

## KARAKTERIZACIJA POVRŠINE Co, Cr, Mo LEGURE U ZAVISNOSTI OD USLOVA ELEKTROHEMIJSKOG POLIRANJA

**Stamenković D. S., Davies E. H.**

Klinika za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu  
Odeljenje za stomatološke materijale Instituta za stomatologiju Univerziteta u Londonu

Primljeno 20. 5. 1986.

### Sažetak

Elektrohemijsko poliranje je važna faza u izradi metalnog skeleta parcijalne zubne proteze. Elektrohemijski se polira samo gingivna površina skeleta.

Različiti uslovi elektrolize daju različit stepen poliranosti površine skeleta zubne proteze, koja je od značaja za retenciju dentalnih plaka.

Cilj istraživanja je da se definišu uslovi elektrohemijskog poliranja koji će rezultirati u što je moguće ravniju površinu Co, Cr, Mo legure.

Istraživanja su obavljena na dentalnoj Co, Cr, Mo leguri »Galenika«. 16 istovremeno izlivenih probnih uzoraka je elektrohemijski polirano u zavisnosti od: elektrolita, vremena poliranja, napona strujnog kola i razdaljina elektroda.

Površine probnih uzoraka su ispitane metalografskim mikroskopom i elektronskim aparatom za topografsku analizu površine materijala. Izmeren je i ugao kvašenja na dodiru pljuvačka – probni uzorak.

Metalografski najbolje polirana površina s najmanjom hrapavošću i najvećim uglom kvašenja dobivena je pri sledećim uslovima elektrolize: elektrolit – tečnost za elektrohemijsko poliranje Co, Cr, Mo legura firme »Krupp«, udaljenost elektroda – 35 mm, napon strujnog kola – 15 V, gustina struje – 80 Amps/m<sup>2</sup> i vreme elektrolize – 2 x 5 minuta.

**Ključne reči:** Co, Cr, Mo legura, elektrohemijsko poliranje.

Elektrohemijsko poliranje je važna faza u izradi metalnog skeleta parcijalne zubne proteze. Elektrohemijski se polira samo gingivalna površina skeleta.

Poliranje skeleta proteze je dugo bilo čisto mehanički proces koji je započinjao grubom abrazijom, pa se nastavljao kroz međufaze do konačnog glatkog poliranja. Kako su Co, Cr, Mo legure vrlo čvrste i tvrde potrebno je utrošiti dosta vremena za mehaničko poliranje odlivka. Osborn i Lammie (1) su procenili da je dobro obučenom tehničaru potrebno oko 3 sata da mehanički ispolira prosečan skelet proteze.

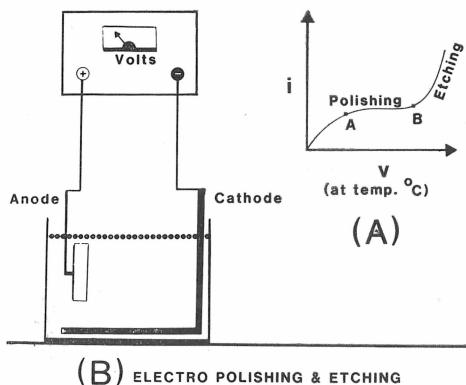
Mehaničkim poliranjem se skida nekontrolisani sloj površine koja se polira i moguće je deformisati gracilinoe elemente skeleta proteze. Nekontrolisano skidanje tankog sloja oralne površine skeleta zubne proteze ne umanjuje vrednosti skeleta. Istim postupkom se sa gingivalne i dentalne površine gubi intiman kontakt površina i umanjuje vrednost skeleta proteze.

Prema W. J. Tegartu (2) elektrolit za poliranje mora da sadrži jedno oksidirajuće sredstvo i rastvarač za rastvaranje kompleksnog anodnog produkta. Kelly i Nutting (3) su predložili da se svi elektroliti podele na dve osnovne grupe:

- (1) elektrolite koji stvaraju viskozne slojeve za vreme poliranja i
- (2) elektrolite koji stvaraju gasne mehuriće na uzorku za vreme poliranja.

