovarjati šele 20. 6. 1962. Postal sem 13. doktor na ljubljanski Elektrofakulteti (šteto od ustanovitve leta 1919 naprej). Med tem je bilo moje delo že objavljeno v znani reviji Nuclear Instruments & Methods in citirano v knjigi takrat vrhunskega znanstvenika Lapostolla.

V vašem času še ni bilo magistrskega študija, a vi ste vseeno tudi magistrirali?

Med čakanjem na zagovor disertacije je profesor Aleš Strojnik uvedel podiplomski študij iz Elektronske optike in elektronskooptičnih naprav. Izkoristil



Poskusi z VF-plazmo na ETH Zürich, poleg prof. Paulina (desno) še mlajši asistent (1965 ali 1966)

sem priliko in se vpisal na omenjeno smer in jo maja 1962 končal kot prvi magister v Jugoslaviji.

Svoje znanstveno delo imate podprto s preko 200 objavami, kjer mnogokrat nastopate kot samostojni avtor – s prenekaterimi ste zaorali ledino. Ali se spominjate svoje prve pomembnejše objave?

Moja prva publikacija je bila predlog novega izvira elektronov v mikrovalovnem resonatorju mikrotrona, ki je omogočil večjo resonančno magnetno polje – mikrotron z ojačanim magnetnim poljem.

Vaša prva služba v tujini je bilo sodelovanje pri gradnji DESY. Kdaj se je pričela in končala gradnja tega velikega pospeševalnika?

Prvi koraki so stekli že nekaj let pred mojim prihodom, zaključek osnovnega projekta – tj. sinhrotrona z energijo 7 GeV – pa je bil v letu 1964; potem sem odšel v Švico na ETH v Zürichu, od tam pa na Schweizerisches Institut für Nuklearforschung (SIN), ki se je kasneje preimenoval v Paul Scherrer Institut.



Skupinska slika pred zagonom ciklotrona FFAG (Fixed Field Alternating Gradient) pri Zürichu maja 1974

Le-ta je takrat sodeloval pri gradnji ciklotrona FFAG (600 MeV, 100 μ A) tudi v bližini Zürichu.

Na katerih pomembnejših krajih ste še delovali?

Sodeloval sem tudi pri CERN-u, pri supraprevodnem ciklotronu v East Lansingu in pri razvoju ciklotrona v Beogradu.

Vaše delo je bilo vseskozi močno povezano z izpopolnjevanjem delovanja in s konstruiranjem pospeševalnikov delcev. Verjetno ste vpeljali zanimive novosti?

Že v tujini sem predložil hitri fazni premik za izboljšanje akceptance v krožni pospeševalnik vbrzganih elektronov. Predložil sem koaksialno anteno, s katero je možno meriti časovno obliko po osi brzečega curka, kar je bila popolna novost. Po moji zamisli je bil izdelan elektrostatični in magnetostatični ekstraktor in delilec curka. Predložil, izračunal in preizkusil sem tudi nov visokofrekvenčni odklonski sistem za razsekavanje pulza delcev.

V tistem obdobju je bilo precej težje kot sedaj dosegati visoki vakuum?

Da, res je. Takrat (pred letom 1965) je visoki vakuum (VV) temeljil na difuzijskih črpalkah in tlak reda 10^{-6} mbar v večjih posodah je bil že zelo lep dosežek. Veliko je bilo steklenih sistemov pa črpalk in merilnikov z živim srebrom. Pospeševalniki so bili seveda že takrat popolnoma kovinski in pri njih so za evakuiranje že uporabljali ionsko-getske črpalke; s skrajnimi napori se je tu dosegalo 10^{-8} in celo 10^{-9} mbar. Večji uporabniki VV so skoraj vedno imeli svoje specializirane laboratorije in delavnice, ki so vakuumsko opremo razvijale in izdelovale kar same – prenekatero celo merilnike in črpalke. Tako je bilo pri nas, in tudi v tujini. Vzporedno so se na podoben način razvijale tovarne vakuumske opreme in naprav.



Prof. Paulin (levo) v krogu znancev na srečanju hrvaškega in slovenskega vakuumskega društva na Brdu maja 2003

Mislím, da bi bil ta del tehnične zgodovine – namreč razvoj naprav za doseganje vakuuma – vreden obravnavanja v posebnem članku.

Katerih vakuumskotehničnih problemov se najbolj spominjate iz sodelovanja pri gradnji pospeševalnikov?

