

# **zobozdravstveni vestnik**

**glasilo slovenskih  
zobozdravstvenih  
delavcev**

livnost nekaterih dentalnih zlitin v odvisnosti od temperature livne forme • raziskava korozjske odpornosti nizkokaratne protetične zlitine v sulfidni raztopini • klinično primerjanje lepljivosti nekaterih podlag za zdravila in orabase na ustni sluznici • računalništvo v našem zdravstvu • računalniško podprt informacijski sistem — pomoč preventivni dejavnosti v zobozdravstvu • stomatološka klinika včeraj, danes, jutri • lek za zobozdravstvo • recenzije in poročila • in memoriam

**dental journal of  
slovenia-yugoslavia**

casting properties of some dental alloys as a function of the temperature of the casting mould • a study of corrosion resistance of a low gold prosthetic alloy in sulfide solution • clinical comparison of the adhesiveness of some adhesive vehicles and orabase on the oral mucous membrane • computers in our health care • computer-assisted information system — an aid in preventive dentistry • the department of stomatology yesterday, today and tomorrow • lek for the dentistry • reviews and reports • in memoriam

**3-4**

**36. letnik  
leto 1981**

# Z O B O Z D R A V S T V E N I V E S T N I K

Letnik XXXVI

Št. 3-4

Leto 1981

UDK 616.31(05)(497.12)

YU ISSN 0044-4928

## V S E B I N A

LIVNOST NEKATERIH DENTALNIH ZLITIN V ODVISNOSTI OD TEMPERATURE LIVNE FORME — R. Sedej, M. Kulš . . . . .	51
RAZISKAVA KOROZJSKE odpornosti niz-kokaratne protetične zlitine v sulfidni raztopini — R. Sedej, M. Kulš, M. Doberšek . . . . .	59
KLINIČNO PRIMERJANJE LEPLJIVOSTI NEKATERIH PODLAG ZA ZDRAVILA IN ORABASE NA USTNI SLUZNICI — D. Grošelj, H. Grošelj, J. Müller . . . . .	71
RAČUNALNIŠTVO V NAŠEM ZDRAVSTVU — J. Gašperšič . . . . .	76
RAČUNALNIŠKO PODPRT INFORMACIJSKI SISTEM — POMOČ PREVENTIVNI DEJAVNOSTI V ZOBOZDRAVSTVU — F. Farčnik, M. Tominc, J. Gašperšič . . . . .	78
STOMATOLOŠKA KLINIKA VČERAJ, DANES, JUTRI — F. Farčnik, V. Vrbič . . . . .	81
LEK ZA ZOBOZDRAVSTVO . . . . .	89
RECENZIJE IN POROČILA . . . . .	94
IN MEMORIAM . . . . .	108

## C O N T E N S

CASTING PROPERTIES OF SOME DENTAL ALLOYS AS A FUNCTION OF THE TEMPERATURE OF THE CASTING MOULD — R. Sedej, M. Kulš . . . . .	51
A STUDY OF CORROSION RESISTANCE OF A LOW GOLD PROSTHETIC ALLOY IN SULFIDE SOLUTION — R. Sedej, M. Kulš, M. Doberšek . . . . .	59
CLINICAL COMPARISON OF THE ADHESIVENESS OF SOME ADHESIVE VEHICLES AND ORABASE ON THE ORAL MUCOUS MEMBRANE — D. Grošelj, H. Grošelj, J. Müller . . . . .	71
COMPUTERS IN OUR HEALTH CARE — J. Gašperšič . . . . .	76
COMPUTER-ASSISTED INFORMATION SYSTEM — AN AID IN PREVENTIVE DENTISTRY — F. Farčnik, M. Tominc, J. Gašperšič . . . . .	78
THE DEPARTMENT OF STOMATOLOGY YESTERDAY, TODAY AND TOMORROW — F. Farčnik, V. Vrbič . . . . .	81
»LEK« FOR THE DENTISTRY . . . . .	89
REVIEWS AND REPORTS . . . . .	94
IN MEMORIAM . . . . .	108

Revijo sofinancirata Raziskovalna skupnost Slovenije in Zdravstvena skupnost Slovenije.  
Lastnik in izdajatelj: Društvo zobozdravstvenih delavcev — Glavni in odgovorni urednik:  
prof. dr. sc. dr. R. Sedej — Urednik: as. dr. D. Gašperšič — Uredniški odbor: prof. dr. sc. dr. C. Ravnik, prof. dr. sc. dr. F. Farčnik, as. dr. L. Marion, dr. M. Rode, J. Dobrin, višji zobot., P. Gošnik, višji zobot., K. Lančoš, med. s. — Tisk ČGP Delo, Ljubljana — Uredništvo: 61000 Ljubljana, Hrvatski trg 6; telefon 312-622, tekoči račun 50103-678-47366; devizni račun pri Ljubljanski banki — Gospodarski banki 50100-620-107-25730-5114/4

Naročnina za člane DZDS je 150 din, za nečlane 200 din, za dijke in študente 100 din, za ustanove 250 din. Če pošta glasilo dvakrat vrne zaradi napačnega naslova, pošiljanje prenega na odgovornost naročnika. Zato je treba vsako spremembo naslova nemudoma sporočiti uredništvu. Društvena članarina je posebej:

