

# Utjecaj različitih priprema površine Ag-Pd konstrukcija Maryland mostova na dinamičku čvrstoću spoja metal-kompozit

Influence of Different Surface Preparations of Ag-Pd Maryland Bridge Constructions on Dynamic Strength of the Composite-Metal Interface

Miroslav Miličević  
Adnan Čatović\*  
Franjo Kovačiček\*\*

Privatna stomatološka ordinacija

\*Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

\*\*Zavod za materijale Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

## Sažetak

Svrha ovoga rada bila je istražiti utjecaj triju različitih priprema površine Ag-Pd legure Maryland mostova na dinamičku čvrstoću spoja metal-kompozit. Istraživanje je objavljeno na 98 valjkastih uzoraka podijeljenih u tri skupine: pjeskareni, elektrokemijski nagriženi i mrežasti. Mjerenje dinamičke izdržljivosti provedeno je u modificiranom Amslerovom visokofrekventnom pulzatoru. Opterećenja su vršena dinamički na uzdužnu os uzorka u trajanju do 1,300.000 ciklusa. Najveću otpornost na dinamičko opterećenje pokazali su mrežasti uzorci, a najslabiju pjeskareni. U sve tri ispitane skupine pronađena je statistički značajna negativna korelacija između naprezanja ( $\sigma$ ) i broja ciklusa.

Ključne riječi: Maryland most, spoj metal-kompozit, dinamička čvrstoća

Acta Stomatol. Croat.  
1995; 29: 47—53

IZVORNI  
ZNANSTVENI RAD

Primljeno: 4. siječnja 1995.  
Received: January 4, 1995

## Uvod

Maryland mostovi su fiksnoprotetske konstrukcije najčešće izrađene od metala s fasetiranim međučlanom, a učvršćuju se kompozitnim materijalima na oralnu stranu zubi nosača.

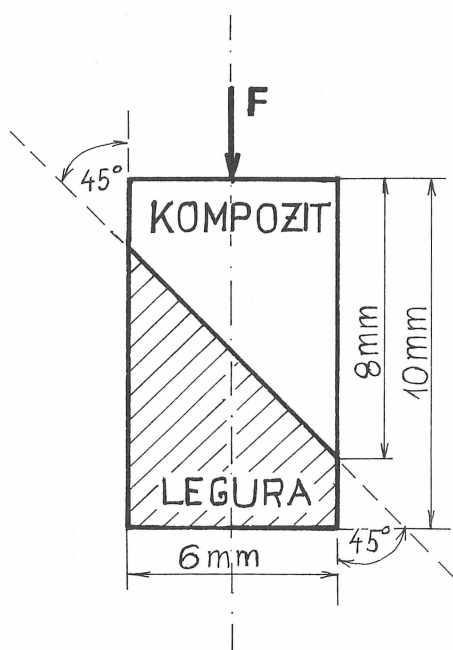
Odljepljenje Maryland mosta od zuba nosača jedna je od najneugodnijih posljedica za bolesnika, a posebice za terapeuta, jer dovodi u pitanje opravdanost primijenjene metode. Locus minoris resistentiae u tih je konstrukcija spoj metal-kompozit kao njihov najneotporniji dio (1—7).

U literaturi su do sada opisani različiti načini pripreme metalne podloge Maryland mostova kao preduvjeta za fiksaciju preko kompozita za zub. Različiti načini retencije u metalu od makromehaničkih i mikromehaničkih do kemijskih predmetom su različitih istraživanja (8—18).

Svrha rada bila je eksperimentalno istražiti utjecaj triju različitih površina metalne podloge Maryland mostova od srebro-paladijeve slitine (Ag-Pd) na dinamičku čvrstoću spoja metal-kompozit.

### Materijal i postupci

Istraživanje je obavljeno na 98 uzoraka podijeljenih u tri skupine: pjeskareni, elektrokemijski nagriženi i mrežasti. Tijelo uzorka valjkasta oblika promjera 6 mm i visine 10 mm načinjeno je od Ag-Pd legure "Auropal SE (Zlatarna Celje, Slovenija)" i kompozitne smole "Kulzer MICROFIL (Kulzer, Germany)" (slika 1).



