

Ispitivanje mehaničkih svojstava akrilatnih kompozitnih materijala sa različitim AL_2O_3 ojačanjima brazilskim testom

MARIJA M. VUKSANOVIĆ, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar
Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd,

NATAŠA Z. TOMIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

AHMED A. ALGELLAI, Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

BOJANA D. BALANČ, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar
Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

ŽELJKO M. RADOVANOVIĆ, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar
Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

DEJAN D. TRIFUNOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

RADMILA M. JANČIĆ HEINEMANN, Univerzitet u Beogradu
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Originalni naučni rad

UDC: 66.018:620.175

DOI: 10.5937/tehnika1901009V

Kompozitni materijali na bazi fotopolimerizujućih akrilata i različitih ojačanja na bazi aluminijum-oksida predstavljaju materijal koji je pogodan za upotrebu u stomatologiji, ali i u drugim oblastima. Kompoziti su napravljeni korišćenjem četiri različita tipa ojačanja hemijski veoma sličnih sastava, ali različite veličine i morfologije. Da bi se pratila mehanička svojstva kompozitnog materijala napravljeni su uzorci u formi diskova definisanih dimenzija pogodni za polimerizaciju pod dejstvom UV svetlosti. Predmet ovog istraživanja je ispitivanje mehaničkih svojstava fotopolimerizujućeg kompozitnog materijala na bazi Bis-GMA (Bisfenol A glicidilmetakrilata)/TEGDMA (trietilen glikol dimetakrilata) kao matrice. Ojačanja su bila u formi komercijalnih nanočestica i viskera aluminijum-oksida i njihov uticaj na mehanička svojstva upoređen je sa uticajem sintetisanih čestica na bazi aluminijum-oksida dopiranih gvožđe oksidom sintetisanih sol gel tehnikom. Za ispitivanje mehaničkih svojstava kompozitnih materijala korišćen je Brazilski test i ispitivanje tvrdoće uzoraka.

Ključne reči: kompozit, mehanička svojstva, mikrostruktura, Brazilski test, mikrotvrdoća

1. UVOD

Bisfenol-A-glicidil metakrilat (Bis-GMA) je najčešći monomer korišćen u stomatologiji prilikom restauracije zuba. Bis-GMA je molekul sa reaktivnim dvostrukim vezama metakrilne grupe na oba kraja, velike molarne mase i visoke viskoznosti na sobnoj temperaturi [1]. Trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) je monomer koji se često koristi u sistemu sa

Bis-GMA monomerom u cilju smanjenja viskoznosti.

To je relativno fleksibilan linearan molekul koji, takođe, ima nezasićene veze metakrilne grupe na svojim krajevima. TEGDMA monomer zbog niske viskoznosti ima bolju pokretljivost kroz sistem i na taj način povećava stepen polimerizacije i umreženja polimera čime se poboljšavaju mehanička svojstva umrežene smole [2, 3].

Na stepen polimerizacije fotopolimerizujućih kompozita utiče više parametara kao što su količina i vrsta monomera, vrsta inicijatora/katalizatora, talasna dužina svetlosti za polimerizaciju, intenzitet svetlosti kao i vreme zračenja [4].

Punioči koji se koriste kao ojačanja u kompozitnim materijalima mogu imati različit oblik: oblik cilindra

Adresa autora: Marija Vuksanović, Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd, Karnegijeva 4

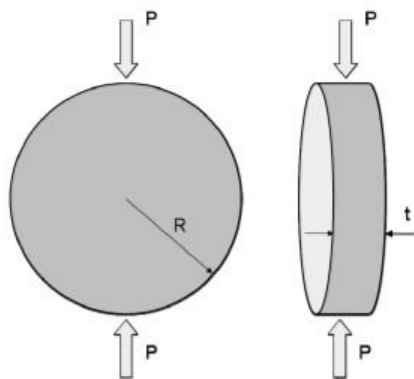
e-mail: m.dimitrijevic@tmf.bg.ac.rs

Rad primljen: 26.11.2018.

Rad prihvaćen: 29.01.2019.