50 din

## INŠITUT ZA PREDKLINIČNO PROTETIKO MF

Predstojnik: prof. dr. sc. dr. Rajko Sedej

UDK 616.314-089.28-074:669.018.8

**RAZISKAVA KOROZIJSKE odpornosti nizkokaratne protetične zlitine v sulfidni raztopini**

R. Sedej, M. Kuliš, M. Doberšek

**Teoretične osnove**

Zabarvanje in korozija dentalnih zlitin v ustih ni le teoretično vprašanje, marveč ima tudi velik praktičen pomen. V razvoju dentalnih zlitin od visokokaratnega zlata, platinskega zlata in srebrno-paladijevih zlitin do cenenih zlitin z nizko vsebnostjo zlata se vprašanje korozijske odpornosti stopnjuje in postaja celovito, pomembno za prakso in teorijo. Zato smo pričeli sistematično zasledovati njihove kemične lastnosti in korozisko odpornost.<sup>11, 12</sup>

Korozija je nezaželeno razjedanje kovinskih površin zaradi kemičnih ali elektrokemičnih procesov.<sup>2, 5, 8</sup> Kemična korozija je neposredna reakcija kovine s kemičnimi agensi, pri katerih se tvorijo oksidi, sulfidi, kloridi, acetati, karbonati ipd. Koroziji produkti se povežejo s kovinsko površino v obliki filmov, ki zabarvajo kovino z interferenčnimi barvami, lahko pa tudi odpadejo s površine kot oborjene snovi.<sup>9, 12, 14</sup>

Elektrokemična korozija poteka ob prisotnosti elektrolitov, to so raztopine kislin, soli ali lugov. Kovine oddajajo pozitivne ione v elektrolit in imajo različne elektropotenciale (naponska vrsta).<sup>2, 8</sup> Manj plemenite kovine se bolj intenzivno odtapljajo v elektrolit. Podobno se dogaja v nehomogenih strukturah ali v večfaznih strukturah. Elektropotencialna razlika med kovinama ali fazama, neposredni stik kovin in prisotnost elektrolita, v ustih je to slina, so trije izpolnjeni pogoji za pričetek procesa elektrokemijske korozije.<sup>11</sup>

Kemične lastnosti in s tem korozisko odpornost zlitin spreminjajo tile dejavniki:

1. Kvalitativna in kvantitativna sestava zlitine. Ker so dentalne zlitine praviloma enofazne z raztopinskimi (zmesnimi) kristali, je pomembna njih

kemična homogenost ali njen nasprotje, to je pojav izcejanja (segregacije). Zlitine so večkomponentne, kar pomeni, da jih sestavljajo elementi z različnimi tališči, z različnimi atomskimi premeri in atomi imajo različne difuzijske hitrosti. Vse to dejansko vpliva na večje ali manjše izcejanje. Količina zlata in paladija v zlitinah ima pomembno vlogo v zaščiti nežlahtnih sestavin.

2. Zgradba zlitine je lahko glede na sestavo in ev. umetno cepljenje ter tehnološke postopke predelave drobnozrnata ali grobozrnata. Velikost kristalnih zrn je odvisna od števila kristalnih kali, hitrosti kristalizacije,<sup>16</sup> specifične površine livnega objekta in od količine uporabljene kovine.

3. Stanje zlitine se izraža v kompaktni ali porozni kovini in prisotnih nečistočah. Mikroporoznost je posledica krčitvenih in reaktivnih procesov ter plinskih mehurčkov, medtem ko so heterogeni vključki predvsem posledica tehnoloških napak.

4. Površinska obdelava kovine predstavlja kakovost brušenja in končnega poliranja.

Za potek korozije pa so odgovorni še sestava elektrolita, njena pH vrednost in kemična aktivnost. V laboratorijskih poskusih lahko poljubno spremojamo lastnosti elektrolita, v ustih pa je slina malo spremenljiv elektrolit.<sup>11</sup>

Industrijsko izdelane dentalne zlitine imajo definirano kemično sestavo in s tem tudi tehnične vrednosti. Izhodni material ne sme vsebovati nečistoče, vedeti pa je, da se množina onesnaženja zlitine z večkratnim pretaljevanjem pojavi in povečuje. To so oksidacijski produkti, delci vložne mase, grafitni delci ipd.

### Izcejanje

Za razliko od čistih kovin, ki kristalizirajo pri določeni temperaturni točki, se dentalne zlitine strujejo v temperaturnem intervalu. To povzroča nastajanje izcej v liti strukturi, ki so vzrok za korozijsko manj odporne zlitine. Čim večji je temperaturni interval strjevanja, toliko večje so možnosti za izcejanje različnih sestavin zlitine. Koncentracije elementov, ki sestavljajo zlitino, se spreminjajo od glavne osi dendrita proti robu, to je interdendritnemu prostoru. Razlike so odvisne od difuzijske sposobnosti atomov prisotnih kovin in od njihove hitrosti strjevanja. Stopnjo mikroizcejanja (SM) merimo z razmerjem koncentracije elementa v sredini dendrita v meddendritskem prostoru.<sup>16</sup>

$$\text{Stopnja mikroizcejanja} = \frac{\text{maksimalna koncentracija elementa}}{\text{minimalna koncentracija elementa}}$$

Čim večji je količnik SM, tem bolj nehomogena je zlitina, ki ima zato manjšo kemično odpornost.

Segregacije je možno odpraviti z difuzijskim žarjenjem, pri tem pa je dosežena homogenost odvisna od časa in temperature žarjenja.