U toku poliranja stvara se na pozitivno naelektrisanom uzorku tanak sloj oksida, sličan pasivizacionom sloju, koji vrši poliranje »mikroneravnina« površine uzorka. Ovaj sloj se tokom poliranja neprestano uklanja i ponovo javlja. Iznad njega elektrolit prvog tipa obrazuju viskozni sloj debeo nekoliko milimetara, koji se u mnogim elektrolitima može videti golim okom. Od ovog sloja zavisi »mikropoliranje« uzorka. Najbrže se rastvaraju izdignuti delovi površine gde je viskozni sloj najtanji, jer on, usled težine, pada prema dnu uzorka, pa je gustina struje veća na tim delovima. Drugi tip elektrolita obrazuje debeli sloj mehurića na gornjoj površini uzorka, a na dnu znatno tanji, tako da je uklanjanje metala veće i brže po dnu uzorka, nego na gornjoj površini. U oba slučaja katoda i anoda (uzorak) postavljaju se vertikalno paralelno jedna drugoj, tako da je maksimalan intenzitet struje po ivicama uzorka. Da bi se to izbeglo ivice uzorka se mogu premazati lakom ili se elektrode stavljaju u drugi položaj. (4) (5)

Zavisnost između napona i gustine struje za dati elektrolit i uzorak je od suštinskog značaja za elektrohemijско poliranje (tanjenje). Samo pri određenoj zavisnosti napona i gustine struje ostvaruje se efekat elektrohemijскоg poliranja. Slika 1.



Slika 1. (A) Grafički prikaz zavisnosti napona i gustine struje. AB označava tzv. polirajući plato gde se ostvaruje elektrohemijско poliranje. (B) Shematski prikaz primenjene aparature za elektrohemijско poliranje.

Pri povećanju napona raste i gustina struje i ostvaruju se efekti elektrohemijskog nagrivanja. Nagrižene tačke ili površine pod mikroskopom pokazuju mikrostrukturu uzorka. Na anodno tanjenje utiču, pored odnosa napon-gustina struje, materijal, oblik i veličina katode, rastvor, viskozitet i temperatura elektrolita, udaljenost elektrode i vreme trajanja elektrolize.

Različiti uslovi elektrohemijskog poliranja skeleta zubne proteze daju različit stepen poliranosti gingivne površine. Nedovoljno polirane i hrpave površine predstavljaju vrlo pogodno mesto za retenciju sastojaka plaka.

Istraživanjem se htelo definisati uslove elektrohemijskog poliranja koji će rezultirati u što je moguće ravnijoj površini Co, Cr, Mo legure.

## MATERIJAL I METOD

Ispitivanja su obavljena na dentalnoj Co, Cr, Mo leguri »Galenika«. Tehnikom dvofaznog ulaganja izliven je odlivak dimenzije: 40 x 40 x 3 mm. Nakon peskiranja i grube mehaničke obrade odlivak je isečen na 16 uzoraka dimenzija: 10 x 10 x 3 mm. Probni uzorci, numerisani brojevima 1—16, su elektrohemijски polirani pod različitim uslovima. U toku elektrolize menjani su sledeći uslovi:

(a) Sastav elektrolita:

tečnost S <sub>1</sub>	tečnost S <sub>2</sub>		tečnost S <sub>3</sub>	
tečnost za poliranje	sumporna kis	30	sumporna kis	15
Co, Cr, Mo legure	fosforna kis	30	etilen glikol	80
firme »Krupp«	glicerin	30	voda	5
	voda	10		

(b) Vreme elektrohemijskog poliranja:

T <sub>1</sub> : 2 x 5,0 min	T <sub>3</sub> : 2 x 7,5 min	T <sub>5</sub> : 1 x 15,0 min
T <sub>2</sub> : 2 x 2,5 min	T <sub>4</sub> : 1 x 10,0 min	