(vlakna i viskersi), oblik sfere (čestice), pločastog sloja (laminat), nepravilne pločice (ljuspice) [5]. Svojstva kompozitnog materijala zavise od veze između matrice i ojačanja, od oblika, udela i raspodele ojačanja [6, 7]. Uloga ojačanja u kompozitnim materijalima je da poboljšavaju mehanička svojstva kompozita kao što su modul elastičnosti, tvrdoća, čvrstoća, žilavost kompozita i otpornost na habanje površine uzoraka. Ojačanja zubnih kompozita u obliku vlakana/viskersa pokazuju značajno poboljšanje mehaničkih svojstava kompozita [8-12]. Čestice na bazi aluminijum-oksida (Al_2O_3) u kompozitnom materijalu, pored poboljšanja mehaničkih svojstava, utiču i na poboljšanje adhezije kompozitnih filmova na metalnoj podlozi [13].

U slučaju ograničenja po pitanju veličine uzorka, neophodno je odabrati neku od indirektnih metoda za određivanje mehaničkih svojstava materijala. Jedna od indirektnih metoda za ispitivanje zatezne čvrstoće materijala je Brazilski disk test. Brazilski test se široko koristi za ispitivanje zatezne čvrstoće i žilavosti neorganskih i krutih materijala poput stena, betona [14], biokeramike [15] i drugih sličnih materijala [16, 17]. Šema postavke uzorka u obliku diska za ispitivanje brazilskim testom sa pravcem dejstva sile, prikazana je na slici 1 [18]. Tačnije, na uzorak označenih dimenzija (poluprečnika R i debljine t) se vrši kompresija primenom sile P .



Slika 1 - Prikaz diska za Brazilski test

Cilj ovog rada je ispitivanje uticaja različitih punioca na bazi aluminijum-oksida na mehanička svojstva kompozitnih materijala napravljenih od Bis-GMA/TEGDMA matrice primenom Brazilskog testa kao i ispitivanje mikrotvrdoće kompozitnih materijala metodom po Knopu.

2. EXPERIMENTALNI DEO

Za pripremu polimerne matrice korišćene su dve fotopolimerizujuće komponente Bis-GMA i TEGDMA proizvođača Sigma – Aldrich. Kamforhinon (CQ) kao inicijator i etil-4-dimetilaminobenzoat (4EDMAB) kao katalizator su od proizvođača Sigma – Aldrich.

Kao ojačanja u kompozitnom materijalu korišćene su čestice:

- sintetisane iz aluminijum hlorohidrata kao prekursora Al_2O_3 (Locron L; $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5 \cdot 2,5 \text{H}_2\text{O}$) – označene kao Al_2O_3 m;
- sintetisane Al_2O_3 čestice iz kombinacije prekursora i to $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5 \cdot 2,5 \text{H}_2\text{O}$ i gvožđe(III) hlorida ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Sigma-Aldrich) – označene kao Al_2O_3 Fe;
- sferične Al_2O_3 nanočestice sa prečnikom manjim od 50 nm (Sigma-Aldrich) – označene kao Al_2O_3 n [9];
- Al_2O_3 viskersi (Sigma-Aldrich) sa prečnikom dimenzija 2-4 nm i dužinom od 200-400 nm – označeni kao Al_2O_3 w [12].

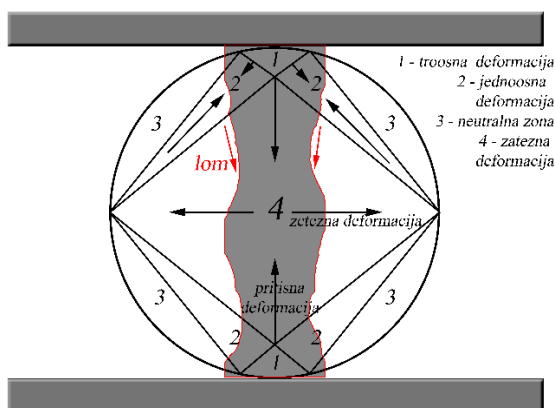
Postupak dobijanja Al_2O_3 čestica se zasnivao na sol-gel tehnici. Al_2O_3 m čestice su dobijene iz rastvora soli $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ (20 g) u 15 ml destilovane vode. Nakon rastvaranja na magnetnoj mešalici i dobijanja sola, rastvor je izliven u petri šolju i ostavljen da umrežava na sobnoj temperaturi. Ovako dobijen gel je usitnjen u avanu sa tučkom i prah je kalcinisan na 900°C , tokom dva sata. Raspodela veličina čestica određena je laserskim analizatorom (PSA) Mastersizer 2000 (Malvern Instruments Ltd., UK). Analizom dobijenih rezultata uočeno je da 10% čestica ima prečnik ispod ispod $0,407 \mu\text{m}$, 50% ispod $0,602 \mu\text{m}$ i 90% ispod $1,224 \mu\text{m}$ [19].