Poenostavljena oblika Fickovega zakona  $\lambda = 2,45 \cdot \sqrt{D \cdot t}$  ( $\lambda$  = difuzijska pot atomov,  $t$  = čas žarjenja,  $D$  = difuzijski količnik)<sup>16</sup> opredeli odvisnost koncentracijske izenačitve. Enačba nakazuje, kako pomembna je velikost kristalnega zrna, saj čas homogenizacijskega žarjenja narašča s kvadratom difuzijske poti. Za dentalne zlitine je ta ugotovitev izrednega pomena, ker ne moremo in ne smemo izpostaviti protetičnega objekta v povišano temperaturo za daljši čas.

### *Poroznost in plinski mehurčki*

Poroznost je zanesljiv pojav pri nezadostnem napajanju ulitka zaradi krčenja kovine pri strjevanju. Plinski mehurčki so posledica raztopljenih plinov v talini ali reakcij nežlahtnih kovin z okoljem. S pregrevanjem taline raste količina raztopljenih plinov v talini zlasti pri neustreznih zaščiti s talili. Poroznost vpliva na korozijo le v primeru, ko pride pri mehanski obdelavi protetičnega izdelka le-ta na površino.<sup>3, 11</sup> Robovi poroznosti so izhodišča za korozijo, medtem ko porozne napake znotraj ulitka ne vplivajo na korozionsko odpornost zlitine, temveč le na mehanske lastnosti.

### *Površinska obdelava*

Pri kovinskih protetičnih izdelkih je površinska gladkost pomemben dejavnik za korozionsko odpornost.<sup>11</sup> Od gladkosti oz. hrapavosti je odvisna intenzivnost elektrokemične korozije. Robovi raz in poroznosti so v odnosu do ravnih in gladkih površin anodna mesta elektrokemične korozije.<sup>2</sup>

### *Oblike kemične korozije*

Neposredna reakcija kovinske površine s koroziskimi raztopinami se lahko izraža v raznih oblikah:

1. Enakomerno zabarvanje celotne površine homogenega preiskovanca. Debelina koroziskskega filma se kaže v različnih barvnih odtenkih.
2. Napad korozionsko manj odpornih meddendritnih prostorov. V tem primeru se pokaže dendritska struktura v svetlejšem odtenku, ker so meddendritni prostori bolj zabarvani. Tuccillo in Nielsen imenujeta to obliko matriksni napad.<sup>14</sup>
3. Napad zrn po anizotropnih lastnostih zaradi različnih orientacij kriostalografskih osi. Zato so nekatera zrna močno zabarvana, nekatera manj, druga pa celo nenapadena.

4. Interkristalni napad. Heterogene nečistoče in izceje v kristalnih mejah nudijo večje možnosti za to obliko korozije.<sup>2, 8</sup>

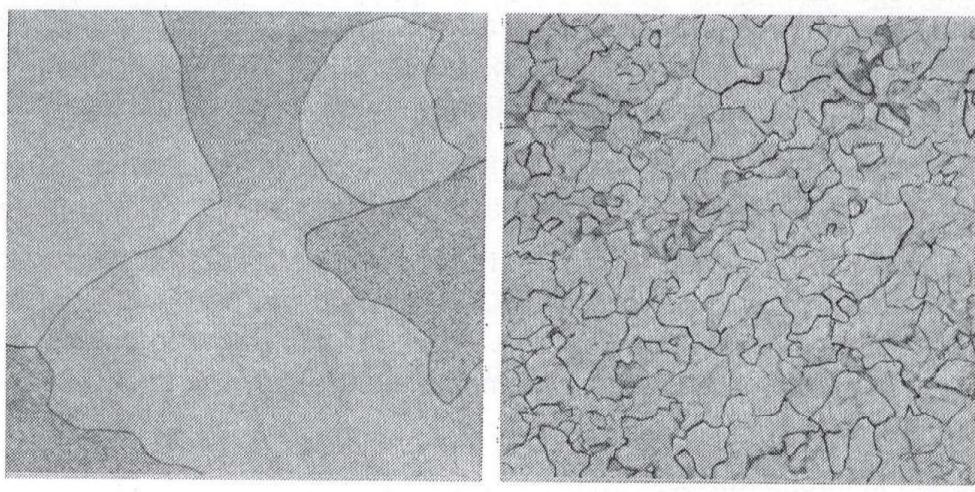
5. Navajajo tudi napad dendritov, pri čemer ostane matriks neprizadet ali manj napaden.<sup>14</sup> V tem primeru bi morali biti dendriti manj odporni kot matriks, kar pa je neobičajno v zlatih zlitinah.

Oblika koroziskskega napada ni odvisna samo od sestave in narave zlitine ter njene mikrostrukture, marveč tudi od koncentracije koroziskskega medija in časa njegovega delovanja.

### Material in metode

#### Dentalni zlitini

Za standardno zlitino smo izbrali 20-karatno dentalno zlato Aurodent 20, ki ima sestavo: zlato 833 %, srebro 100 %, baker 60 %, cink 70 %. Talilni interval je 920–950<sup>0</sup> C.<sup>13</sup> Preiskovano nizkokaratno zlato zlitino sestavljajo 460 % zlata, paladij, srebro, baker, cink in modifikator. Zgradbo opredeli slika 1. Talilni interval je 850–920<sup>0</sup> C.



Slika 1. A) Mikroposnetek jedkanega vzorca 20-karatne zlate zlitine. Velikost zrn je nad 600  $\mu\text{m}$ . Na sliki je 6 nezaključenih zrn. Pov. 100 X. B) Mikroposnetek jedkanega vzorca nizkokaratne zlate zlitine. Povprečna velikost zrn je do 50  $\mu\text{m}$ . Pov. 100 X.