(c) Napon između elektroda:

$$V_1 = 15 \text{ V}, V_2 = 5 \text{ V}, V_3 = 10 \text{ V}, V_4 = 20 \text{ V}, V_5 = 25 \text{ V}.$$

(d) Razdaljina između elektroda:

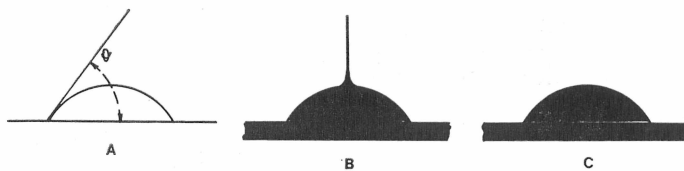
$$D_1 = 35 \text{ mm}, D_2 = 15 \text{ mm}, D_3 = 55 \text{ mm}.$$

Elektrohemijsko poliranje je obavljeno na specijalno razvijenoj aparaturi (slika 1B) koja je omogućila promenu pojedinih faktora elektrolize i registraciju promene temperature. Katoda je bila od nerđajućeg čelika.

Posle elektrohemijskog poliranja, površine probnih uzoraka su posmatrane pod metalografskim mikroskopom »Reichert«.

Površine probnih uzoraka su, dalje, analizirane na elektronskom aparatu za topografsku analizu površine materijala, (»Surfometar 101«, Planer products LTD, GB), čiji je pisač na milimetarskoj hartiji beležio dubinu i širinu hrpavosti. (6)

Za sve probne uzorke je, grafičkom metodom, izmeren ugao kvašenja na dodiru pljuvačka — probni uzorak (Slika 2.). (7)



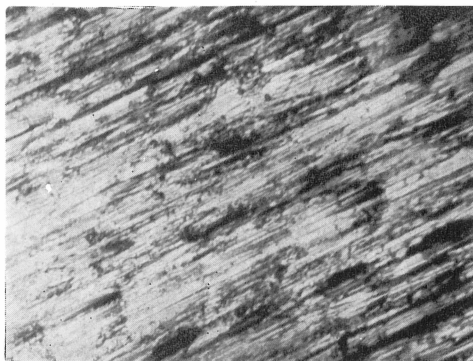
Slika 2. Ugao kvašenja na dodiru pljuvačka — probni uzorak.

## REZULTATI I DISKUSIJA

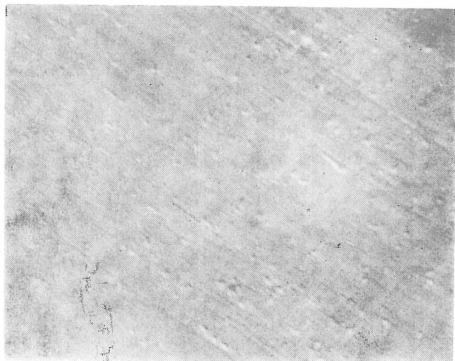
Izgled i analiza hrapavosti površina probnih uzoraka, koji nisu polirani elektrokemijski, poslužili su za upoređivanje s površinama elektrokemijski poliranih uzoraka. Slike 3, 4 i 5. Tabela 1.



Slika 3. Površina Co, Cr, Mo legure neposredno posle livenja i peskiranja. X 80.



Slika 4. Površina mehanički obrađenog uzorka Co, Cr, Mo legure. X 80.



Slika 5. Obradena i mehanički polirana površina Co, Cr, Mo legure. X 80.