Slika 1. Shematski prikaz istraživanih uzoraka  
Figure 1. Schematic presentation of study specimens

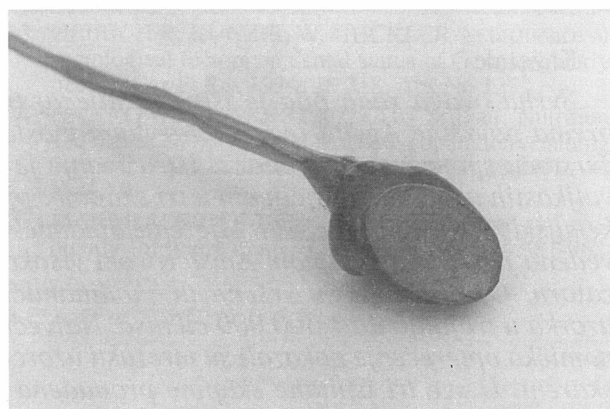
Uzorci su izrađeni plavim voskom (INLAY VOSAK, Galenika — Zemun "SRJ") u čeličnom kalupu posebno konstruiranom za ovu namjenu i postupkom lijevanja (ljevač OVER 060-1-92, Germany), vosak je zamijenjen Ag-Pd legurom (Auropal SE, Zlatarna Celje, Slovenija), (19).

1. Prvu skupinu činila su 34 mrežasta uzorka. Retencijske površine tih uzoraka oblikovane su na način da je konfekcijska mrežica KLETT-O-BOND (Renfert) fiksirana na kosinu voštanog modela i izlivena u metalu.

2. Druga skupina, odnosno 32 uzorka, bila je pjeskarena. Pjeskarenje je obavljeno pomoću pjeskare UNIBLASTER (Girbach Dental, Germany) česticama aluminijevog oksida  $Al_2O_3$  veličine 250 mikrometara pri tlaku od 5 atmosfera i s udaljenosti od 5 mm. Vrijeme pjeskarenja iznosilo je 15 sekundi.

3. Elektrokemijski nagriženi uzorci činili su treću skupinu od 32 uzorka.

Nakon zamjene voštanih modela metalom, metalni su dijelovi očišćeni iskuhavanjem u 10%-tnoj sumpornoj kiselini ( $H_2SO_4$ ) pri temperaturi od 353 K. Potom je na svaki odljev zaštamljena bakrena žica dužine 20 cm i izolirana tvrdim voskom zajedno s metalnim odljevom, (slika 2). Slobodna od voska ostala je površina predviđena za nagrizanje. Elektrokemijsko nagrizanje obavljeno je u 200 ml otopine 0,5 N dušične kiseline, koja je u trajanju od šest minuta napajana strujom jakosti  $600 \text{ mA/cm}^2$  uz napon od 1,5 V. Kontaktne površine svih uzoraka očišćene su ultrazvučnim čistačem u trajanju od 15 minuta.



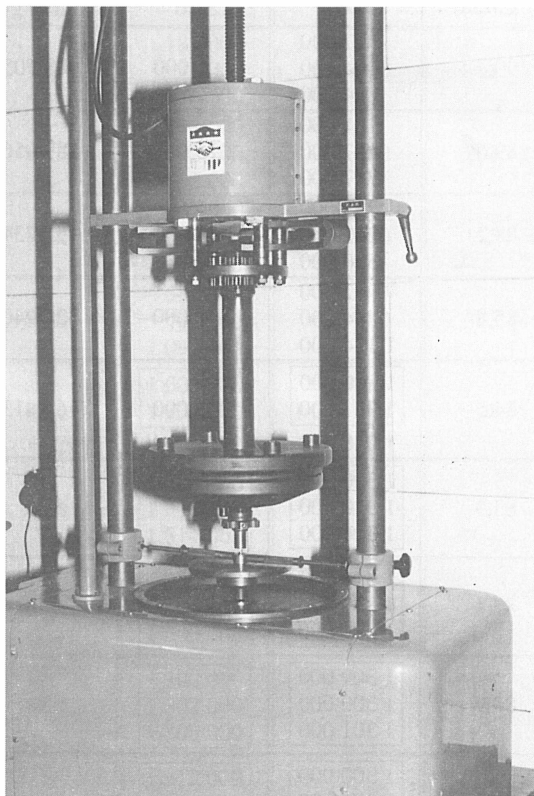
Slika 2. Uzorak izoliran tvrdim voskom i pripremljen za postupak elektrokemijskog nagrizanja

Figure 2. A specimen isolated with hard wax and prepared for electrochemical etching

Završna radnja u izradi uzoraka bila je spajanje kompozitne smole s hrapavom površinom metalnog dijela. Zamiješani kompozit ulijevan je u plastični cilindar u kojem se već nalazio metalni dio uzorka. Nakon što je cilindar napunjen kompozitom, pritisnut je odozgo utegom od 20 N. U takvom položaju uzorak je ostavljen pola sata, potom je pažljivo tupim predmetom izdignut iz cilindra, a spojni dio uzorka poliran brusnim papirom finoće 600.