#### Priprava vzorcev

Iz obeh zlitin smo precizjsko ulili okrogle ploščice s premerom 11 mm debeline in 1,6 mm (preiskovalna površina vzorca 100  $\text{mm}^2$ ) pri temperaturi livne forme 700<sup>0</sup> in 300<sup>0</sup> C z enominutnim pregrevanjem taline. Ulivali smo po dva vzorca v eni kiveti.

Mehanično očiščene ulitke smo izprali v vroči 15%-ni žvepleni kislini, nakar smo jih po metalografskih načelih vložili v bakelitno maso in izdelali

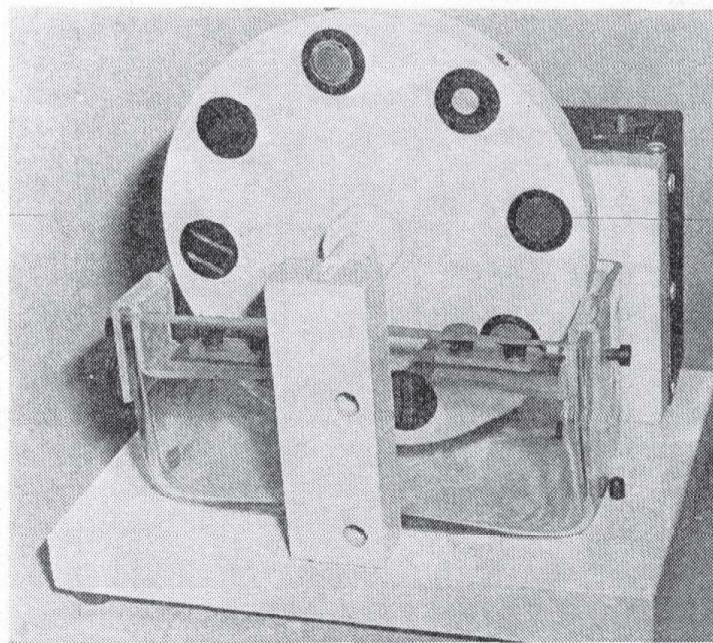
obruske: brušenje na vodobrusnih papirjih do štev. 600 in poliranje na suknu z glinico.

Po končanih prvih koroziskih testih smo ulite vzorce difuzijsko žarili. Uporabili smo tele postopke:

- iz bakelitnih obruskov smo odstranili ulite vzorce
- vzorce smo vložili v grafitno retorto med grafitni prah ter zaprli z grafitnim zamaškom in jih vstavili v žarilno peč, segreto na temperaturo  $350^{\circ}\text{C}$
- žarilno peč smo postopno ogrevali 30 minut do  $700^{\circ}\text{C}$  in žarili na tej temperaturi 20 minut
- ohlajevanje do  $500^{\circ}\text{C}$  je trajalo 30 minut, pri tej temperaturi smo zakalili vzorce v hladni vodi ter jih kemično očistili
- izdelali smo nove metalografske obruske za ponovne koroziske teste.

#### *Koroziski test*

Za korozisko testiranje smo uporabljali napravo, izdelano po Nielsenovi zamisli, ki zagotavlja izjemne razmere za koroziske procese.<sup>14</sup> Vsak preizkušanec je potopljen 15 sekund v korozisko agresivnem mediju, nakar ga brisalec obriše, da se zatem na zraku v 45 sekundah osuši. Preden se potopi v medij, ga drugi brisalec ponovno obriše. Tako je vsak preizkušanec v eni uri 60-krat izmenično potopljen in osušen (slika 2).



Slika 2. Naprava za preizkušanje koroziske odpornosti kovin. V celoti je izdelana iz plastične mase razen steklene kadice in elektromotorja. Vrteče kolo premera 18 cm ima 8 izvrtin, v katerih so vloženi metalografski obruski. Levo in desno na kadici sta pritrjena brisalca. Za kadico je elektromotor s števcem obratov. Hitrost vrtenja je 1 obrat na minuto.

V začetnih poskusih smo uporabljali brisanje vzorcev, kar se je izkazalo za neuspešno, zato smo ga v glavnih poskusih opustili. Za korozijski medij smo uporabljali 1 in 5%-no raztopino  $\text{Na}_2\text{S}$ . Za ponovitev poskusa smo uporabljali isto raztopino, za novi poskus pa sveže pripravljeno.

Korozijske spremembe na preizkušancih smo ugotavljali makroskopsko in mikroskopsko; v začetnih stadijih vsakih pet ur, kasneje vsak dan.

Postopki za pregled preizkušancev: izplakovanje z vodo, izpiranje z destilirano vodo, nato z absolutnim metanolom in sušenje s toplim zrakom.

Za vsako ponovitev testa na istih preizkušancih smo le-te ponovno brusili na vodobrusnih papirjih in strojno polirali na suknu z glinico.

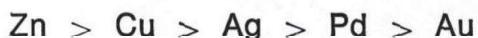
Za končni mikroskopski izvid mikroizjedlin smo utemeljili ročno odstranitev filma korozijskih produktov, ki prekrivajo kovinsko površino, in to na suknu z zelo razredčeno fino glinico.