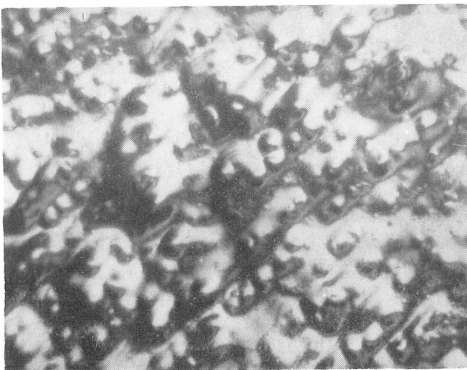
Tabela 1

uzorak probni	OBRADA UZORKA			ANALIZA POVRŠINA		ugao kvašenja (°)
	mehaničko brušenje	mehaničko poliranje	elektro- hemijsko poliranje	dubina hrapavosti (mm)	širina hrapavosti (mm)	
1	—	—	—	$5,5 \cdot 10^{-3}$	0,2	30
2	+	—	—	$4,5 \cdot 10^{-3}$	0,2	67
3	+	+	—	0	0	90
4	+	—	+	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,1	80
5	+	—	+	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	65
6	+	—	+	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	60
7	+	—	+	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	70
8	+	—	+	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	73
9	+	—	+	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,1	65
10	+	—	+	$4,0 \cdot 10^{-3}$	0,15	63
11	+	—	+	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,1	50
12	+	—	+	$6,0 \cdot 10^{-3}$	0,1	72
13	+	—	+	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	75
14	+	—	+	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	80
15	+	—	+	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	50
				$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,2	80

#### ZAVISNOST EFEKATA ELEKTROHEMIJSKOG POLIRANJA OD RASTVORA ELEKTROLITA

U tabeli 2 su prikazani efekti elektrohemijskog poliranja u zavisnosti od rastvora elektrolita. Ostali uslovi elektrolize su držani konstantnim: napon strujnog kola, vreme poliranja i razdaljina elektrode. Najbolje polirana površina probnog uzorka dobijena je primenom tečnosti za elektrohemijsko poliranje Co, Cr, Mo legure firme »Krupp«.

Analiza hrapavosti površina probnih uzoraka, elektrohemijski poliranih u prisustvu različitih elektrolita, takođe pokazuje najmanje vrednosti za širinu i dubinu hrapavosti na uzorku br. 4. (Tabela 1)



Slika 7. Površina Co, Cr, Mo legure elektrohemijski polirana u rastvoru sumporne i fosforne kiseline, glicerina i vode. Bela polja označavaju elektrohemijski nagrižene površine. X 160.

Tabela 2 Zavisnost efekata elektrokemijskog poliranja od elektrolita

probni uzorak	elektrolit	napon strujnog kola (V)	vreme poliranja (min)	razdaljina elektroda (mm)	povećanje temperature (°C)	promena jačine struje (Amps/m <sup>2</sup> )
4	S <sub>1</sub>	15	2 x 5	35	+ 3	— 0,012
5	S <sub>2</sub>	15	2 x 5	35	+ 5	— 0,020
6	S <sub>3</sub>	15	2 x 5	35	+ 8	— 0,020

### ZAVISNOST EFEKATA ELEKTROHEMIJSKOG POLIRANJA OD VREMENA POLIRANJA

Efekti elektrohemijskog poliranja u zavisnosti od vremena poliranja su prikazani u tabeli 3. Najbolje polirana površina legure dobijena je na probnom uzorku br. 4 (Vreme poliranja 2 x 5 minuta). Iako probni uzorak

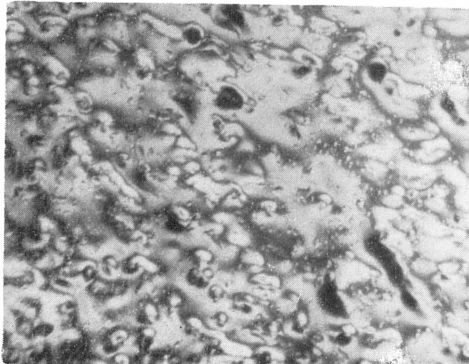
Tabela 3 Zavisnost efekata elektrohemijskog poliranja od vremena poliranja

