

Mariusz Walczak¹

CHARAKTERYSTYKA POWŁOK CERAMICZNYCH SiO₂ I SiO₂-TiO₂ OTRZYMYWANYCH METODĄ ZOL-ŻEL

Streszczenie. W pracy przedstawiono rezultaty badań powłok SiO₂ i SiO₂-TiO₂ na czystym technicznie tytanie oraz jego stopie Ti6Al4V. Ceramiczne powłoki były nanoszone na tytanowe podłoże metodą zol-żel. Do badania składu i morfologii warstwy ceramicznej użyto mikroskopii skaningowej, analizy chemicznej EDX i profilometru stykowego. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy studiów literatury można stwierdzić, że powłoki zol-żel wykazują dobre połączenie z materiałem podłoża, są jednorodne chemicznie i charakteryzują się stosunkowo dużą chropowatością.

Słowa kluczowe: metoda zol-żel, tytan, powłoki ceramiczne.

WPROWADZENIE

W ostatnich latach obserwuje się intensywne prace badawcze [4, 5, 16, 20, 22, 25, 26] związane z podwyższeniem trwałości, odporności na korozję i walorów użytkowych tytanu, poprzez modyfikację składu chemicznego i warstwy wierzchniej metalowego podłoża oraz poprzez nakładanie powłok ceramicznych o korzystnych właściwościach chemicznych i fizycznych. W tym celu coraz szersze zastosowanie w medycynie i stomatologii znajdują cienkie powłoki ceramiczne nakładane metodą zol-żel.

Metoda zol-żel może być rozpatrywana jako metoda chemicznej syntezy materiałów nieorganicznych i niemetalicznych takich jak szkła i ceramika. Polega ona na sporządzaniu roztworów koloidalnych (zoli) w wyniku hydrolizy i kondensacji użytych prekursorów. Zaawansowany proces kondensacji, połączony najczęściej z odparowaniem rozpuszczalnika, prowadzi do żeli, z których po wypaleniu można uzyskać bądź ceramikę monolityczną, bądź też powłokę ceramiczną na różnych podłożach. Struktura otrzymanego materiału może być amorficzna (szkła) lub krystaliczna [7].

Technologia nanoszenia powłok ceramicznych metodą zol-żel posiada wiele zalet w porównaniu do tradycyjnych metod. Są nimi: wysoka czystość surowców, doskonała homogeniczność i heterogeniczność mikrostruktury, niska temperatura procesu (w porównaniu z takimi metodami jak PVD i CVD) oraz możliwość wykorzystania niekonwencjonalnych materiałów. Metoda zol-żel umożliwia otrzymywanie powłok: porowatych, a także zagęszczonych amorficznych lub całkowicie krystalicznych. Duże skurcze powłok ograniczają możliwości

¹ Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych, Politechnika Lubelska.

technologiczne przy produkcji ceramiki monolitycznej. W przypadku powłok dla ochrony przed korozją elektrochemiczną, ta ujemna cecha stanowi problem trudny do rozwiązania, gdy stosuje się materiał powłokowy jedno- lub wieloskładnikowy, uzyskany tylko i wyłącznie z zoli. W zakresie ceramiki tlenkowej można otrzymywać powłoki wykorzystujące tlenki kilkunastu metali i niemetałów. Na powłoki jednoskładnikowe najczęściej używane są zole SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 i ZrO_2 , na bazie których można sporządzić zole wieloskładnikowe [9]. Ponadto powłoki zol-żel z powodzeniem mogą być stosowane w medycynie (jako powłoki implantów) [8] i stomatologii [28] (w celu zwiększenia przyczepności porcelany dentystycznej do metalowego podłoża) a także optoelektronice.

METODYKA BADAŃ

Materiał doświadczalny stanowił czysty technicznie tytan cp-Ti (ASTM-grade 2) oraz stop tytanu Ti6Al4V ELI - *Extra Low Interstitial* (ASTM-grade 5), obydwu produkcji Daido Steel Co. Ltd. Skład chemiczny poszczególnych materiałów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny badanych materiałów tytanowych
Table 1. The chemical composition of studied titanium materials