Al_2O_3 Fe čestice su dobijene na isti način ali uz dodatak 1,5 mas. % $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ u odnosu na količinu $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ u rastvoru. Dobijeno je da 10% čestica ima prečnik ispod ispod $0,415 \mu\text{m}$, 50% ispod $0,617 \mu\text{m}$ i 90% ispod $1,227 \mu\text{m}$ [19].

Napravljena je čista polimerna matrica sistema Bis-GMA/TEGDMA u odnosu 1: 1 tako što su homogenizovani monomeri u udelu od 49,5 mas. % nakon čega je dodato 0,2 mas. % CQ i 0,8 mas. % 4EDMAB. Sistem je polimerizovan 4 minuta primenom UV svetlosti. Kompoziti su napravljeni od polimerne matrice sa komponentama u istim udelima, s tim što je 5 mas. % ojačanja na početku dispergovano u ultrazvučnom kupatilu (tokom 5 min) u TEGDMA monomeru.

Morfologija kompozitnih uzoraka ispitana je pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa (FE-SEM), MIRA3 TESCAN, pri naponu od 10 kV. Uzorci su testirani koristeći Brazilski test da bi se izračunale vrednosti zatezne čvrstoće.

Brazilski test je izveden prema standardu (SRBS B.B7.127) [20] uz korišćenje mašine Instron 1332 sa glavom opeterećenja od 100 kN i sistemom prikupljanja od 5 kN i brzinom deformacije $0,5 \text{ mm/min}$. Zone naprezanja koje se pojavljuju tokom Brazilskog testa prikazane su na slici 2.



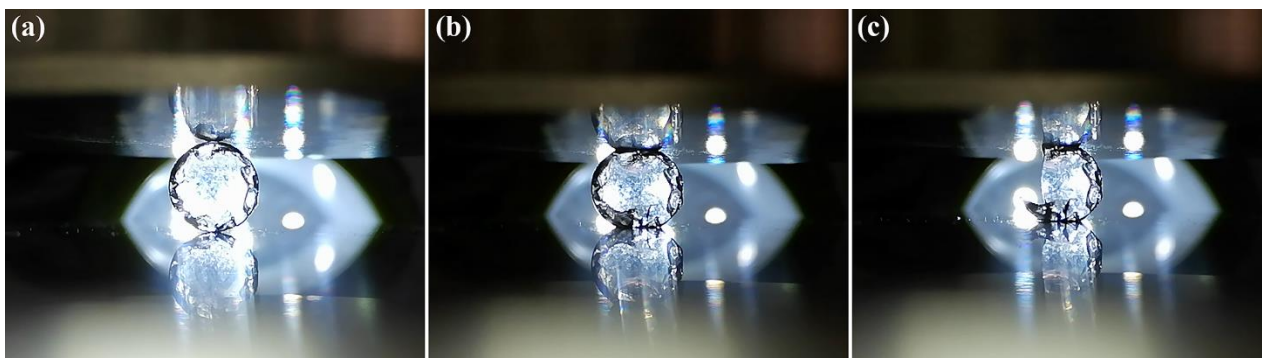
Slika 2 - Zone napreznja tokom Brazilskog testa

Postoje četiri zone napreznja koje se mogu uočiti na slici 2:

- 1 – zona troosnog napreznja,
- 2 – zona jednoosnog napreznja,
- 3 – neutralna zona, i
- 4 – zona zateznja.