Prije ispitivanja svi uzorci bili su 21 dan u vodi na temperaturi od 310 K. Mjerenje dinamičke izdržljivosti provedeno je u modificiranom Amslerovom visokofrekventnom pulzatoru, (slika 3). Opterećenja su vršena tlačno dinamički na uzdužnu os uzorka, stupnjevitim povećanjem prednaprezanja uz konstantnu ampli-

tudu sile od 590 N. Za graničnu vrijednost trajanja opterećenja određen je broj 1,300.000 ciklusa, što odgovara s prosječnom petogodišnjem opterećenju u ustima.



Slika 3. Amslerova visokofrekventna umaralica  
Figure 3. Amsler's high-frequency pulsator

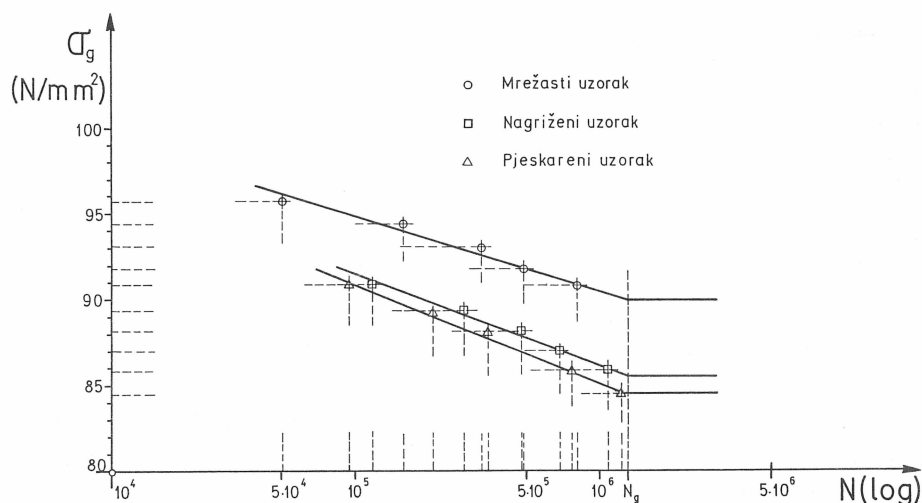
Za provjeravanje osnovne hipoteze koja se odnosi na eventualne razlike između triju skupina uzoraka primijenjena je procedura analize varijance "one way ANOVA", pri čemu je također testirana homogenost varijance, odnosno razlika između svih parova skupina primjenom t-testa. Cjelokupna statistička procedura izvršena je u okviru SPSS-a, statističkog paketa na IBM/PC računalu.

### Rezultati

Za sve tri skupine uzoraka određene su vrijednosti dinamičkih opterećenja glede broja ciklusa potrebnih da dođe do loma uzorka (razdvajanje kompozitnog dijela od metalnog), što je vidljivo iz tablica 1, 2, 3. Podaci uokvireni u tablicama odnose se na uzorke kod kojih nije došlo do loma i egzaktna su potvrda donje granice dinamičke izdržljivosti uzoraka.

Područje loma za mrežaste uzorke počinje s naprežanjem od  $90,7 \text{ N/mm}^2$  i donja je granica izdržljivosti u tih uzoraka. Gornja granica dinamičke izdržljivosti za mrežaste uzorke iznosi  $95,6 \text{ N/mm}^2$ .