## Rezultati

### *Narava in morfologija korozijskega filma*

#### 1. Kemične spremembe kovinske površine

Preiskovani dentalni zlati zlitini, ki sta bili izmenično potapljeni v raztopino  $\text{Na}_2\text{S}$  in sušeni na zraku, tvorita na kovinski površini sulfide in okside. Glede na sestavo zlitin nastajajo tile sulfidi: bakrov, srebrov in cinkov ter oksidi bakra in cinka. Redukcijska moč kovin<sup>4</sup>, ki sestavlja zlitini, je prikazana v zaporedju



Ali je vrstni red redukcijske moči tudi vrstni red tvorbe sulfidov oziroma oksidov v zlatih zlitinah, ni mogoče potrditi, ker je vsebnost posameznih elementov različna, ob tem pa je treba upoštevati še zaščitno sposobnost zlata in paladija, ki sta v koroziskem mediju inertna. Laub navaja, da so v koroziji zlatih zlitin najprej napadena področja srebrnih izcej in šele na na drugem mestu bakrene izceje.<sup>7</sup>

#### 2. Fizikalne spremembe kovinske površine

Korozijski film debeline v redu velikosti 0,1 mikron sestavljajo sulfidi in oksidi. Film prepušča sulfidne ione in kisik, kar dokazuje njegova debilitet, ki spreminja barve tenkih plasti.

---

**Razlaga barvne priloge.** Barvni indeksi 20-karatnega zlata (A-833) pomenijo: 0 – naravna barva zlata, 1 – rumena, 2 – oranžna, 3 – rožnata, 4 – škrlatno-rdeča, 5 – vijolična, 6 – modra, 7 – zelena, 8 – rijavo zelena. Vsi barvni odtenki so na zlati podlagi. Barvni indeksi nizkokaratnega zlata (A-460) pomenijo: N – naravna barva zlitine, 0 – barva zlata, I. – rumenooranžna, II – rijavo-oker, III. – svetlo grafitna; vsi barvni odtenki so na kovinski osnovi zlatega odtenka (0).

# INTERFERENČNE BARVE KOROZIJSKEGA FILMA



A - 833

A - 460

Interferenčne barve so merilo debeline nastajajočega koroziskskega filma.<sup>1</sup>

Najbolj izrazite barve smo opazovali na 20-karatnih zlatih preizkušancih. Barvni odtenki si sledijo: rumena, oranžna, rožnata, škrlatno-rdeča, vijolična, modra in zelena (barvna priloga). Uporabili smo Gravesovo načelo trodimenzionalnosti barve.<sup>6</sup> Koroziski produkti lahko prekrivajo kovinsko površino enakomerno, če je le-ta homogena, ali neenakomerno, če so v preizkušancu nehomogene razporeditve sestavin (n. pr. dendritske izceje).

Enakomerno nalaganje koroziskih produktov enakomerno debeli film in s tem spreminja barvne vrednosti oziroma barvni odtenek. Neenakomerno nalaganje pa povzroči spremembo kovinskega leska, ki jo zaznamo pod določenim kotom opazovanja; kovinska površina se zamegli.

Začetni in poznejši filmi koroziskih produktov kažejo v mokrem stanju svetlejši barvni odtenek in kovinski lesk, ki se po osušitvi spremenita. Barvna vrednost potemni, kovinski lesk se pod kotom opazovanja zamegli. Slednje dokazuje, da je koroziski film higroskopičen. Rast in debelitev koroziskskega filma se mikroskopsko izraža v zgoščanju sestavin filma, osnovni barvni odtenek je svetlejši, struktura filma postaja granulirana.

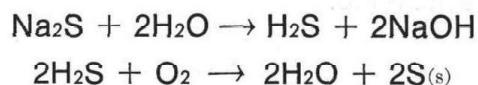
Film koroziskih produktov je izredno občutljiv in mehansko neodporen ter slabo adherenten na kovinski podlagi. Zato se nemoteno tvori le na preizkušancih, ki v koroziskem poskusu niso brisani.

Razen tvorbe filma se lahko pojavi tudi nespecifično jedkanje kovinske površine, pri čemer se odkriva mikrostruktura brez napada kristalnih mej.

### 3. Vzporedni pojavi v koroziskem filmu

Kontaminacija raztopine iz zraka, korozija bakelitnih brusov in redoksi-procesi medija, v katerih se izloča žveplo, se vključujejo v tvorbo koroziskskega filma. Mikroskopsko smo ugotovili, da so tudi enakomerne, še bolj pa neenakomerne koroziske spremembe odvisne od teh dejavnikov.

Mimo neposredne reakcije kovinske površine z žveplovimi ioni potekajo na svetlobi in zraku še tele reakcije:<sup>4</sup>



Raztopina  $\text{Na}_2\text{S}$  postane v poskusu motna in rumeno zabarvana, ker kisik iz zraka oksidira  $\text{S}^{2-}$  v elementarno žveplo v koloidni obliki.

Osnovni koroziski film torej ni samo plast sulfidov in oksidov, marveč vsebuje tudi heterogene vključke, ki spreminjajo njegov videz.

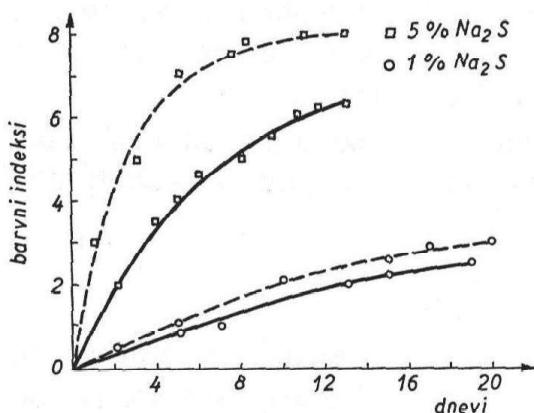
## Makroskopski izvidi preizkušancev

Na osnovi izdelane barvne skale interferenčnih barv tenkih plasti korozijskih filmov (barvna priloga) smo zasledovali spremnjanje le-teh v časovni odvisnosti. Najpomembnejše izvide smo strnili v dva diagrama.