Vakuumske posode, cevovodi in črpanje so bili do prej opisane stopnje že razviti, toda nestandardni deli so povzročali nemalo sivih las laborantom, konstrukterjem in tehnologom. Taki deli so bili: različnim zahtevam prilagojene električne prevodnice, veliki resonatorji zahtevnih oblik, vakuumsko tesni cevni dovodi za mikrovalove, mikrovalovna okna itd.

Kako gledate na vakuumsko znanost in tehniko sedaj?

Vakuum je vseobsegajoč medij za vse stvari. Vse kar je, se pravzaprav nahaja v vakuumu, od daljnega vesolja in redke atmosfere v velikih višinah do našega okolja, kjer so te molekule le bolj zgoščene, in podobno je tudi z atomi snovi vseh agregatnih stanj. Teorije o svetu delcev so torej vezane na vakuum in s tem tudi vakuum na sodobno znanost. V nekaterih pogledih bi lahko rekli, da se vakuumsko znanost dotika filozofskih vprašanj.

Vakuumska tehnika pa je zbirka zelo dodelanih izkušenj za doseganje različnih stopenj vakuuma – lahko bi rekli, da v nekaterih primerih postaja popolnoma tehnični pripomoček. Potreba pa je, da ta znanja razvijamo naprej, saj so osnova najrazličnejšim visokim tehnologijam. Brez pravega vakuuma si na primer ni mogoče predstavljati čistih površin trdnih snovi, številnih sodobnih preiskovalnih metod, osvajanja vesolja itd.

Leta 1976 ste prišli v Maribor. Kako ste se vživeli v delo na univerzi?

Poleg rednega pedagoškega dela sem sodeloval pri pripravljanju programov in pisanju učbenikov. Pri diplomskih delih sem rad sprejemal tudi teme, ki niso



inštitucija DESY ima sedaj mnoge nove načrte; med njimi je verjetno najzanimivejša gradnja 30 km dolgega supraprevodnega linearne pospeševalnika (linac); na sliki je ena novejših aparatov iz tega okolja.

bile zajete pri predavanjih predmetih, a so po mojem mnenju spadale na Univerzo, kot npr. telefonija, brezžične zveze, ekologija. Bil sem tudi nosilec prenekaterih razvojno-raziskovalnih naloge.

Kako je prišlo do vpeljave tretjestopenjskega študija na mariborski univerzi?

Začetki segajo v leto 1976. Skupaj s somišljeniki vakuumisti sem na pobudo prof. dr. Evgena Kanskega in na osnovi interesa strokovnjakov iz Ljubljane, Zagreba, Beograda, Niša in Sarajeva zelo aktivno sodeloval pri organiziranju imenovanega študija na Tehniški fakulteti v Mariboru. Tako je bilo omogočeno podiplomsko izobraževanje kemikov, fizikov, metalurgov, strojnikov in elektronikov, ki so bili zaposleni v specialni elektronski industriji. Interdisciplinarno področje vakuumске tehnike je bilo v takratni Jugoslaviji zelo konjunktorno. Za predavatelje so bili izbrani vrhunski strokovnjaki in profesorji iz ETH (Zürich), Univerze v Beogradu, Univerze v Ljubljani in Univerze v Mariboru. Prva predavanja so se pričela jeseni 1984 na takrat še zelo močnem Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko v Ljubljani.

Kako je ta študij zaživel, kako ste ga doživljali?

Na mariborsko univerzo se je na podiplomski študij "Vakuumistika" skupno vpisalo 61 mladih raziskovalcev – v prvih letih iz vse Jugoslavije (predvsem iz Srbije in BiH) v zadnjem desetletju in pol pa le iz Slovenije. Večina izmed njih si je pridobila akademski naslov magister oz. doktor s tega področja in mnogim izmed njih sem bil mentor.

Kakšen je po vašem mnenju pomen tega študija?

V zadnjih letih je bila Vakuumistika na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru kljub težavam v gospodarstvu še vedno edina smer na podiplomskem študiju v Sloveniji za področje vakuumskih tehnologij, kjer se izobražujejo in vzgajajo mladi strokovnjaki za potrebe raziskovalnih inštitucij in slovenske industrije, ki se počasi oživlja. Če se hoče neki narod obdržati, mora globoko zaorati v svojem razmišljanju o prihodnosti in ugotovil bo, da se ne sme izogibati stvarim, ki so zahtevne in težke. Le take dejavnosti – in mednje gotovo spada vakuumsko tehnika s svojimi visokimi tehnologijami – dolgoročno ohranjajo socialno varnost in vsakršno neodvisnost.