Vrijednosti naprežanja za pjeskarene i elektrokemijski nagrižene uzorke su niže. Donja granica dinamičke izdržljivosti za pjeskarene uzorke iznosi  $84,5 \text{ N/mm}^2$ , a elektrokemijski nagrižene  $85,8 \text{ N/mm}^2$ , dok su gornje granice dinamičke izdržljivosti približnih vrijednosti i iznose  $90,7 \text{ N/mm}^2$ . Tako se pri gornjoj granici dinamičke izdržljivosti pjeskareni uzorci lome na-



Slika 4. Dijagram dinamičke izdržljivosti istraživanih uzoraka — logaritamsko mjerilo  
Figure 4. A diagram of dynamic strength of study specimens — logarithmic scale

Tablica 1. Rezultati mjerenja dinamičke izdržljivosti mrežastih uzoraka

Table 1. Results of dynamic strength measurement of netlike specimens

$\sigma_g$ N/mm <sup>2</sup>	B. C.	x	SD
95,6	25 000 29 000 97 000	51 000	40 464
94,3	157 000 234 000 89 000	160 000	72 547
93,1	175 000 519 000 320 000	338 000	172 705
91,9	688 000 391 000 364 000	481 000	179 775
90,7	513 000 1 300 000 614 000	809 000	428 207
89,5	1 300 000 1 300 000 1 317 000		
88,2	1 305 000 1 300 000 1 317 000		
87,0	1 302 000 1 300 000 1 300 000		
85,8	1 303 000 1 300 000 1 301 000		
84,5	1 300 000 1 306 000 1 300 000		
83,3	1 300 000 1 302 000 1 300 000		
82,1	1 303 000		

$\sigma_g$  N/mm<sup>2</sup> — naprezanje  
B. C. — broj ciklusa  
x — aritmetička sredina  
SD — standardna devijacija

Tablica 2. Rezultati mjerenja dinamičke izdržljivosti pjeska-renih uzoraka

Table 2. Results of dynamic strength measurement of sand-blasted specimens

$\sigma_g$ N/mm <sup>2</sup>	B. C.	x	SD
90,7	27 000 164 000 94 000	95 000	68 505
89,5	181 000 147 000 317 000	215 000	89 956
88,2	237 000 292 000 530 000	353 000	155 734
85,8	712 000 464 000 1 114 000	762 000	328 940
84,5	1 300 000 1 301 000 1 018 000	1 206 000	162 813
83,3	1 300 000 1 310 000 1 306 000		
82,1	1 316 000 1 300 000 1 303 000		
80,9	1 309 000 1 300 000 1 301 000		
79,6	1 300 000 1 304 000 1 300 000		
78,7	1 302 000 1 300 000 1 308 000		
77,2	1 303 000 1 300 000		

$\sigma_g$  N/mm<sup>2</sup> — naprezanje  
B. C. — broj ciklusa  
x — aritmetička sredina  
SD — standardna devijacija

kon prosječne vrijednosti od 95.000 ciklusa, a elektrokemijski nagriženi nakon 116.000 ciklusa.

Korelacijom naprezanja i broja ciklusa utvrđeno je postojanje znatne negativne korelacije između dinamičkog opterećenja i broja ciklusa, što znači da se te dvije pojave ponašaju obrnuto proporcionalno, odnosno da se s pora-

stom naprezanja smanjuje broj ciklusa, što je utvrđeno u sve tri skupine uzoraka, (tablica 4).

Analizom varijance dinamičkog opterećenja utvrđeno je da je omjer protumačene i neprotumačene varijance statistički značajan uz  $p = 0,003$ , odnosno da se skupine uzoraka međusobno razlikuju u prosječnim rezultatima. Interne razlike između pojedinih skupina uzoraka

Tablica 3. Rezultati mjerenja dinamičke izdržljivosti nagriženih uzoraka

Table 3. Results of dynamic strength measurement of electrochemically etched specimens

$\sigma_g$ N/mm <sup>2</sup>	B. C.	x	SD
90,7	187 000 75 000 86 000	116 000	61 733
89,5	143 000 182 000 512 000	297 000	202 724
88,2	462 000 612 000 385 000	486 000	115 440
87,0	554 000 432 000 1 096 000	694 000	353 446
85,8	1 502 000 1 300 000 618 000	1 072 000	393 753
84,5	1 380 000 1 310 000 1 314 000		
83,3	1 300 000 1 304 000 1 300 000		
82,1	1 300 000 1 302 000 1 300 000		
80,9	1 312 000 1 304 000 1 305 000		
79,6	1 300 000 1 302 000 1 300 000		
78,4	1 308 000 1 302 000		