Prema izmerenoj sili pri kojoj dolazi do loma uzorka, može se izračunati zatezna čvrstoća materijala prema jednačini (1):

$$\sigma_0 = \frac{P}{R h \pi} \quad (1)$$



Slika 3 - Uzorak Bis-GMA/TEGDMA u uslovima Brazilskog testa: a) pre opterećenja, b) opterećen uzorak pre loma, c) uzorak nakon loma

Nakon primene pritiskog opterećenja dolazi do deformacije uzorka i koncentracije napona u zonama gde se iniciraju mikroprrsline a zatim i lom. Neki polimerni materijali imaju svojstvo fotoelastičnosti koja opisuje promenu optičkih svojstava materijala usled mehaničkih deformacija. Ovo svojstvo se često koristi za eksperimentalno određivanje raspodele napona u materijalu prilikom određenog opterećenja. Slika 3b predstavlja izgled uzorka pre samog loma materijala. Promene u optičkim svojstvima se pre svega uočavaju u zoni troosnog napreznja u kontaktu sa gornjom pločom, oblik identičan šemi na slici 2, što ukazuje na mesta sa najvećom koncentracijom napona. U delu troosnog napreznja u kontaktu sa donjom pločom, slika 3b, može se uočiti pojava mikroprrsline od kojih će se

gde je: R – poluprečnik uzorka, h – visina uzorka, P – sila loma uzorka.

Za ispitivanje mikrotvrdoće kompozitnih materijala metodom po Knopu, korišćen je uređaj Kleinhärteprüfer (Leitz Durimet 2), sa opterećenjem od 0,245 N (25p), koristeći dijamantski utiskivač u obliku piramide, čiji je odnos između dijagonala oko 7:1. Dubina otiska je oko 1/30 njegove veličine. Mikrotvrdoća po Knopu može se izračunati prema sledećem izrazu:

$$KHN = \frac{F}{CL^2} \quad (2)$$

gde je: F - primenjena sila, L - dužina duže dijagonale otiska i $C = 0,07028$ - konstanta utiskivača koja predstavlja vezu između površine otiska i dužine duže dijagonale [21].

3. REZULTATI

Prilikom Brazilskog testa praćena je sila, deformacija i lom uzorka. Ponašanje čiste polimerne matrice Bis-GMA/TEGDMA tokom testa je prikazano na slici 3. Na slici 3a je prikazana eksperimentalna postavka uzorka pre opterećenja između dve planparalelne ploče. Čista polimerna matrica Bis-GMA/TEGDMA je potpuno transparentan materijal i omogućava praćenje defekata, deformacija, prslina i loma tokom Brazilskog testa.

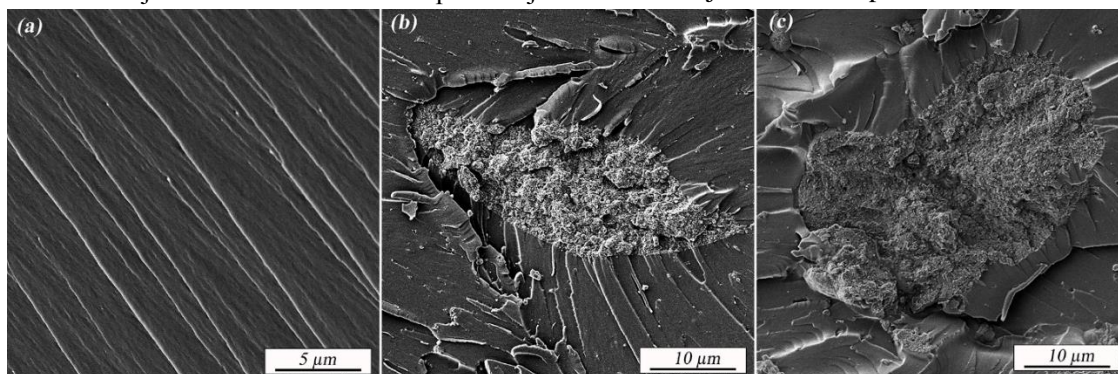
razviti lom u narednom koraku. Slika 3c prikazuje lom uzorka koji takođe daje informacije o koncentraciji napona i uticaju napreznja u materijalu na pojavu loma. Kao što se može videti lom je iniciran pojavom mikroprrsline i svojom putanjom spaja obe zone troosnog napreznja. Ono što je zanimljivo da se primeti je da je neutralna zona odvojena lomom od materijala ostala u obliku kao što je prikazano u šemi na slici 2. Slika 3c prikazuje još i promenu pravca loma što pokazuje najveću zateznu deformaciju (izduženje materijala) u ravni koja sadrži središte diska. Vrednosti zatezne čvrstoće (σ) koje su dobijene indirektnom metodom uz pomoć Brazilskog testa date su u tabeli 1. Za svako merenje ispitana su tri uzorka i izračunata je srednja vrednost zatezne čvrstoće uzorka.

