

## ISPITIVANJE KOROZIJE MAGNETSKE SLITINE $\text{Sm Co}_5$

Carek V, Kraljević K. Bašić Z.

Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb  
Zavod za mikrobiologiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

### Sažetak

U ovom radu nastojalo se utvrditi u kojoj mjeri je magnetska slitina  $\text{Sm Co}_5$  otporna na koroziju. Ispitivanja su obavljena u jako bazičnim, neutralnim i kiselim otopinama. Osobito pažljivo proučeni su rezultati dobiveni u otopini koja ima vrijednost pH sline. Ispitalo se pri rasponu temperatura koje se pojavljuju u usnoj šupljini. Rezultati dobiveni ovom metodom uspoređivani su s rezultatima koji su dobiveni ispitivanjem otpornosti na koroziju uobičajenih dentalnih slitina (auropal, zlato, wironit).

Ispitivanje je obavljeno na ukupnom broju od 48 uzoraka. Za ispitivanje magneta  $\text{Sm Co}_5$  korištena su 24 uzorka. Mjerene su razlike u težini magnetskih slitina i u kontrolnoj skupini pri temperaturi od 24°C, 37°C i 50°C, u otopinama koncentracije kojih su pH 2,3, 6,7 i 11,8. Mjerene su razlike u težini nakon što su slitine 72 sata bile uronjene u otopinu.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da je dobro ispolirana magnetska slitina  $\text{Sm Co}_5$  koja se primjenjuje kao sredstvo retencije u mobilnoj protetici, otporna na koroziju u mediju usne šupljine te se s tog aspekta može smatrati dentalnom slitinom.

**Ključne riječi:** korozija, dentalna slitina, magnetska slitina

### UVOD

Da bi neki materijal mogli nazvati dentalnim, mora zadovoljiti određene uvjete kao na primjer da je otporan na koroziju u oralnoj sredini, da je netoksičan i dr.

Metali su klasicirani empirijski prema svojem elektrolitičkom potencijalu, koji je najviši kod plemenitih kovina.

U oralnoj sredini sa slinom kao elektrolitom nema konstantnog ekvilibrija zbog kontinuirane obnove sline, pa je stalno prisutna elektrolitička akcija kojom jedan dio metala odnosno slitine postupno prelazi u otopinu. Ta pojava poznata pod nazivom korozija često se pojačava prisustvom drugog metala, bez obzira jesu li u kontaktu jedan sa drugim.

Slitine u odnosu na tkivo ne pokazuju neograničenu tolerantnost pa ih iz tog razloga treba podvrći čitavoj seriji strogih kontrola kvalitete, kao što su zajamčena struktura, čvrstoća, elastičnost, otpornost na koroziju,

dimenzijska analiza, ispoliranost i dr. Tek ukoliko udovolji svim ovim uvjetima neku se slitinu može nazvati dentalnom slitinom.

Ukoliko se homogeni plašt dentalne slitine naruši zbog mehaničkih promjena prouzročenih adaptacijom, neadekvatnom obradom metala u toku proizvodnje i brušenjem, dolazi do korozije odnosno uništenja slitina kemijskom odnosno elektrokemijskom reakcijom s okolinom (Andreas<sup>1</sup>). Dentalne slitine u sprezi s postojećim metalima u usnoj šupljini ili s metalnim implantatima u čeljusti predstavljaju galvanski članak koji izaziva polimetalizam (Cvitanović<sup>5</sup>, Cvitanović-Jugović — Grujić<sup>6</sup>). Struktura dentalnih slitina zahvaćena je procesom korozije, što ovisi o interprizmatskoj koroziji, koroziji pod stresom napuklina, korozionom umoru, starenjem korozionih točkica, unutrašnjim oštećenjem, erozijom i dr. (Sendriks<sup>12</sup>). Proces korozije ovisi također o stanju okolnog tkiva, odnosno pH okoline, poremećaju individualnog metabolizma, medikamentoznom utjecaju itd. Djelovanjem sline kao elektrolita na metalu dolazi do električne disocijacije, koja prodire u dubinu i sprečava regeneraciju koštanih stanica u alveoli (Sandhaus<sup>11</sup>).

Međusobni kontakt različitih slitina može uzrokovati elektrokemijske procesa kao što su indukcija i galvanska korozija, koji više ili manje vidljivo uzrokuju uništavanje slitina i patološke promjene u okolnim tkivima (Peyton i Craig<sup>9</sup>, Phillips<sup>10</sup>). Drugi faktori koji utječu na brzinu i stupanj korozije dentalnih slitina su kemijska i fizička svojstva elektrolita (sline), temperatura, prisutnost oksidatora, količina prisutnih korozionih slitina itd. (Fontana i Greene<sup>7</sup>).