Kakšne so možnosti za naprej?

Ker sem vse življenje delal na področjih, povezanih z znanostjo o vakuumu, sem želel, da se to tehnično področje v Sloveniji ohranja in sem po svojih močeh želel in še želim pomagati. Kot veste, žal ta

študij v Mariboru ugaša; od mlajših in od mladih je odvisno, kako bo v prihodnje.

Koga od manj znanih starejših strokovnjakov bi vi še prišteli med slovenske vakuumiste?

Mislím, da bi morali imenovati naslednje: dr. Edvarda Cilenška, prof. dr. Janeza Dekleva, prof. dr. Aleša Strojnika in mag. Franca Požarja; delovali so na Institutu "Jožef Stefan", kasneje pa na strojni in elektro fakulteti ter na srednji tehnični šoli. Po mojem poznanju so bili dobri vakuumisti; uporabljali in razširjali so takratno pionirsko vakuumsko znanje na Slovenskem. Predlagam, da bi glede podrobnosti o takratnem tehniškem stanju na fakultetah in na Institutu "Jožef Stefan" kontaktirali prva dva, ki sta še dosegljiva. Lahko bi nastal lep prispevek k poznanju naše tehniškokulturne zgodovine.

S čim se ukvarjate sedaj v pokoju?

Veliko sem z družino in počnem stvari za dom, za kar prej ni bilo časa. Rad pa sledim novostim iz znanosti in tehnike ter podatkom o zgodovini slovenstva v srednjeevropskem in širšem okviru. Rad bi navedel dve točki iz mojega tozadevnega "znan-

stvenega" delovanja, ki nasprotujeta sedanjim uradnim teorijam:

1. Slovani se v srednji Evropi niso naselili šele v 6. stoletju, ampak že tisočletja prej (Šafarik, Žunkovič, Berlot, Tomažič); izumrli Goti niso bili germansko, ampak slovansko pleme.
2. Foton se lahko opiše tudi samo z elektromagnetno teorijo, brez korpuskularne.

Ker ne živim v Ljubljani, ampak v Trziču, in zaradi šolanja svojih otrok deloma v Celovcu, iz druge perspektive spremljam situacijo v Sloveniji in jo tudi malo drugače ocenjujem. Zanimiva so mi tudi nekatera filozofska razmišljanja, ki jih spremljam in po svoje razvijam naprej.

Ali prejimate Vakuumista in kako vam je všeč?

Seveda, nanj sem redno naročen. Mislím, da je to zelo priljudna tehnična revija. V Vakuumistu zvesto čitam prispevke dr. Južniča, še posebej mi je zanimiva zgodovina in delovanje nemškega življa in plemstva na slovenskih tleh. In pa seveda teksti, ki jih napišejo moji znanci.

AP

Vacuum is nothing, but everything to us



Leak detection
made easy

QualityTest™

- ▶ On-Screen prompts for easy operation
- ▶ Push-button self-calibration
- ▶ Highest sensitivity $5 \cdot 10^{-12}$ mbar l/s

Set the standard in
benchtop gas analysis

OmniStar™

- ▶ Turnkey operation
- ▶ Compact mass spec system
- ▶ PPB detection limits



PFEIFFER  **VACUUM**

Pfeiffer Vacuum Austria GmbH

Phone +43 (0) 1 8941 704 · Fax +43 (0) 1 8941 707 · office@pfeiffer-vacuum.at · www.pfeiffer-vacuum.at

SCAN d.o.o. Slovenija

Phone +386 (0) 4-27 50 200 Fax +386 (0) 4-27 50 540 · scan@siol.net · www.scan.si



TurboCube

The modular pumping station will fit
your application



- ▶ Easy adaptation to your vacuum process
- ▶ No additional control necessary
- ▶ Integration in Profibus control

PFEIFFER  **VACUUM**

Pfeiffer Vacuum Austria GmbH

Phone +43 (0) 1 8941 704 · Fax +43 (0) 1 8941 707 · office@pfeiffer-vacuum.at · www.pfeiffer-vacuum.net

SCAN d.o.o. Slovenija

Phone: +386 (0) 4-27 50 200 · Fax +386 (0) 4-27 50 240 · scan@siol.net · www.scan.si

www.pfeiffer-vacuum.net