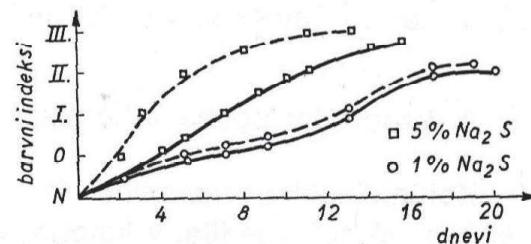
Koncentracija raztopine pomembno vpliva na hitrost in intenzivnost tvorbe korozijskega filma. V 1%-ni raztopini potekajo procesi pri obeh zlitinah na vseh preizkušancih vse bolj počasi in dosežejo po 20 dneh tretjo barvno stopnjo, medtem ko je 5%-na raztopina agresivnejša. Najbolj se izraža na 20-karatnem zlatu, kjer doseže maksimalni barvni indeks že po 13 dneh.

Ulitki brez topotne obdelave kažejo zaznavno večjo korozjsko odpornost kot po homogenizaciji, vendar je ta razlika pri nizkokaratni zlitini manj izražena, v 1%-ni raztopini je proces celo izenačen (vzporeden potev krivulj na diagramu 2).

**Diagram 1. Spreminjanje interferenčnih barv korozijskega filma tipičnega vzorca 20-karatnega zlata pred homogenizacijo in po njej v 1 %-ni in 5 %-ni raztopini  $\text{Na}_2\text{S}$ .**



**Diagram 2. Spreminjanje interferenčnih barv korozijskega filma tipičnega vzorca nizkokaratne zlate zlitine pred homogenizacijo in po njej v 1 %-ni in 5 %-ni raztopini  $\text{Na}_2\text{S}$ .**



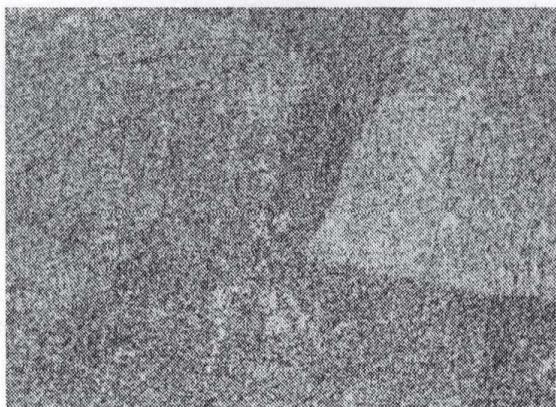
Polne črte veljajo za ulitke pred homogenizacijo, prekinjene pa po njej.

Ob primerjavi obeh diagramov ugotovimo iz barvnih indeksov, da je korozjska odpornost 20-karatne zlate zlitine za 4 barvne stopnje manjša kot pri nizkokaratni zlitini A-460.

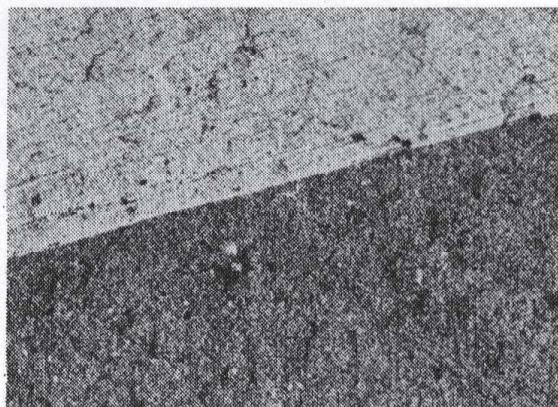
## Mikroskopski izvidi preizkušancev

Na vseh vzorcih in v vseh korozijskih poskusih je bilo v začetnih stadijih možno zasledovati tudi mikroskopske spremembe, ko pa nastane korozjski film, je težko opredeliti dogajanja pod njim.

Prvi redni mikroskopski pojav zaznamo že v prvem dnevu korozjskega poskusa. Poudarijo se polirne raze in mikroporoznost zaradi učinka ostrin (ostrih robov) v elektrolitu. Ostrine so anodna mesta elektrokemične korozije. Bolj verjetno pa je, da se na robove hitreje nalagajo mikroskopski produkti korozije ali da gre za oba pojava.



Slika 3

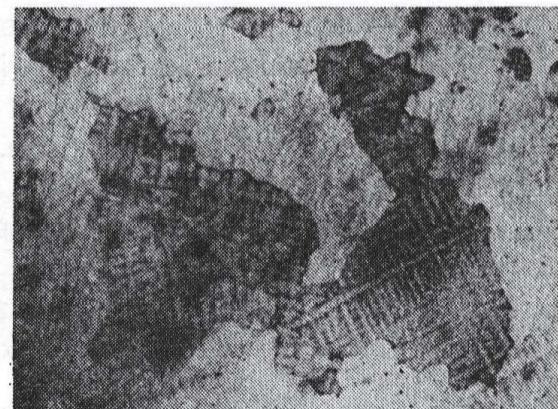


Slika 4

*Slika 3. Mikroposnetek 20-karatnega zlatega vzorca po 15 dneh korozjskega testa. Film sulfidov, ki prekriva površino, je pikčaste zgradbe. Po gostoti pik so ločljiva tri neostro oddeljena polja, ki predstavljajo tri kristalna zrna. Ulitek je bil homogeniziran. Pov. 200 X.*  
*Slika 4. Mikroposnetek nizkokaratne zlate zlitine po 20 dneh korozjskega testa (temnejši spodnji del) in po 10 dneh (svetlejši zgornji del); po 10 dneh smo namreč del filma odbrisali. Različna gostota sulfidnih pik daje različno svetlost površine. Ulitek brez toplotne obdelave. Pov. 200 X.*