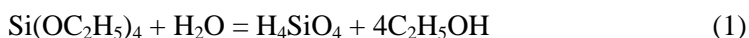
Gatunek	Pierwiastek [%]							
	Fe	O	N	C	H	Al	V	Ti
Ti (ASTM B348 - grade 2) [13]	max 0,3	max 0,25	max 0,03	max 0,08	max 0,015	—	—	reszta
Ti (ASTM B348 –grade 2) - certyfikat atestu	0,07	0,11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	—	—	reszta
Ti6Al4V ELI (ASTM F136 - grade 5) [13]	max 0,25	max 0,13	max 0,05	max 0,08	max 0,012	5,5- 6,5	3,5- 4,5	reszta
Ti6Al4V ELI (ASTM F136 - grade 5)- certyfikat atestu	0,17	0,1	0,01	0,01	< 0,01	5,94	4	reszta

Próbki do badań zol-żel wycinano ze stopu tytanu Ti6Al4V ELI oraz czystego technicznie tytanu. Materiały w stanie dostawy miały postać prętów okrągłych \varnothing 25 mm gorącowałcowanych. Cp-Ti (grade 2) - był wyżarzany przy

temperaturze 550°C, a stop Ti6Al4V ELI (grade 5) poddany został obróbce cieplnej typu T4 złożonej z przesycań przy temperaturze 740°C i starzenia naturalnego. Następnie na przeszlifowanych (na szlifierce obrotowej na wodnych papierach ściernych o ziarnistości 800) próbkach tytanowych nakładano powłoki zol-żel.

Powłoki zol-żel zostały wytworzone w Katedrze Chemii Krzemianów i Związków Wielkocząsteczkowych Akademii Górniczo-Hutniczej. Próbki metalu przed nałożeniem powłoki metodą zol-żel odfuszczano metodą ultradźwiękową i trawiono w mieszaninie kwasu fluorowodorowego i azotowego. Następnie na tytanowe próbki наносzono dwa rodzaje zoli: SiO₂ oraz SiO₂-TiO₂. Zol krzemionkowy otrzymano przez hydrolizę czteroetoksylanu Si(OC₂H₅)₄ (TEOS) z dodatkiem HCl jako katalizatora. Odmierzano odpowiednią ilość TEOS, rozcieńczano alkoholem etylowym i dodawano wodny roztwór kwasu solnego tak, aby stosunek molowy H₂O:TEOS wynosił 4:1 i HCl:TEOS= 0,025. Podczas rozcieńczania i dodawania katalizatora roztwory intensywnie mieszano, a następnie poddawano prepolikondensacji przy temperaturze 50 °C przez 2 godziny.

Hydroliza czteroetoksylanu przebiega według następującej reakcji:

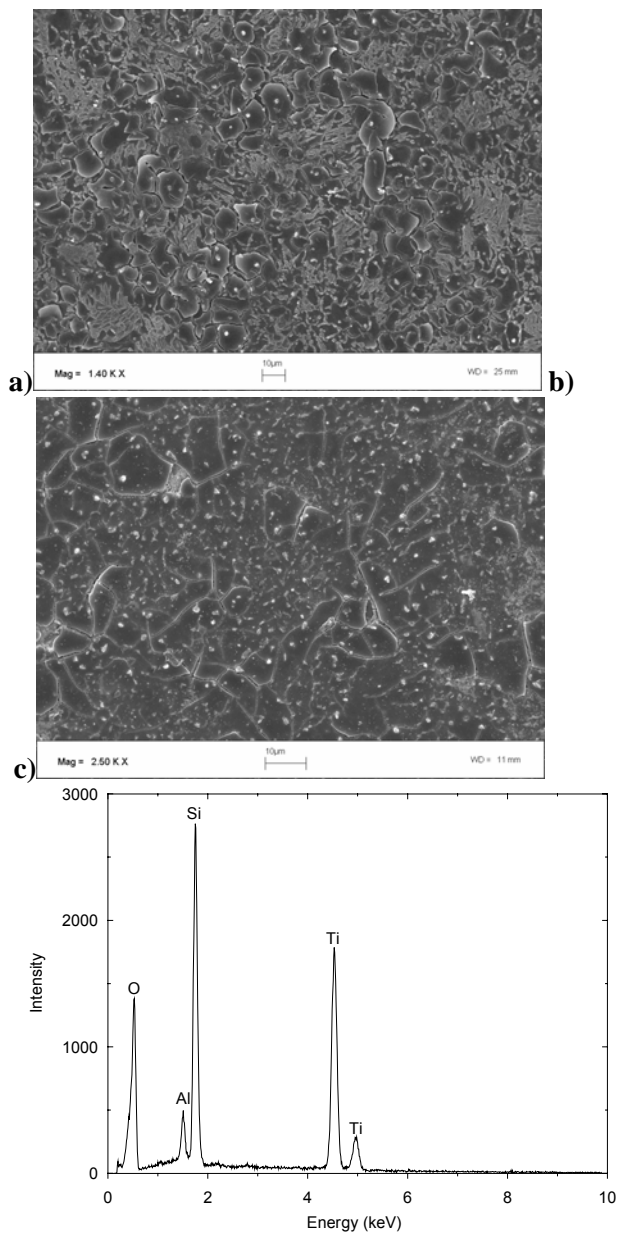


Wytworzony kwas krzemowy ma zdolność do polikondensacji i wytwarzania struktur o trwałych wiązaniach Si - O - Si, mających formę pierścieni, łańcuchów, warstw lub struktur przestrzennych. Sporządzono zole krzemionkowe o zawartości od 3-7% wagowych SiO₂.

Zol krzemionkowo-tytanowy otrzymano przez hydrolizę propoksylowej pochodnej Ti(C₃H₇O)₄ i TEOS z dodatkiem HCl jako katalizatora. Końcowe stężenie TiO₂ + SiO₂ wynosiło 7,63 % wagowych.

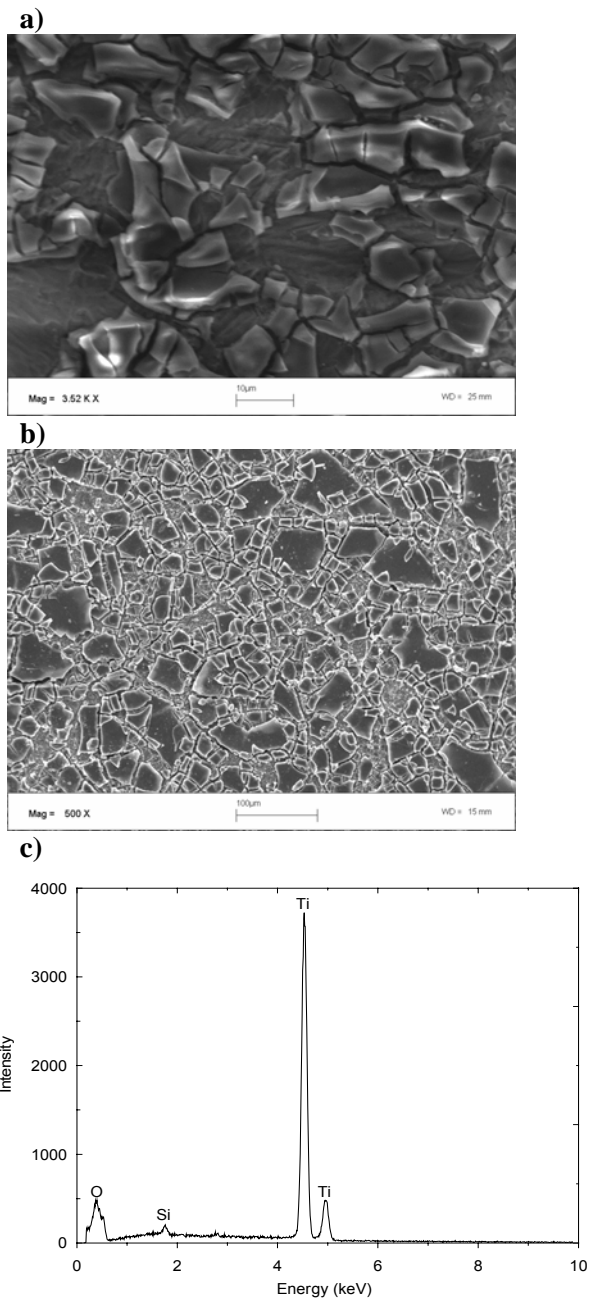
Próbki tytanu pokrywano techniką wynurzeniową ze stałą prędkością wynoszącą 3.3 mm/s, a grubość powłoki regulowano przez stosowanie wielokrotnego wynurzania. Po nałożeniu filmu próbki suszono i wygrzewano przy temp. ok. 550°C w atmosferze argonu w piecu rurowym przez 0,5 godziny.

Do oceny morfologii badanych powierzchni wykorzystano elektronowy mikroskop skaningowy LEO 1430VP z EDX-Roentec. Mikrostrukturę powłok SiO₂ i SiO₂-TiO₂ wytworzonych metodą zol-żel na czystym technicznie tytanie cp-Ti i stopie tytanu Ti6Al4V przedstawia rys. 1. i 2. Struktura powłok SiO₂ i SiO₂-TiO₂ jest zwarta i jednorodna chemicznie bez widocznych nieciągłości strukturalnych. Grubość wytworzonych powłok mierzona podczas obserwacji SEM wynosi około 3-5 μm.



