

## Elektroforetski nanošena keramika

Joško Viskiće, dr. med.dent.<sup>1</sup>  
 Slađana Milardović, dr. med.dent.<sup>1</sup>  
 prof.dr.sc. Ketij Mehulić<sup>1</sup>

[1] Zavod za stomatološku protetiku, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Elektroforetsko nanošenje (EPD) je elektrokemijska metoda nanošenja određenog materijala na drugi pomoću istosmjernje struje. Elektroforeza radi na principu razlike potencijala na elektrodama, pri čemu zbog smjera električne struje čestice elektrolita putuju s katode na anodu.

U posljednja dva desetljeća elektroforeza je korištena u raznim industrijskim postupcima oblikovanja materijala nanošenjem vodenih ili ne-vodenih suspenzija metalnih čestica, oksida, karbida, fluorescentnih materijala, cermeta, polimera, boje i staklenih čestica na podlogu (1-7). Ova se metoda često koristi u osnovnim proizvodnim procesima široke palete proizvoda raznih dimenzija, od divovskih čeličnih građevinskih konstrukcija i šasija automobila pa do minijaturnih dijelova kao vijaka ili u novije vrijeme nanokonstrukcija (8).

Elektroforetsko nanošenje keramike je proces koji se odvija u koloidnoj otopini. Prednosti ove metode su kratko vrijeme izrade, jednostavna aparatura te skoro neograničena mogućnost postizanja raznih oblika. Posebno treba istaknuti da je, bez obzira što je to „tekući“ proces, kontrola nad debljinom nanošenog sloja i nad morfologijom oblikovanog objekta vrlo jednostavna (7,8).

Proces se provodi u dvije faze. U stabilnoj koloidnoj suspenziji suspendirane su čestice keramike. Prva faza je samo kretanje čestica prema elektrodi dok u drugoj fazi dolazi do nakupljanja tih čestica na elektrodi i stvaranja koherentnog i homogenog sloja (slika 1). Ionizacija keramičkih čestica može se postići selektivnim otapanjem određenih iona i/ili češće preko adsorpcije ionskih čestica na površini kristala, što stvara dvostruki ionski sloj. Taj sloj stabilizira kristale u koloidnoj

otopini te omogućava njihovo kretanje u suspenziji pod utjecajem električnog polja (1).

Materijal se može nanositi direktno na elektrodu ili na „membranu“ koja se nalazi između elektrode i suspenzije. U slučaju izrade keramičkog nadomjeska „membranu“ predstavlja gips iz kojeg je izliven bataljak u koji je s unutrašnje strane postavljena elektroda.

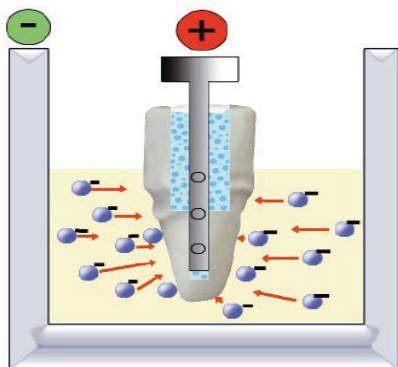
Glavni činitelji koji utječu na oblikovanje keramičkih nadomjestaka su dielektrična konstanta suspenzije, viskoznost suspenzije, snaga električnog polja te zeta potencijal čestica keramike. Visoka vrijednost dielektrične konstante uzrokuje veću brzinu kretanja čestica u suspenziji te na taj način povećava masovni transport. Također, visoke vrijednosti zeta potencijala važne su za masovni prijelaz čestica, za njihovo nakupljanje i oblikovanje na elektrodi (4).

Elektroforetsko nanošenje keramike predstavlja prvi korak u procesu izrade osnovne konstrukcije fiksnog nadomjeska. Potom slijedi sinteriranje gdje dolazi do zgušnjavanja čestica i infiltracija staklom kako bi se postigla optimalna svojstva materijala.

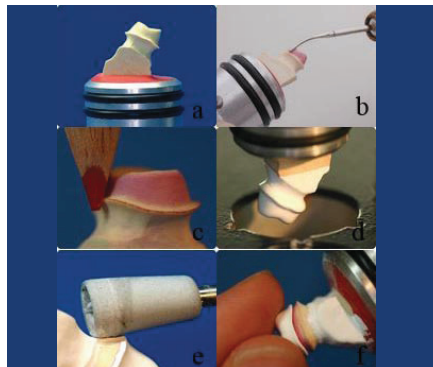
Dvije vrste dentalne keramike se koriste pri izradi nadomjestaka EPD metodom: cirkonijoksidna, aluminijoksidna keramika ili kombinacije tih dviju. Novija istraživanja elektroforetski nanošene keramike sve više se okreću cirkonijoksidnoj keramici, osobito TZ-3Y te TZ-Y20A koje pokazuju vrijednosti od 99.7% odnosno 98.2% teoretske gustoće nakon sinteriranja što su vrijednosti koje su ili jednake ili vrlo blizu vrijednostima za CAD/CAM blokove cirkonijoksidne keramike (9).