Tabela 1. Zatezne čvrstoće (σ_t) uzoraka određene indirektnom metodom uz pomoć Brazilskog testa

Uzorak	σ_t , MPa
Bis-GMA/TEGDMA	27,4 (0,3)*
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ n	39,4 (0,7)
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ w	32,3 (0,5)
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ m	33,9 (0,5)
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ Fe	36,3 (0,6)

* Vrednosti u zagradama predstavljaju standardne devijacije merenja

Na osnovu dobijenih rezultata može se videti da dodatak ojačanja od 5 mas. % u polimernu matricu utiče na povećanje zatezne čvrstoće kompozitnog materijala. Najveće povećanje zatezne čvrstoće uzoraka može se videti kod Al₂O₃ n nanočestica i to povećanje iznosi 43,8%. Poboľjšana zatezna čvrstoća uzorka Al₂O₃ Fe u odnosu na Al₂O₃ m čestice (7,1%) se pripisuje boljim mehaničkim svojstvima usled dopiranja Al₂O₃ čestica gvožđe oksidom. Male količine gvožđe oksida utiču na dobijanje veće količine α -faze u česticama aluminijum-oksida što dovodi do povećanje



Slika 4 – Slike sa skenirajućeg elektronskog mikroskopa nakon loma uzorka: a) matrice Bis-GMA/TEGDMA, b) Bis-GMA/TEGDMA/5% Al₂O₃ n, i c) Bis-GMA/TEGDMA/5% Al₂O₃ w

Kako bi se utvrdila uniformnost dispergovanih ojačanja u matrici i efikasnost ojačanja, određena je tvrdoća po Knopu (HK) koja je prikazana u tabeli 2.

Tabela 2. Dobijene vrednosti tvrdoće po Knopu (HK) uzoraka polimerne matrice i kompozita

Uzorak	HK
Bis-GMA/TEGDMA	14,8 (1,2)*
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ n	35,6 (2,5)
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ w	18,2 (3,7)
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ m	23,5 (2,1)
Bis-GMA/TEGDMA/5% Al ₂ O ₃ Fe	29,4 (2,3)

* Vrednosti u zagradama predstavljaju standardne devijacije merenja

Rezultati merenja HK su saglasni sa rezultatima zatezne tvrdoće određene indirektnom metodom uz

tvrdoće materijala [22]. Najmanje povećanje zatezne čvrstoće matrice se primećuje kod uzoraka koji su ojačani aluminijum-oksidnim viskerisima i iznosi 17,9%.

U cilju ispitivanja uticaja ojačanja na prenos opterećenja, analizirana je morfologija kompozitnih materijala korišćenjem skenirajućeg elektronskog mikroskopa, slika 4. Na slici 4a može se videti uniformna morfologija čiste Bis-GMA/TEGDMA matrice. Kompozit sa Al₂O₃ n ojačanjima je pokazao najbolja mehanička svojstva i to iz više razloga što se može videti i na prelomnoj površini uzorka. Agregati Al₂O₃ n čestica imaju tendenciju da formiraju sferne agregate u akrilatnoj matrici [19]. Ukoliko čestice ostvare dobar kontakt sa matricom može doći do deformacije agregata u pravcu dejstva sile.

Na slici 4b se može videti i skretanje loma što ukazuje na efektivno ojačanje kompozita za razliku od kompozita ojačanog dodatkom Al₂O₃ w. Slika 4c pokazuje prelomnu površinu kompozita sa najslabijim mehaničkim svojstvima gde se vidi da agregat Al₂O₃ w ojačanja ne pokazuje značajne deformacije i preusmeravanje loma u kompozitu.

pomoć Brazilskog testa što ukazuje da vladaju slični fenomeni.