Rys. 1. Mikrostruktura powłoki SiO₂ na podłożu cp-Ti (a) i na Ti6Al4V (b), analiza EDX na stopie tytanu (c)

Fig 1. Microstructure of SiO₂ coating on substrate: (a) cp-Ti and (b) Ti6Al4V ELI, (c) EDX analysis on titanium alloy



Rys. 2. Mikrostruktura powłoki $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ na podłożu cp-Ti (a) i na Ti6Al4V (b), analiza EDX na cp-Ti (c)

Fig. 2. Microstructure of SiO_2 coating on substrate: (a) cp-Ti and (b) Ti6Al4V ELI, (c) EDX analysis on cp-Ti

Mikroanaliza punktowa SEM-EDX (rys. 1.c i 2.c) potwierdza obecność w powłokach przejściowych SiO_2 i $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ pierwiastków Si, Ti oraz O. Mikrostruktura powłoki SiO_2 składa się z cząsteczek SiO_2 o charakterze amorficznym lub bardzo nisko krystalicznym. W przypadku powłoki przejściowej $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ uzyskano korzystną strukturę kompozytową warstwy składającą się z cząsteczek SiO_2 w osnowie TiO_2 .

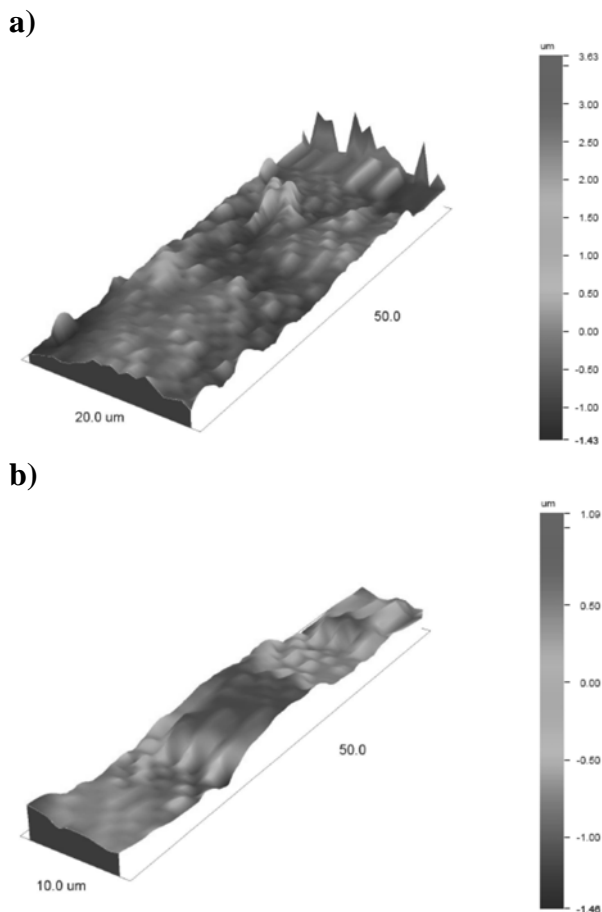
Dodatkowo dokonano pomiaru parametrów chropowatości na profilometrze stykowym Dektak 150 firmy Veeco. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 2. Pomiary wykonano na odcinku pomiarowym 0,8 mm, igłą o promieniu zaokrąglenia 2,5 μm przy obciążeniu 3 mg. Przykładowe obrazy 3D podczas skanowania powierzchni powłok zol-żel przedstawiono na rys. 3.

Tabela 2. Wielkość zmierzonych parametrów charakteryzujących chropowatość powłok zol-żel

Table 2. The size of measured parameters characterizing the roughness of sol-gel coatings

Parametr	Powłoka SiO_2	Powłoka $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$
Ra średnia arytmetyczna rzędnych profilu	0,63965 μm	0,82119 μm
Rq średnia kwadratowa rzędnych profilu	0,85849 μm	1,06682 μm
Rv głębokość najniższego wgłębienia profilu	-1,16766 μm	-3,30771 μm
Rp wysokość najwyższego wzniesienia profilu	4,79239 μm	2,40017 μm
Rt całkowita wysokość profilu	5,96005 μm	5,70788 μm
Rz ^{DIN} największa wysokość profilu	1,79175 μm	4,22066 μm