Htjeli smo utvrditi jesu li  $\text{Sm Co}_5$  magnetske slitine otporne na koroziju u uvjetima koji odgovaraju miljeu usne šupljine.

Sve dentalne slitine nastoje osloboditi ione u slinu. Ta tendencija koja varira od jednog metala do drugog, ovisno o njegovim kemijskim svojstvima, zove se »električna topljiva vodljivost«.

Iako  $\text{Sm Co}_5$  magneti imaju znatno bolja retencijska svojstva od svih drugih magnetskih slitina, treba im prije kliničke primjene ispitati biokemijska i fizička svojstva (Blechman<sup>2</sup>, Carek<sup>3</sup>, Caryl<sup>4</sup>, Gillings<sup>7</sup>), da bi ih mogli primjeniti kao dentalni materijal.

Svaki magnetski uzorak, pa tako i  $\text{Sm Co}_5$ , potrebno je ispitati na način kako se ispituju i svi drugi dentalni materijali. Moraju dakle posjedovati otpornost na koroziju i ne smiju djelovati toksično na živo tkivo (Tsutsui i sur.<sup>13</sup>).

Svi metali nastoje da oslobode ione u slini. Ova tendencija, koja varira od jednog metala do drugog ovisno o kemijskim svojstvima, zove se električna topljiva napetost, koja je u konstatnom antagonizmu sa osmotskim pritiskom iona. Ako je topljivi potencijal veći od osmotskog tlaka dolazi do oslobađanja pozitivnih iona metala u slini. Slina tako postaje pozitivno nabijena i povećava osmotski tlak sve dok ne postane jednak topljivoj napetosti, čime je postignuto stanje balansa. Brzo oksidirajući metali kao aluminij, cink, magnezij i željezo u otopinama sličnim slini postaju negativno nabijeni, dok viši plemeniti — manje oksidirajući metali postaju pozitivno nabijeni.

## MATERIJAL I METODA

Ovim istraživanjem željela se utvrditi otpornost  $\text{Sm Co}_5$  magneta na koroziju, uspoređujući ih s korozijom kobalt-krom-mobilden slitine, slitine 22 karatnog zlata kao i s platinsko-zlatnom slitinom. Materijal je bio podvrgnut djelovanju otopina pH kojih je iznosio 2,3, 6,7 i 11,8.

Korozioni potencijal ispitivanih slitina, pod djelovanjem navedenih otopina, mjereno je na temperaturama od 24°C, 37°C i 50°C.

Varijacije vrijednosti potencijala korozije za slitine  $\text{Sm Co}_5$ , Co-Cr-Mo, auropala, Au i Pt Au ispitivane su u korozionim otopinama kod temperature 24°C, 50°C, kao i kod ambijentne temperature od 37°C. Mjerenja su obavljena u mikrobiološkim laboratorijima Kliničkog bolničkog centra u Zagrebu. Vrijeme ispitivanja iznosilo je 72 sata, a upotrebili smo otopine koje se vrlo često primjenjuju za ispitivanje korozije i ostalih materijala. Za testiranje otpornosti na koroziju izrađeni su uzorci čije površine iznose od 0,574 do 1,429  $\text{cm}^2$  (od 4,90 x 2,0 do 7,0 x 3,0 mm). Korištene su slitine  $\text{Sm Co}_5$  — neopolirane, polirane, nemagnetizirane i magnetizirane u tri različite otopine i tri različite temperature. Nakon 72 sata mjerenje su razlike u težini ispitivanih magnetskih slitina.

Vrijednosti dobivene rezultatima tog mjerenja uspoređivali smo sa slitinama auropala, 22 karatnog zlata, platinskog zlata i vironita. Slitine ove komparativne skupine bile su podvrgnute istom postupku pod istim uvjetima kao i  $\text{Sm Co}_5$  magneti.

Svi su uzorci posebno pripremljeni i osim uzoraka  $\text{Sm Co}_5$  prikazanog u tablici 1a, polirani do visokog sjaja. Prije uranjanja u korozionu otopinu isprani su destiliranom vodom i alkoholom, a spuštani su u otopine pomoću tankih polietilenskih niti. Nakon 72 sata izmjerene su evidentirane razlike u težini.

## REZULTATI I RASPRAVA

Ispitivano je ukupno 48 uzoraka. Za ispitivanje  $\text{Sm Co}_5$  korištena su 24 uzorka. Tablice sadrže dobivene osnovne statističke vrijednosti (razliku u težini, vrijeme ispitivanja, temperature pri kojima je objavljeno ispitivanje, površinu uzorka).

$\text{Sm Co}_5$ — nepolirani		$\text{Sm Co}_5$ — polirani i nemagnetizirani	
P	3,043 $\text{cm}^2$	P	3,238 $\text{cm}^2$
tmp.	24°C	tmp.	37°C
razl. u težini	0,0044 p	razl. u težini	0,0118 p
	72 sata		72 sata

Tablica 1 — Razlika u težini između poliranih i nepoliranih  $\text{Sm Co}_5$  magnetskih slitina u nejednakim temperaturnim uvjetima.