Slika 5



Slika 6

*Slika 5. Mikroposnetek 20-karatnega zlatega ulitka brez toplotne obdelave. Korozisko so napadene dendritske izceje (temnejša mesta), zato so dendriti svetlejši. Ulitek ima sorazmerno drobna kristalna zrna, ker je bil ulit v kiveto s 300° C. Vmesna stopnja korozjskega poskusa. Pov. 50 X.*

*Slika 6. Mikroposnetek 20-karat. zlatega ulitka brez toplotne obdelave. Ulit je bil pri temperaturi kivete 700° C. Vidni so ogromni kristali z dendritsko strukturo. Je vmesna stopnja korozije. Pov. 40 X.*

Mikroskopsko opazovati brisane vzorce med koroziskim procesom ni utemeljeno zaradi zraskane in s koroziskimi produkti zamazane površine. Tudi morebitne mikroizjedline bi ostale pokrite ali zabrisane.

V poskusih brez brisanja, ko se tvori korozijijski film, opazujemo gostoto filma, ki ga sestavljajo gostejši ali redkejši skupki črnih sulfidov (sliki 3 in 4). Gostota in debelina sulfidne plasti je odvisna od koncentracije srebra in bakra v dendritskih izcejah, zato se v določenih stopnjah korozije nespecifično razkriva dendritska oblika kristalne zgradbe (sliki 5 in 6) ali pa



Slika 7



Slika 8

*Slika 7. Mikroposnetek 20-karat. zlatega ulitka po homogenizaciji. Korozijijski film pokriva velika zrna v različnih barvnih odtenkih (anizotropija). Vmesna stopnja korozijskega napada. Pov. 50 X.*

*Slika 8. Mikroposnetek 20-karatne zlate ploščice po rekristalizaciji. Poligonalni drobni kristali različnih barvnih odtenkov se vidijo skozi korozijijski film zabrisano in motno. Korozija po anizotropni lastnosti. Bolj napadene so tudi polirne mikroraze. Pov. 50 X.*

se razkriva ulita oz. rekristalizirana struktura brez izjedenih kristalnih mej (sliki 7 in 8) po načelih anizotropije kristalov.

Mikroskopski izvidi se načeloma skladajo z makroskopskimi. Razlike med njimi so v barvnih vrednostih. Mikroskopski izvidi so pomembno svetlejši in so odvisni od povečanja.

Mikroskopsko smo ugotovili, da se v nobenem poskusu in na nobenem vzorcu nizkokaratne zlate zlitine ne razkrije niti dendritska niti kristalna struktura. Dopusčamo možnost, da zgradba korozijskega filma slike 4 ponazarja zgradbo lite strukture, ker se gostejši skupki oblikujejo v strukturne razmere.

Po odstranitvi korozijskih produktov nismo ugotovili v času poskusov v 5%-ni raztopini  $\text{Na}_2\text{S}$  na nobenem preizkušancu izjedlin kovinske površine pri 250-kratnem povečanju.

#### Razpravljanje in sklep

Nielsenova metoda z dvojnim brisanjem vzorcev med poskusom ni dala zanesljivih rezultatov zaradi sprotnega brisanja, ki preprečuje nastajanje korozijskega filma in hkrati onemogoča mikroskopiranje zaradi zamaza-

nosti in zraskanosti kovinskih površin. Sprotno brisanje korozijskih produktov odnaša s površine srebove in bakrove sulfide. S tem se na kovinski površini znižuje koncentracija srebra in bakra in relativno poveča količina zlata oz. paladija, kar pomeni, da se koroziji procesi upočasnijo. Podoben pojav zasledimo tudi v naših poskusih. Ko smo po določenem času testiranja odbrisali korozijijski film in ponovno vstavili vzorce v korozijijski postopek, se je tvorba upočasnila in ni dosegla prvotne stopnje, kar je zaznati tudi na sliki 4. Domneva o povečanju koncentracije zlata pod korozijijskim filmom je v skladu s Fortyjevimi poskusi odtapljanja srebra s površine zlate litine v raztopini solitrne kisline.<sup>5</sup>

Modificirana metoda izmeničnega potapljanja vzorcev v medij brez brisanja je dala zanesljive rezultate in pravo podobo korozijijskega filma, zato rezultati zajemajo samo izvide poskusov po tej metodi.

Različna korozijijska odpornost vzorcev, ulitih pri temperaturi livne forme 700<sup>0</sup>C in 300<sup>0</sup>C, je zanemarljiva. Razlike se kažejo v hitrejšem spremnjanju barvnih odtenkov na vzorcih, ulitih pri 700<sup>0</sup>C. Prehitevanje v barvnih pojavih je 2 do 4 dni oziroma do 2 barvni stopnji po našem izbranem barvnem indeksu. Ta odnos velja za 20-karatno zlato, medtem ko so barvne razlike pri nizkokaratnem zlatu še manjše ali jih sploh ni. Zato smo za grafični prikaz spremnjanja barv korozijijskega filma izdelali barvno prilogo interferenčnih barv in vzeli tipične predstavnike obeh kovin, ki jih predstavlja diagrama 1 in 2.