Dodatak Al₂O₃ n čestica povećava HK za 140,5% u odnosu na čistu matricu. Velika standardna devijacija Bis-GMA/TEGDMA/5% Al₂O₃ w kompozita u odnosu na ostale ukazuje na nehomogenost disperzije ojačanja u matrici što značajno smanjuje mehanička svojstva pomenutog kompozita.

4. ZAKLJUČAK

Četiri vrste ojačanja na bazi aluminijum-oksida korišćene su za pripremu kompozitnih uzoraka na bazi BisGMA/TEGDMA sistema: komercijalne sferične nanočestice i viskersi, kao i sintetisane mikro čestice čistog aluminijum-oksida i aluminijum-oksida dopiranog gvožđe oksidom. Testirana su mehanička svojstva polimerne matrice i kompozita Brazilskim testom koji

je omogućio dobijanje zateznih čvrstoća materijala indirektnom metodom. Dodatak čestica značajno utiče na povećanje zatezne čvrstoće kompozitnih uzoraka, i to 43,8% sa Al_2O_3 n česticama, 17,9% sa Al_2O_3 w, 23,7 sa Al_2O_3 m i 32,5% sa Al_2O_3 Fe. Najveće povećanje zatezne čvrstoće kompozita Bis-GMA/TEGDMA/5% Al_2O_3 n se postiže usled efikasnog prenosa opterećenja u matrici zbog dodatka sferičnih čestica nanodimenzija. Strukturna modifikacija mikronskih čestica gvožđe oksidom doprinosi poboljšanju mehaničkih svojstava kompozita (7,1%) u odnosu na sintetisane čestice čistog Al_2O_3 . Isti efekat ojačanja se utvrdio i ispitivanjem tvrdoće materijala po Knopu. Mala razlika u zateznoj čvrstoći kompozita ojačanog Al_2O_3 Fe u odnosu na Al_2O_3 n čestice (-7,9%) ukazuje na značaj Al_2O_3 Fe čestica dobijenih jednostavnom i ekonomičnom sol-gel tehnikom za ojačavanje kompozita.

5. ZAHVALNICA

Ovo istraživanje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR 34011.

LITERATURA

- [1] Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G, Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins, *Biomaterials*, Vol. 23, pp. 1819-1829, 2002.
- [2] Peutzfeldt A, Resin composites in dentistry: the monomer systems, *European Journal of Oral Sciences*, Vol. 105, pp. 97-116, 1997.
- [3] Peutzfeldt A, Asmussen E, Resin composite properties and energy density of light cure, *Journal of Dental Research*, Vol. 84, pp. 659-662, 2005.
- [4] Poggio C, Lombardini M, Gaviati S, Chiesa M, Evaluation of Vickers hardness and depth of cure of six composite resins photo-activated with different polymerization modes, *Journal of Conservative Dentistry*, Vol. 15, pp. 237-241, 2012.
- [5] Aleksić R, Živković I, Uskoković P, *Kompozitni materijali*, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2015.
- [6] Chadda H, Satapathy BK, Patnaik A, Ray AR, Mechanistic interpretations of fracture toughness and correlations to wear behavior of hydroxyapatite and silica/hydroxyapatite filled bis-GMA/TEGDMA micro/hybrid dental restorative composites, *Composites Part B: Engineering*, Vol. 130, pp. 132-146, 2017.
- [7] Yao X, Gao X, Jiang J, Xu C, Deng C, Wang J, Comparison of carbon nanotubes and graphene oxide coated carbon fiber for improving the interfacial properties of carbon fiber/epoxy composites, *Composites Part B: Engineering*, Vol. 132, pp. 170-177, 2018.
- [8] Grave AMH, Chandler HD, Wolfaardt JF, Denture base acrylic reinforced with high modulus fibre, *Dental Materials*, Vol. 1, pp. 185-187, 1985.
- [9] Alzarrug F. A, Dimitrijević M. M, Jančić R. M Heinemann, Radojević V, Stojanović DB, Uskoković PS, Aleksić R, The use of different alumina fillers for improvement of the mechanical properties of hybrid PMMA composites, *Materials & Design*, Vol. 86, pp. 575-581, 2015.
- [10] Giordano R, Fiber reinforced composite resin systems, *General Dentistry*, Vol. 48, pp. 244-249, 2000.
- [11] Behr M, Comparison of three types of fiber-reinforced composite molar crowns on their fracture resistance and marginal adaptation, *Journal of Dentistry*, Vol. 29, pp. 187-196, 2001.
- [12] Ahmed Ben Hasan S, Dimitrijević MM, Kojović A, Stojanović D. B, Obradović - Đuričić K, Jančić-Heinemann R. M, Aleksić R, The effect of alumina nanofillers size and shape on mechanical behavior of PMMA matrix composite, *Journal of the Serbian Chemical Society*, Vol.79 No.10 1295-1307, 2014.
- [13] Algellai A. A, Tomić N, Vuksanović M. M, Dojčinović M, Volkov Husović T, Radojević V, Jančić Heinemann R, Adhesion testing of composites based on Bis-GMA/TEGDMA monomers reinforced with alumina based fillers on brass substrate, *Composites Part B: Engineering*, Vol. 140, pp. 164-173, 2018.
- [14] Berenbaum R, Brodie I, Measurement of the tensile strength of brittle materials, *British Journal of Applied Physics*, Vol. 10, pp. 281-286, 1959.
- [15] Elghazel A, Taktab R, Bouaziz J, Determination of elastic modulus, tensile strength and fracture toughness of bioceramics using the flattened Brazilian disc specimen: analytical and numerical results, *Ceramics International*, Vol. 41, pp. 12340-12348, 2015.
- [16] Tong J, Wong KY, Lupton C, Determination of interfacial fracture toughness of bone-cement interface using sandwich Brazilian disks, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 74, pp. 1904-1916, 2007.
- [17] Wang J. S, Experimental determination of interfacial toughness curves using Brazil-nut-sandwiches, *Acta Metallurgica et Materialia*, Vol. 38, pp. 1279-1290, 1989.
- [18] Mahabadi O. K, Grasselli G, Munjiza A, Numerical modelling of a Brazilian Disc test of layered rocks