Komercijalni preparati trenutno na tržištu su InCeram Zirkon i InCeram Alumina (VITA, BadSäckingen, Njemačka) te dvije komercijalne proizvodne tehnike WOL-Ceram (WOL-Ceram, BadSobernheim, Njemačka) i CeHa White ECS (C. HAFNER GmbH + Co. KG, Pforzheim, Njemačka). Koriste se za izradu osnovne konstrukcije kod fiksnih nadomjestaka te se na njih onda nanosi obložna keramika.

Proces izrade elektroforetski nanošene keramičke krunice u WOL-Ceram sustavu



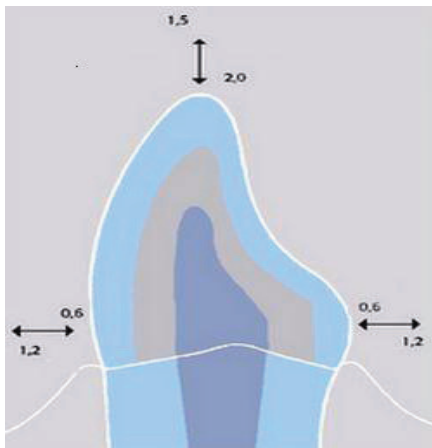
Slika 1. Prikaz elektroforetskog nanošenja (preuzeto iz 11)



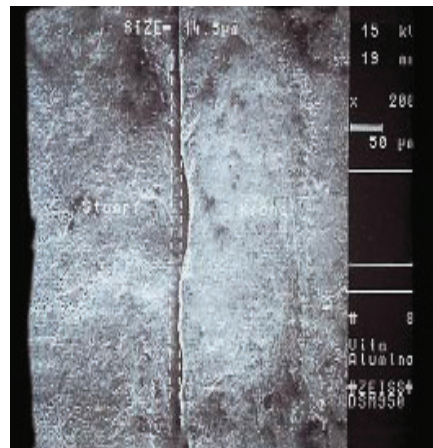
Slika 2. Laboratorijski proces izrade osnovne konstrukcije protetskog rada od InCeram Alumina keramike EPD metodom u Wol-Ceram sustavu (preuzeto iz 12)



Slika 3. Prikaz slučajeva izrade keramičke krunice od InCeram Alumina keramike EPD metodom u Wol-Ceram sustavu: a) stare metal-keramičke krunice; b) preparacija na zaobljenu stepenicu; c) završni izgled nadomjeska (preuzeto iz 13)



Slika 4. Preparacija zuba nosača za elektroforetski nanošenu keramiku (preuzeto i modificirano iz 10)



Slika 5. Prikaz rubne pukotine od 14.5  $\mu\text{m}$  između zuba nosača i keramičkog nadomjeska izrađenog EPD metodom – SEM elektronska snimka povećanje 200 puta (preuzeto iz 11)



Slika 6. Prikaz presjeka cementirane osnovne konstrukcije izrađene EPD metodom (preuzeto iz 12)

započinje izlivanjem modela u gipsu. Separirani bataljak se postavi u nosač (slika 2a), dakle nije potrebno raditi duplikat. Nakon nanošenja tankog sloja voska koji osigurava prostor za budući cement, crvenom olovkom se označi rub preparacije (slika 2b i c). To služi u daljnjem tijeku izrade kao granica završetka obrade dobivene keramičke strukture, a određuje i sam rub nadomjeska. Nakon toga slijedi uranjanje u koloidnu suspenziju aluminijoksidne keramike (slika 2d). Kada se uključi istosmjerna struja čestice keramike putuju prema bataljku i tu se deponiraju. Debljina sloja keramike kontrolira se trajanjem samom postupka. Za debljinu od 0,6 mm za pojedinačnu krunicu potrebno je 25 sekundi dok za mosnu konstrukciju ovisno o debljini između 35 i 90 sekundi. Kad se postigne željena debljina, bataljak se vadi iz suspenzije te se višak materijala koji je prešao preko ruba preparacije ukloni (slika 2e i f). Proces izrade završava sinteriranjem, infiltracijom staklom, najčešće lantanovim te konačno nanošenjem obložne keramike. Na slici 3 prikazan je slučaj zamjene starih metal-keramičkih krunica elektroforetski nanošenom aluminijoksidnom InCeram Alumina keramikom.