probni uzorak	elektrolit	napon strujnog kola (V)	vreme poliranja (min)	razdaljina elektroda (mm)	povećanje temperature (°C)	promena jačine struje (Amps/m <sup>2</sup> )
4	S <sub>1</sub>	15	2 x 5	35	+ 1	— 0,010
7	S <sub>1</sub>	15	2 x 2,5	35	+ 1,5	— 0,010
8	S <sub>1</sub>	15	2 x 7,5	35	+ 3,5	— 0,006
9	S <sub>1</sub>	15	1 x 10	35	+ 3	— 0,012
	S	15	1 x 15	35	+ 3	— 0,004

br. 9 ima isto apsolutno vreme poliranja od 10 minuta, uzorak br. 4 ima nešto bolje poliranu površinu. Prekidanjem elektrolize, nakon 5 minuta, i ispiranjem skeleta zubne proteze (anode) u hladnoj vodi postižu se efekti koji povoljno utiču na elektrohemijsko poliranje:

— ispira se gusti viskozni sloj oko skeleta i smanjuje viskoznost elektrolita i

— smanjuje se temperatura elektrolita koja smanjuje njegovu provodljivost i reaktivnost i obezbeđuje sporije, ali povoljnije, elektrohemijsko poliranje. (8)



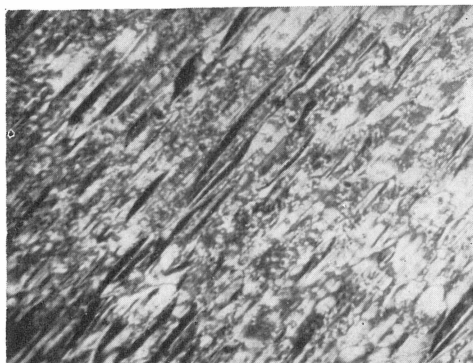
Slika 6. Površina Co, Cr, Mo legure elektrohemijski polirana 1 x 10 minuta. X 160.

## ZAVISNOST ELEKTROHEMIJSKOG POLIRANJA OD NAPONA STRUJNOG KOLA

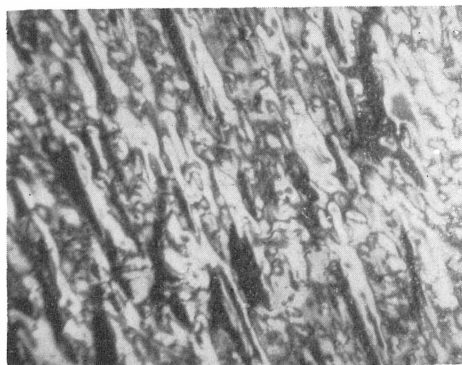
U tabeli 4. su efekti elektrohemijškog poliranja u zavisnosti od napona strujnog kola. Najbolje polirana površina je dobivena na uzorku br. 4 (napon strujnog kola 15 V). Površine probnih uzoraka br. 8 i br. 9 pokazuju nedovoljnu poliranost. (Slika 8 i 9). Visok napon strujnog kola rezultira velikom gustoćom struje koja nepovoljno deluje na anodu i umesto efekata elektrohemijškog poliranja dobijaju se efekti elektrohemijškog nagrivanja. Na mikrografijama (slika 10 i 11) strelicama su označene mestimično nagrivena polja.

Tabela 4 Zavisnost elektrohemijškog poliranja od napona strujnog kruga

probni uzorak	elektrolit	napon strujnog kola (V)	vreme poliranja (min)	razdaljina elektroda (mm)	povećanje temperature (°C)	promena jačine struje (Amps/m <sup>2</sup> )
4	S <sub>1</sub>	15	2 x 5	35	+ 3	- 0,012
11	S <sub>1</sub>	5	2 x 5	35	+ 1	- 0,002
12	S <sub>1</sub>	10	2 x 5	35	+ 2	- 0,017
13	S <sub>1</sub>	20	2 x 5	35	+ 6,5	- 0,017
14	S <sub>1</sub>	25	2 x 5	35	+ 17	- 0,080



Slika 8. Površina Co, Cr, Mo legure nedovoljno elektrohemijški polirana pri naponu strujnog kola od 5 V. X 80.