- using the combined finite-discrete element method, *Proceedings of the 3rd CANUS Rock Mechanics Symposium, Toronto, May 2009.*
- [19] Lazouzi G. A, Vuksanović M. M, Tomić N, Petrović M, Spasojević P, Radojević V, Jančić Heinemann R, Dimethyl itaconate modified PMMA – alumina fillers composites with improved mechanical properties, *Polymer Composites*, 2018, DOI 10.1002/pc.24952.
- [20] Standard: SRBS B.B7.127, Testing of physical and mechanical properties, determination of tensile strength indirect method, Federal Bureau of Standards 1988-2013.
- [21] Winchell H, The Knoop microhardness tester as a mineralogical tool, *American Mineralogist*, Vol. 30, pp. 583-595, 1945.
- [22] Lazouzi G, Vuksanović MM, Tomić NZ, Mitrić M, Petrović M, Radojević V, Jančić Hainemann R, Optimized preparation of alumina based fillers for tuning composite properties, *Ceramics International*, Vol.44 No.7 pp. 7442-7449, 2018.

SUMMARY

EXAMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF ACRYLIC COMPOSITE MATERIALS WITH DIFFERENT AL₂O₃ REINFORCEMENT BY BRAZIL TEST

Composite materials based on UV-curing acrylates and various alumina-based reinforcements represent material that is suitable for the use in dentistry, but also in other areas. Composites were made using four different types of reinforcement of chemically very similar compositions, but different size and morphologies. In order to monitor the mechanical properties of the composite material, samples were made in the form of discs of defined dimensions suitable for polymerization under UV light. The subject of this study is the examination of the mechanical properties of the Bis-GMA (Bisphenol A glycidyl methacrylate)/TEGDMA (trimethylene glycol dimethacrylate) photopolymer composite material as a matrix. The reinforcements were in the form of commercial nanoparticles and alumina whiskers and their influence on mechanical properties were compared with the influence of synthesized alumina particles doped with iron oxide synthesized sol-gel technique. In order to test the mechanical properties of composite materials, the Brazilian Tests and the testing of the microhardness of samples were employed.

Key words: *composite, mechanical properties, microstructure, Brazilian test, microhardness*