 $\sigma_g$  N/mm<sup>2</sup> — naprezanje

B. C. — broj ciklusa

x — aritmetička sredina

SD — standardna devijacija

Tablica 4. Korelacija naprezanja i broja ciklusa

Table 4. Correlation of strain and cycle number

	GRUPA 1	GRUPA 2	GRUPA 3
Pearson r	— ,977	— ,976	— ,984
Razina značajnosti	,01	,01	,01

provjerene su t-testom. Rezultati testiranja pokazali su nepostojanje statistički značajne razlike između skupina pjeskarenih i nagriženih uzo-

raka p = 0,736, dok se obje skupine statistički značajno razlikuju od skupina mrežastih uzoraka uz p = 0,005.

### Rasprava

Usporedba rezultata mjerenja triju skupina istraživanih uzoraka prikazana je Wohlerovim dijagramom u logaritamskom mjerilu, (slika 4). Krivulja dinamičkog opterećenja mrežastih uzoraka nalazi se u gornjem dijelu dijagrama i gornja je granica dinamičke izdržljivosti sveukupnog uzorka. Rezultati dobiveni statističkom analizom pokazali su da je razlika u otpornosti na dinamičko opterećenje statistički značajna između mrežastih i ostalih dviju skupina uzoraka u korist mrežastih uzoraka.

Iako ne postoji statistički značajna razlika između pjeskarenih i nagriženih, ipak su nešto bolje rezultate pokazali elektrokemijski nagriženi uzorci, a najslabije pjeskareni.

Dugotrajnost i skupoća istraživanja na području dinamičke čvrstoće materijala ima za posljedicu i vrlo malen broj podataka u postojećoj znanstvenoj literaturi. Mnogo je veći razlog izrada modela različitih mehaničkih i fizikalnih svojstava materijala (izotropnost i anizotropnost) koji dolaze kao jedinstvena cjelina u okviru ispitivanih uzoraka.

Istraživanja čestične dinamičke čvrstoće na različitim kompozitima proveo je Drummond (20) i dobio vrijednosti dinamičkih opterećenja koje se kreću od 60—155 N/mm<sup>2</sup>.

Premda proučavanje dinamičke čvrstoće kompozita nije bilo svrha istraživanja ovoga rada, ipak se pokazalo nužnim proučiti i taj segment, napose zbog karaktera samoga uzorka i načina njegova opterećenja. Osnovni preduvjet za izvođenje našega istraživačkog postupka bio je taj da struktura uporabljenog kompozita bude otpornija na usitnjenje od čvrstoće spoja toga materijala s metalom.

Učinak dinamičkih opterećenja na Maryland konstrukcijama načinjenim od In-Ceram porculana istraživao je Kern sa suradnicima (21). Srednja vrijednost dinamičkih sila potrebnih da izazovu lom konstrukcije iznosila je 190,6 N.

Iako se rezultati navedenih istraživanja ne mogu izravno usporediti s našim rezultatima, prikazani su jer su dobiveni opterećenjima dinamičkog tipa.

Pri uporabi Ag-Pd legure kao podloge Maryland mosta s tri različita načina retencije u metalu, retencijski sustav konfekcijske mrežice pokazao je najbolju otpornost na dinamičko opterećenje.

### Zaključci

1. Najveća dinamička čvrstoća spoja Ag-Pd legure i kompozita izmjerena je kod mrežastih uzoraka;

2. najslabiju otpornost na dinamičko opterećenje pokazali su pjeskareni uzorci;

3. dobiveni rezultat olakšava donošenje odluke u izboru retencijskog sustava Maryland mosta za kliničku primjenu Ag-Pd legure.

### INFLUENCE OF DIFFERENT SURFACE PREPARATIONS OF Ag-Pd MARYLAND BRIDGE CONSTRUCTIONS ON DYNAMIC STRENGTH OF THE COMPOSITE-METAL INTERFACE

#### Summary

*The aim of this study was to investigate experimentally the effect of three different forms of metal bases (Pd-Ag) of Maryland bridges on the dynamic strength of the metal - composite interface. The study was carried out on 98 metal roller specimens. Three groups of specimens were investigated: netlike, electrochemically etched and sand-blasted. All specimens were dynamically loaded in an Amsler high frequency pulsator with gradual increasing of the working forces until the limits of their endurance. Metal roller specimens were loaded in a duration of 1.300.000 cycles. Results of dynamic loading showed the netlike specimens to have the most dynamic resistance of the metal-composite interface. Dynamic loading of the sand-blasted specimens was the weakest. Statistical analysis showed negative correlation between the strain and number of cycles in all the three groups of metal roller specimens.*