Slika 9. Površina Co, Cr, Mo legure elektrohemijški polirana pri naponu strujnog kola od 10 V. X 160.

## ZAVISNOST EFEKATA ELEKTROHEMIJSKOG POLIRANJA OD UDALJENOSTI ELEKTRODE OD OBJEKTA POLIRANJA

Efekti elektrohemijškog poliranja u zavisnosti od udaljenosti elektrode od objekta poliranja nalaze se u tabeli 5. Najbolje polirana površina je dobivena na uzorku br. 4. Mala udaljenost elektrode (15 mm) je ostvarila veliku gustinu struje tako da je dobijena loše polirana površina uzorka. Nasuprot tome, velika udaljenost elektrode (55 mm) je rezultirala nedovoljno poliranom površinom probnog uzorka. Slika 8.



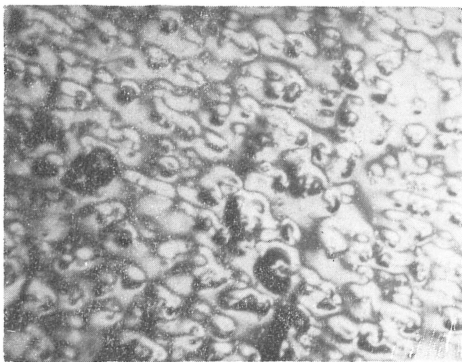
Slika 10. Površina Co, Cr, Mo legure elektrohemijski loše polirana pri naponu strujnog kola od 20 V. Bele tačkaste površine (označene strelicama) predstavljaju elektrohemijski nagrižene površine. X 80.



Slika 11. Površina Co, Cr, Mo legure elektrohemijski polirane pri naponu strujnog kola od 25 V. Nepovoljan odnos napona i gustine struje dao je najlošije poliranu površinu probnog uzorka. X 160.

Tabela 5. Zavisnost efekata elektrohemijskog poliranja od udaljenosti elektroda

probni uzorak	elektrolit	napon strujnog kola (V)	vreme poliranja (min)	razdaljina elektroda (mm)	povećanje temperature (°C)	promena jačine struje (Amps/m <sup>2</sup> )
4	S <sub>1</sub>	15	2 x 5	35	+ 3	- 0,012
15	S <sub>1</sub>	15	2 x 5	15	+ 6	- 0,025
16	Š <sub>1</sub>	15	2 x 5	55	+ 1	- 0,002



Slika 12. Površina elektrohemijski nedovoljno polirane Co, Cr, Mo legure. Udaljenost katode od objekta poliranja je bila 55 mm. X 160.

Za elektrohemijsko tanjenje metala vrlo je važno pravilno izabrati elektrolit i precizno definisati uslove elektrolize. Kako je dentalna Co, Cr, Mo legura dvofazni čvrsti rastvor dendrita (metalna faza) i međudendrit-

skog prostora (karbidna faza), to u elektrolitu dolazi do različite brzine oksidacije i rastvaranja proizvoda oksidacije dvaju faza. To je osnovni razlog da promena hemijskog sastava ili koncentracije elektrolita i izmena uslova elektrolize dovodi do promena u efektu elektrohemijskog poliranja dentalne Co, Cr, Mo legure.

Temperatura elektrolita bitno utiče na tok poliranja. Eksperiment je uvek započinjao na sobnoj temperaturi od + 18°C. U toku trajanja elektrolize registrovano je povećanje temperature u zavisnosti od gustine struje. Porast temperature povećava provodljivost i reaktivnost elektrolita, a s tim i brzinu poliranja, s druge strane to smanjuje viskoznost, koja može sprečiti poliranje. Većina elektrolita najbolja je za upotrebu između 0 i 20°C. Snižavanje temperature postiže se uranjanjem kupatila u veće hladno kupatilo ili se posuda sa elektrolitom stavi iznad suda sa tečnim azotom.