Na temelju dobivenih ispitivanja može se konstatirati da kod poliranih  $\text{Sm Co}_5$  magneta postoji razlika u rezultatima korozije, upoređujući ih s nepoliranim magnetskim slitinama (tablica 2).

Sm Co <sub>5</sub> — nemagnetizirani polirani		Sm Co <sub>5</sub> — magnetizirani i polirani	
P	3,132 cm <sup>2</sup>	P	3,114 cm <sup>2</sup>
tmp.	50°C	tmp.	37°C
razl. u težini	0,0191 p	razl. u težini	0,0161 p
vrijeme	72 sata	vrijeme	72 sata

Tablica 2 — Razlika u težini s obzirom na nejednake temperaturne uvjete

Rezultati ispitivanja prikazani u tablici 2 ne pokazuju statistički značajne razlike pri različitim temperaturama. U tablici 3 prikazane su razlike u težini kod dentalne slitine auropala i 22 karatnog zlata. Rezultati ispitivanja omogućuju zaključke da kod otpornosti na koroziju dobro poliranih  $\text{Sm Co}_5$  magneta ne postoji razlika u odnosu na uzorke u kontrolnoj skupini.

AUROPAL — SLITINA		SLITINA (22) ZLATA	
P	2,903 cm <sup>2</sup>	P	2,712 cm <sup>2</sup>
tmp.	37°C	tmp.	37°C
razl. u težini	0,0149 p	razl. u težini	0,0003 p
vrijeme	72 sata	vrijeme	72 sata

Tablica 3 — Razlika u težini između dviju dentalnih slitina podvrgnutih istim uvjetima.

Na temelju tih rezultata može se zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika u dobivenim vrijednostima otpornosti na koroziju između  $\text{Sm Co}_5$  magneta i konvencionalnih dentalnih slitina.

Korozija osim što ovisi o površinskoj obradi slitina također ovisi i o pH otopina što je prikazano u tablicama 4 i 5 gdje se vidi da je otpornost na koroziju kod  $\text{Sm Co}_5$  slitine najveća kod otopine čiji pH iznosi 11,8.

Sm Co<sub>5</sub> — nemagnetizirani polirani

P	0,688 cm <sup>2</sup>	1,350 cm <sup>2</sup>	0,905 cm <sup>2</sup>
vel.	4,95 x 1,95 mm	6,85 x 2,85 mm	5,85 x 2,00 mm
tež. I	0,2926 p	0,8915 p	0,4337 p
tež. II	0,2954 p	0,8899 p	0,4337 p
tmp.	24°C	24°C	24°C
pH	2,3	6,7	11,8
razl. u tež.	0,0028 p	0,0016 p	0,0000 p
vrijeme	72 sata	72 sata	72 sata

Tablica 4 — Razlika u težini uvjetovana promjenom pH otopine.

## AUROPAL — SLITINA

P	0,618 cm <sup>2</sup>	1,316 cm <sup>2</sup>	0,969 cm <sup>2</sup>
vel.	4,92 x 1,98 mm	6,86 x 2,68 mm	6,12 x 1,98 mm
tež. I	0,2800 p	0,7707 p	0,4445 p
tež. II	0,2651 p	0,7707 p	0,4445 p
tmp.	37°C	37°C	37°C
pH	2,3	6,7	11,8
razl. u tež.	0,0149 p	0,0000 p	0,0000 p

Tablica 5 — Razlika u težini uvjetovana promjenom pH otopine

Isti odnosi u vrijednostima ispitivanja vrijede i za slitinu auropala, kao i za nepoliranu slitinu Sm Co<sub>5</sub> magneta (tablica 6) dok kod Co-Cr-Mo slitine nismo uočili nikakvu razliku u težini bez obzira na koncentraciju ispitivane varijable: površina ispitivane slitine, veličina — promjer — visina, težina prije i poslije ispitivanja, temperatura, pH i razlika u težini (tablica 7).