**Key words:** Maryland bridge, metal-composite interface, dynamic strength

Adresa za korespondenciju:  
Address for correspondence:

Dr. Miroslav Miličević  
Treće Poljanice 1/IV  
10000 ZAGREB

### Literatura

1. CREUGERS N H J, SNOEK P A, VAN'T HOF M A, KAYSER A F. Clinical performance of resinbonded bridges: a 5 years prospective study. Part III: Failure, characteristics and survival after rebonding. *J Oral Rehabil* 1990; 17:179-86.
2. CREUGERS N H J, KAYSER A F, VAN'T HOF M A. A seven-and-half-years survival study of resin-bonded Bridges. *J Dent Res* 1992; 71:1822-25.
3. HAYWOOD V B, KANOY B E, BRUGGEARS K J, ANDREUS S B. Thermal removal of composite resin: Effect on rebonding etched metal. *J Prosthet Dent* 1990; 63:289-91.
4. ČATOVIĆ A, PREDANIĆ-GAŠPARAC H. Primjena Maryland mosta kod gubitka gornjeg lateralnog inciziva. *Acta Stomatol Naissi* 1988; 10:55-62.
5. HUSSEY D L, PAGNI C, LINDEN G J. Performance of 400 adhesive bridges fixed in a restorative dentistry department. *J Dent* 1991; 19:221-25.
6. DUNNE S M, MILLAR B J. A longitudinal study of the clinical performance of resin bonded bridges and splints. *Br Dent J* 1993; 174:405-11.
7. BESIMO C. Resin-bonded fixed partial denture technique: Results of medium-term clinical follow-up investigation. *J Prosthet Dent* 1993; 69:144-48.
8. ROCHETTE A L. Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1973; 30:418-23.
9. ŠUTALO J. Kompozitni materijali u stomatologiji. Zagreb: Grafički zavod Hrvatske, 1988; 46-56.
10. TALEGHANI M, LEINFELDER K F, TALEGHANI A M. An alternative to cast etched retainers. *J Prosthet Dent* 1987; 58:424-28.

11. WIRZ J, BESIMO C, SCHMIDLI F. Verbundfestigkeit von Metallgerüst und Haftvermittler in der Adhesivbrückentechnik. Schweiz Mschr Zahnmed 1989; 99:24-39.
12. LIVADITIS G J, THOMPSON V P. Etched castings: An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. J Prosthet Dent 1982; 47:52-8.
13. WIRZ J, BESIMO C, SCHMIDLI F. Verbundfestigkeit von Metallgerüst und Haftvermittler in der Adhesivbrückentechnik. Schweiz Mschr Zahnmed 1988; 98:944-52.
14. LAWSON J R. Alternative alloys for resin-bonded retainers. J Prosthet Dent 1991; 65:97-9.
15. DOUKOUDAKIS A, TZORTZOPOULOU E, GRAY S. A comparison of the shear strength of chemically versus electrolytically etched metal retainers. J Prosthet Dent 1992; 67:614-16.
16. LIN T, CHANG H, CHUNG K. Interfacial strengths of various alloy surface treatments for resin-bonded fixed partial dentures. J Prosthet Dent 1990; 64:158-62.
17. MUSIL R, TILLER H J. Die molekuläre Kopplung der Kunststoffverblendung an die Legierungsoberfläche. Dent Labor 1984; 32:1155-61.
18. HANSSON O, MOBERG L E. Evaluation of three silicoating methods for resinbonded prostheses. Scand Dent Res 1993; 101:242-51.
19. MILIČEVIĆ M. Utjecaj različitih oblika metalne podloge Maryland mostova na dinamičku čvrstoću spoja metal-kompozit. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, 1993. Magistarski rad.
20. DRUMMOND J L. Cyclic fatigue of composite restorative materials. J Oral Rehabil 1989; 16:509-20.
21. KERN M, DOUGLAS W H, FECHTIG T, STRUB J R, DE-LONG R. Fracture strength of all-porcelain, resin-bonded bridges after testing in an artificial oral environment. J Dent 1993; 21:117-121.