## ZAKLJUČAK

(1) Postupkom elektrohemijskog poliranja vrši se poliranje mikrone-ravnina gingivne i dentalne površine skeleta zubne proteze i u mnogome umanjuje mogućnost retiniranja plaka, a istovremeno se zadržava intiman kontakt ovih površina s oralnim tkivima.

(2) Uspostavljanjem povoljnog odnosa između gustine struje i napona ostvaruju se uslovi dobrog elektrohemijskog poliranja. Ovi uslovi, za ispitivanu dentalnu Co, Cr, Mo leguru su sledeći: Elektrolit — tečnost za elektrohemijsko poliranje Co, Cr, Mo legure firme »Krupp«. Udaljenost elektroda — 35 mm. Napon strujnog kola — 15 V. Gustina struje — 80 AmA/m<sup>2</sup>. Vreme elektrolize — 2 x 5 minuta.

## Literatura

1. DUFFIELD P. Electrolytic Polishing of Chrome Cobalt Alloys Used in Dentistry Brit Dent J 1955; 4:13.
2. TEGART W J. Polissage Electrolytique et chimique des métaux Revue de Metallurgie 1960; 68-79.
3. BRAMMAR S. The preparation of transmission specimens of metals and other crystals  
Techniques for electron microscopy, edited by Desmond Kay, 1965; 367-396.
4. ĐORĐEVIĆ S. Fizička hemija 2  
Tehničko metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, 1983.
5. DESPIĆ A, DRAŽIĆ D, TATIC-JANJIĆ D. Osnovi elektrohemije Naučna knjiga, Beograd, 1970.
6. BRITISH STANDARD INSTITUTION: Specification for assessment of surface texture, B. S. 1972; 1134.
7. PEYTON F A, CRAIG R G. Restorative Dental Materials C V Mosby Co. St. Louis, 1971.
8. Von FRAUNHOFNER J A, BANKS C H. Potentiostat and its Applications Butterworth Co. London, 1972.
9. Von MANN E. Zur Elektrochemie stomatologischer Legierungen am Beispiel der elektrolitischen Politur einer Co, Cr, Mo legierung. Zahntechnik, 1981; 22:373.

## SURFACE CHARACTERISTICS OF A COBALT CHROMIUM ALLOY RESULTING FROM A RANGE OF ELECTROLYTIC POLISHING CONDITIONS

**Summary**

Electrolytic polishing of dentures cast in cobalt-chromium is a very important stage in the production of removable partial dentures. The quality of the mechanically polished surfaces of the framework is further improved by this process.

Variations in the electrolytic polishing process affect the standard of surface polish obtained. This is of great significance in the retention of dental plaque. Consequently roughness and insufficient polishing must be avoided.

The aim of the study was to determine the conditions of electrolytic polishing that will produce the smoothest polished surface on a dental cobalt-chromium alloy.

The alloy used in the investigation was »Galenika« 16 test pieces of this alloy, cast at the same time, were polished electrolytically depending on the following conditions: composition of the electrolyte, duration of electrolytic polishing, voltage, current density and distance between the electrodes.

The surfaces of electrolytically polished test pieces were examined using a metallurgical microscope. The topography of the surfaces was defined with a surfometer. The contact angle to wetting of saliva on the test piece was also measured.

Resulting from this investigation, the following procedure is recommended: Electrolyte — cobalt-chromium polishing fluid »Krupp«. Distance between electrodes — 35 mm, Potential — 15 volts. Current density — 80 Amps/m<sup>2</sup>. Duration of electrolytic polishing — 2 x 5 minutes.

**Key words:** Cobalt-chromium alloy, electrolytic polishing.