Sm Co<sub>5</sub> — nepolirani

P	0,707 cm <sup>2</sup>	1,102 cm <sup>2</sup>	1,429 cm <sup>2</sup>
vel.	5,0 x 2,0 mm	5,9 x 3,0 mm	7,0 x 2,0 mm
tež. I	0,3229 p	0,6839 p	0,9151 p
tež. II	0,3119 p	0,6836 p	0,9146 p
tmp.	37°C	37°C	37°C
pH		11,8	6,7
razl. u tež.	0,0110 p	0,0003 p	0,0005 p
vrijeme	72 sata	72 sata	72 sata

Tablica 6 — Razlika u težini uvjetovana promjenom pH otopine

## Cr-Co-Mo Slitina

P	1,204 cm <sup>2</sup>	0,694 cm <sup>2</sup>	0,814 cm <sup>2</sup>
vel.	6,62 x 2,48 mm	5,0 x 1,92 mm	5,76 x 1,72 mm
tež. I	0,6842 p	0,2822 p	0,3471 p
tež. II	0,6842 p	0,2822 p	0,3471 p
tmp.	37°C	37°C	37°C
pH	6,7	2,3	11,8
razl. u tež.	0,0000 p	0,0000 p	0,0000 p

Tablica 7 — Razlika u težini uvjetovana promjenom pH otopine.

## ZAKLJUČCI

Na osnovi dobivenih rezultata može se utvrditi da:

1. ispitivane slitine ne pokazuju značajnu razliku u otpornosti na koroziju u odnosu na kontrolnu skupinu. Dobiveni rezultati testiranja Sm Co<sub>5</sub> magneta pokazuju da je ta dobro ispolirana magnetska slitina otporna na koroziju koja je gotovo identična ostalim ispitivanim dentalnim slitinama.

2. Najviše vrijednosti korozije za nepoliranu Sm Co<sub>5</sub> magnetsku slitinu dobivene su pri temperaturi od 37°C u otopini od 2,3 pH.

3. Ova ispitivanja svakako imaju veliku praktičnu vrijednost, iako rezultati ne govore i o biokompatibilnosti Sm Co<sub>5</sub> magneta na živo tkivo.

#### Literatura

1. ANDREAS M. Korrosion in naturwissenschaftliches Grenzgebiet der Zahnheilkunde. DZZ 1966; 18 : 1249—1258
2. BLECHMAN AM. Magnetic force system in orthodontics. Am J. Orthod 1985; vol. 201—207
3. CAREK V. Ispitivanje retencije i popratnih efekata primjenom magneta kod mobilnih proteza, Zagreb: Stomatološki fakultet, 1986. Disertacija
4. CERNY R. The biological effects of implanted magnetic filds. Part. L., mammalian blood cells. Aust Orthod J 1979; 6 : 64—69
5. CVITANOVIĆ V. Analiza uzorka nepovoljnih reakcija tkiva u blizini operativno unešenih metalnih tijela (endo-proteze, čavala itd.) mjerenjem električnih potencijala. Zagreb, Medicinski fakultet, 1965. Disertacija
6. CVITANOVIĆ V, JUGOVIĆ — GUJIĆ Z. Problem korozije metala u usnoj šupljini, Acta stom croat 1968; 3 : 39.
7. FONTANA M, GREENE N. Corrosion engineering. Mc Graw Hill Book Company, New York, 1967.
8. GILLINGS BRD. Magnetic retention for the overdenture (In AA Brewer and RM Morrow/ed.) Overdentures, 2nd ed. Louis: CV Mosby, 1980 a p. 376.
9. PEYTON F i CRAIG RG. Restorative dental materials. The CV Mosby Company, Saint Louis, 4 ed., 1971.
10. PHILLIPS RW. Skinners Science of dental materials 1973.
11. SANDHAUS S. Neue Aspekte der Implantologie, Medica Verlag, Stuttgart-Wien-Zürich-Amsterdam, 1975.
12. SANDRIKS AJ. Corrosion resistance of Fe-Cr-Ni-Mo alloys, International Metals Review 1982. 27 : 6—54
13. TSUTSUI H, KINOCHI A, SASAKI H, et al. Studies of the Sm-Co magnets as a dental materials J Dent Res 1979; 58 : 1597—1608.

#### A STUDY OF THE SmCo<sub>5</sub> MAGNETIC ALLOY CORROSION

##### Summary

In this study, an attempt was made to establish the extent to which the SmCo<sub>5</sub> magnetic alloy is resistant to corrosion. Tests were carried out in strongly basic, neutral and acidic solutions, at the temperature range met in oral cavity. Particular attention was paid to the results obtained in a solution characterized by the pH value of saliva. The results thus obtained were compared to those obtained in the study of corrosion resistance of the usual dental alloys (auroal, aurum, wironite).

The study was conducted in 48 samples in total, with 24 samples used for the SmCo<sub>5</sub> magnet study. Weight differences between magnetic alloys and the control group were determined at temperatures of 24°C, 37°C and 50°C, in the solutions with concentration pH of 2.3, 6.7 and 11.8. Weight differences were determined after the alloys being kept in the solutions for 72 hours.

The results have shown a well polished SmCo<sub>5</sub> magnetic alloy, used as a means of retention in the current prosthodontics, to be resistant to corrosion in the mouth cavity medium, and hence it should be considered a proper dental alloy.

**Key words:** Corrosion, dental alloy, magnetic alloy