Indikacije za elektroforetski nanošenu InCeram Alumina keramiku su:

- Krunice u svim regijama zubnog niza
- Tročlani mostovi u prednjoj regiji zubnog niza (do drugog premolara)
- Individualne nadogradnje za implantatima


Indikacije za elektroforetski nanošenu InCeram Zirkon keramiku su:

- Krunice u svim regijama (lošija estetika u prednjoj regiji)
- Tročlani mostovi u svim regijama

Preporučeni opseg brušenja uporišnog zuba

je: incizalna/okluzalna redukcija od 1,5 – 2 mm, vestibularna redukcija od 1 – 1,5 mm te zaobljena stepenicana vratu zuba (slika 4). Neki od proizvođača čak navode da je moguće koristiti ovakve sustave na tangencijalnu preparaciju (10). Takve navode treba uzeti s oprezom.

S obzirom da se radi o keramičkom sustavu s visokom čvrstoćom, prilikom cementiranja postoji više mogućnosti. Mogu se cementirati cink fosfatnim cementima, stakleno ionomernim cementima ili nekim od sustava adhezivnih cemenata. Zbog samog postupka izrade rubna pukotina je minimalna i prilijeganje nadomjeska na uporišni zub skoro idealno (slika 5 i 6).

Jednostavnost postupka izrade, niska cijena te dobra mehanička i estetska svojstva čine elektroforetski nanošenu keramiku dobrim rješenjem koje će tek dosegnuti svoju punu primjenu. 

*Ovaj rad je napravljen u sklopu projekta MZOŠ-a br: 065-0650446-0435.*

## LITERATURA

1. Nicholson P S. Electroforetic deposition (EPD): mechanisms, kinetics, and application to ceramics. *J Am Ceram Soc.* 1996;79(8):1987–2002.
2. Van der Biest O O and Vandepierre L J. Electroforetic deposition of materials. *Annu Rev Mater Sci.* 1999;29:327–52.
3. Boccaccini A and Zhitomirsky I. Application of electroforetic and electrolytic deposition techniques in ceramics processing. *Curr Opin Solid State Mater Sci.* 2002;6(3):251–60.
4. Besra L and Liu M. A review on fundamentals and applications of electroforetic deposition (EPD). *Prog Mater Sci.* 2007;52(1):1–61.
5. Uchikoshi T, Furumi W S, Shirahata N, Suzuki T S and Sakka Y. Conductive polymer coating on

- nonconductive ceramic substrates for use in the electroforetic deposition process. *J Am Ceram Soc.* 2008;9(5):1674–7.
6. Tabellion Jand Clasen R. Electroforetic deposition from aqueous suspensions for near-shape manufacturing of advanced ceramics and glasses-applications. *J Mater Sci.* 2004;39(3):803–11.
7. Besra L, Samantaray P, Bhattacharjee S and Singh B P. Electroforetic deposition of alumina on stainless steel from non-aqueous suspension, *J Mater Sci.* 2007;42(14):5714–21.
8. Fukada Y, Nagarajan N, Mekky W, Bao Y, Kim H S and Nicholson P S. Electroforetic deposition-mechanisms, myths and materials, *J Mater Sci* 2004;39(3):787–801.
9. Jin L, Wang S H, Wang Z Y, Chen L L and Wang X H. Fabrication of nanosized 3Y-TZP ceramic dental restoration frameworks on gypsum models by aqueous electroforetic deposition. *Adv Appl Ceram.* 2008;107(1):34-6.
10. WOL\_CERAM [homepage on the Internet]. Bad Sobernheim:WOL-Ceram [cited 2010 Dec 2] [about 2 screens]. Available from: [http://wolceram.de/cms/front\\_content.php?idcat=4](http://wolceram.de/cms/front_content.php?idcat=4)
11. C. HAFNER GmbH + Co. KG, [homepage on the Internet]. Pforzheim: C. HAFNER GmbH + Co. KG [cited 2010 Dec 2][about 6 screens]. Available from: [http://www.c-hafner.de/en/dental/downloads/Prospect\\_ECS.pdf](http://www.c-hafner.de/en/dental/downloads/Prospect_ECS.pdf)
12. WOL\_CERAM [homepage on the Internet]. Bad Sobernheim:WOL-Ceram [cited 2010 Dec 2] [about 6 screens]. Available from: [http://wolceram.de/cms/upload/bilder/flyer/flyer\\_en.pdf](http://wolceram.de/cms/upload/bilder/flyer/flyer_en.pdf)
13. Vita Zahnfabrik [homepage on the Internet]. Bad Sädingen: VITA [cited 2010 Dec 2] [about 88 screens] Available from: [http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/en/en\\_3052785.pdf](http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/en/en_3052785.pdf)
14. WOL\_CERAM [homepage on the Internet]. Bad Sobernheim:WOL-Ceram [cited 2010 Dec 2] [about 1 screen]. Available from: [http://wolceram.de/cms/front\\_content.php?idcat=42](http://wolceram.de/cms/front_content.php?idcat=42)