Uzyskane wyniki parametrów chropowatości wskazują, że powłoka $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ posiada większą chropowatość, co wynika w dużej mierze ze stanu kompozytowej struktury tej powłoki. Cząsteczki SiO_2 podczas nakładania filmu powłoki w procesie wynurzania łączą się w pewne aglomeracje oddzielone strukturą tlenków TiO_2 (rys. 3b). Podczas kolejnych wynurzeń w zależności od ilości nakładanych warstw następuje spiętrzenie profilu chropowatości obszarów o dużym skupisku fazy SiO_2 . Natomiast w przypadku powłoki SiO_2 parametry stereometryczne mają niższe wartości, ze względu na ich charakter amorficznym lub bardzo nisko krystaliczny, a najwyższe wzniesienia obserwowane na profilu (parametr R_p i R_t tabela 2) związane są z tendencją do powstawania mikropęknięć podczas obróbki cieplnej w ostatniej fazie kształtowania powłoki.



Rys. 3. Powierzchnia 3D profili chropowatości powłok zol-żel: a) SiO_2 ,
b) $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$

Fig 3. 3-Dimension surface roughness of sol-gel coatings: a) SiO_2 , b) $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$

REZULTATY I DYSKUSJA

Z uwagi na charakter chemiczny dwutlenku krzemu wykonane z niego metodą zol-żel powłoki stanowią dobre powłoki barierowe, chroniące podłoża metaliczne w środowiskach kwaśnych i obojętnych oraz suchych i gorących gazów utleniających. Wynika to między innymi z faktu, że SiO_2 otrzymany z żeli ma strukturę amorficzną i z tego względu nie odznacza się odpornością na działanie alkaliów, tak jak np. krystaliczny SiO_2 [10, 15].

Powłoki SiO_2 otrzymywane metodą zol-żel wykazują porowatość i duży skurcz [6, 10, 24]. Porowatość powłok można zmniejszyć poprzez odpowiednią

obróbkę cieplną lub poprzez zwiększanie grubości powłok. Nieorganiczne powłoki o grubości większej niż $0,3 \div 1,0 \mu\text{m}$ pękają podczas suszenia lub obróbki cieplnej.

W mikrostrukturze powłoki SiO_2 występują liczne mikropęknięcia (rys. 1b). Powstają one w procesie wytwarzania metodami zol-żel na skutek wygrzewania przy wysokiej temperaturze oraz przy wielokrotnym nakładaniu poszczególnych warstw. Jednakże pęknięcia nie przechodzą na wskroś powłoki SiO_2 . Takie zjawisko [28] może stanowić dodatkowo miejsca „mechanicznych mikroszczepień” pomiędzy warstwą przejściową a napalaną porcelaną dentystyczną w przypadku zastosowania powłok zol-żel w protetyce stomatologicznej do licowania porcelaną tytanowych koron.

Ilość spękań można ograniczyć przez wielokrotne nanoszenie powłok i dodatku do żeli proszków ceramicznych o kontrolowanym stopniu aglomeracji. W ten sposób można otrzymać tzw. nanokompozyty, czyli kompozyty o wymiarach ziaren lub cząstek w zakresie $1 \div 100 \text{ nm}$ [6, 12].

Według Milella i współ. [19] mikronaprężenia formują się w wyniku kurczenia powłoki podczas wygrzewania i wówczas mogą się one rozrastać i łączyć ze sobą tworząc większe obszary [23, 24]. Guillén [11] proponuje, aby w przypadku grubszych powłok zol-żel, nakładać cieńsze warstwy w kilku wynurzeniach próbki z zolu, a następnie wygrzewać całość kompozytu metal-powłoka. Wówczas naprężenia nagromadzone podczas produkcji całej powłoki nie kumulują się tak jak w przypadku wygrzewania każdej z warstw osobno [25, 28].

Dane literaturowe [17, 18, 21] wskazują, że metoda zol-żel w połączeniu z prostą techniką wynurzeniową, umożliwiają tworzenie dobrych złączy w dentystycznych aparatach protetycznych. Powłoki pośrednie zol-żel mogą reagować z emalią porcelany, poprawiając przyczepność warstwy ceramicznej do podkładu tytanowego, pozwalając uzyskiwać dobrą wytrzymałość mechaniczną wiązania metal-ceramika [18].