Ocene barvnih odtenkov in njihovih vrednosti (valerjev) so povprečni rezultati treh ocenjevalcev. Natančnejše fizikalne meritve nismo mogli uvesti zaradi prelivanja odtenkov, kar je posledica neenakomerne debeline filma na veliki preiskovani površini.

Menimo, da so krivulje barvnih sprememb dovolj zanesljivi kazalci korozijijske odpornosti. Iz tega povzemamo, da je preizkušana nizkokaratna zlata zlitina korozijijsko odpornejša v 5%-ni raztopini natrijevega sulfida kot 20-karatna. To lastnost je treba pripisati optimalni sestavi in predvsem drobnozrnati strukturi<sup>10</sup>, ki jo oblikujeta vsebnost paladija v zlitini in umetno cepljenje z modifikatorjem.

Korozijijski poskusi so pokazali, da so bile uporabljene delovne razmere homogenizacijskega žarjenja neustrezne, saj so se kemične lastnosti neugodno spremenile na vseh preizkušancih.

Pomembna je ugotovitev, da nobena od preiskovanih zlitin niti v 5%-ni raztopini Na<sub>2</sub>S v času poskusov ne kaže mikroizjedlin.

Vzporedni implantacijski in klinični testi, ki smo jih opravili izven te raziskave, ter klinični testi drugih aktorjev<sup>7, 14, 15</sup> potrjujejo rezultate laboratorijskih raziskav, iz česar izvedemo sklep, da je nizkokaratna zlata zlitina A-460 primerna in toliko neoporečna za uporabo v stomatološki protetiki kot 20-karatna zlata zlitina.

## LITERATURA

1. Adlešič M.: Svet svetlobe in barv. Mladinska knjiga, Ljubljana, 1957.
2. Božić B.: Fizička metalurgija. Naučna knjiga, Beograd, 1960.
3. Cascone P. J.: Imitation low golds. Tarnish resistance. Thermotrol technician 29 (1975), 2.
4. Filipović I., Lipanović S.: Opća i anorganska kemija. Školska knjiga, Zagreb, 1973 p.333.
5. Forty A. J.: Micromorphological studies of the corrosion of gold alloys. Gold Bull. 14 (1981), 25–35.
6. Graves M.: The art of color and design. McGraw-Hill Book Company, New York–Toronto –London, 1951.
7. Laub L. W., Stanford J. W.: Tarnish and corrosion behaviour of dental gold alloys. Gold Bull. 14 (1981), 13–18.
8. LaQue F. L., Copson H. R.: Otpornost metala i legura na koroziju. Naučna knjiga, Beograd, 1975.
9. Nielsen J. P.: Low golds. Tarnish resistance. The thermotrol technician. 29 (1975), 1 in 4.
10. Nielsen J. P., Tuccillo J. J.: Grain size in cast gold alloys. Jour. Dent. Res. 45 (1966), 964–969.
11. Sedej R.: Korozija dentalnih zlitin in termična obdelava. ZobV 23 (1968), 163–176.
12. Sedej R., Breskvar B., Ralić R.: Mikroanaliza kemične korozije na protetičnih izdelkih. ZobV 33 (1978), 105–113.
13. Sedej R., Breskvar B., Benedik A.: Ulični preizkušanci za trdnost in raztezek z vidika poroznosti in mikrostrukture. ZobV 35 (1980), 19–24.
14. Tuccillo J. J., Nielsen J. P.: Observations of onset of sulfide tarnish on gold-base alloys. J. Prosth. Dent. 25 (1971), 626–637.
15. Idem: Microprobe analysis of an in vivo discolouration. J. Prosth. Dent. 28 (1974), 285 do 289.
16. Verhoeven J. D.: Fundamentals of physical metallurgy. J. Wiley and Sons, New York–London–Sydney–Toronto, 1975.

## A STUDY OF CORROSION RESISTANCE OF A LOW GOLD PROSTHETIC ALLOY IN SULFIDE SOLUTION

### SUMMARY

Chemical and electromechanical corrosion of dental alloys depends on the composition, structure, state and surface finish. The corrosion processes also depend on the chemical properties of the electrolyte.

Corrosion resistance of 20-karat gold and the low gold alloy A-460 (Figures 1 and 2) was tested on cast specimens by alternating immersion in 1 % and 5 % Na<sub>2</sub>S solution (15 seconds) and drying (45 seconds).

Since no etching occurred for 20 days while the experiment was in progress, we followed the formation of the corrosion film (Figures 3 to 9) by observing thin film interference colours. These depend on the thickness of the film. Colour indices were established (colour plate), by means of which corrosion resistance of the tested alloys was determined. Simultaneously corrosion resistance of all castings was evaluated following annealing. The results are shown in Diagrams 1 and 2.

The results confirm the low gold allow to be more resistant than 20-karat gold in 5 % Na<sub>2</sub>S solution. This can be attributed to the optimal composition of the alloy and, above all, to the fine-grained crystal structure (Figure 1), caused by the presence of palladium and artificial inoculation with a modifier.

### Naslovi avtorjev:

Prof. dr. sc. dr. stom. Rajko Sedej, Stomatološka klinika, Ljubljana  
Dr. stom. Marko Kuliš, Stomatološka klinika, Ljubljana  
Mag. ing. metal. Mirko Doberšek, Zlatarna Celje, Celje