Powłoki otrzymywane metodą zol-żel wzbogacone o TiO_2 i poddane zabiegowi obróbki cieplnej przy niezbyt wysokich temperaturach (poniżej 800°C) powinny zawierać pewną ilość grup Ti-OH i stymulować wzrost struktur kostnych. Powłoki TiO_2 otrzymywane metodą zol-żel powodują wzrost odporności korozyjnej metalowych implantów, a także nadają ich powierzchni właściwości bioaktywne [14]. Otrzymane podczas badań powłoki $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ na podłożu tytanowym charakteryzują się wyższymi parametrami chropowatości (tab. 2). Mikrostruktura składa się z wyraźnych cząsteczek fazy szklistej SiO_2 w osnowie TiO_2 (rys. 2). Taka właściwość może ułatwiać korzystniejsze wiązanie struktur kostnych z tytanowymi implantami, w których stosuje się kompozytowe struktury $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ o znacznym profilu chropowatości.

W przypadku struktur wieloskładnikowych $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ obecność fazy TiO_2 poprawia właściwości adhezyjne. Powłoka zol-żel $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ w porównaniu do

powłoki SiO₂ lepiej przylega do podłoża tytanowego, co potwierdzają badania autorów publikacji [3, 28].

Ponadto jak badania wskazują [28] taka struktura powoduje wzrost przyczepności dentystycznej porcelany do tytanowych koron protetycznych.

W literaturze [1, 2, 23, 27] spotyka się różne kombinacje składu powłok SiO₂-TiO₂. Powłoki te można uzyskiwać m.in. z dwuskładnikowego zolu o różnym stężeniu [1, 2, 18, 23], bądź z jednoskładnikowych zoli SiO₂ i TiO₂ – stosując różne kombinacje poszczególnych warstw [27] prowadząc odpowiedni proces technologiczny w celu uzyskania wyższych, korzystniejszych właściwości fizyko-chemicznych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Metody wykorzystujące proces zol-żel pozwalają otrzymywać powłoki wieloskładnikowe o korzystnych właściwościach fizycznych i chemicznych o różnorodnym zastosowaniu w medycynie i stomatologii [17, 18, 21, 23, 24, 28]. Badania mikrostrukturalne powłok zol-żel wykazały, że struktura powłok SiO₂ i SiO₂-TiO₂ jest zwarta i jednorodna chemicznie bez widocznych nieciągłości strukturalnych o stosunkowo niskiej grubości (rzędu 3÷5 μm). Kompozytowa struktura powłok SiO₂-TiO₂ w powiązaniu ze znaczną chropowatością (ok. Ra=0,82 μm) może stymulować lepszy wzrost struktur kostnych na implantach oraz może powodować wzrost przyczepności dentystycznej porcelany do tytanowych koron protetycznych [3, 28].

Wytwarzanie powłok SiO₂ i SiO₂-TiO₂ metodami zol-żel na tytanie i stopie Ti6Al4V pozwala uzyskać nową generację biomateriałów o ściśle określonej mikrostrukturze, składzie chemicznym i fazowym, topografii powierzchni stanowiąc nowoczesną technologię z zakresu inżynierii materiałowej.

LITERATURA

1. Atik M., De Lima Neto P., Aegerter M.A., Avaca L.A.: Sol-gel TiO₂-SiO₂ films as protective coatings against corrosion of 316L stainless steel in H₂SO₄ solutions. *Journal of Applied Electrochemistry*, Vol. 25, 1995, pp. 142-148.
2. Atik M., Zarzycki J.: Protective TiO₂-SiO₂ coatings on stainless steel sheets prepared by dip-coating. *Journal of Materials Science Letters*, Vol. 13, 1994, pp. 1301-1304.
3. Bieniaś J., Surowska B., Stoch A., Matraszek H., Walczak M.: The influence of SiO₂ and SiO₂-TiO₂ intermediate coatings on bond strength of titanium and Ti6Al4V alloy to dental porcelain; *Dental Materials*; 2009, 25, pp. 1128-1135
4. Cai Z., Bunce N., Nunn M., Okabe T.: Porcelain adherence to dental cast CP titanium effects of surface modifications. *Biomaterials*, Vol. 22, 2001, pp. 979-986.
5. Carlsson R., Fondell B., HHerrero A., Sierralta M., Razzoog M.E.: Bond strength of porcelain to grade II titanium. The 32nd Annual Meeting and Exhibition of the AADR, San Antonio, March 12-15, 2003.

6. Chęcmanowski J.G., Głuszek J., Masalski J., Krysztafkiewicz A.: Rola nanokrzemionki w preparatyce powłok SiO₂ otrzymywanych metodą zol-żel. *Inżynieria Materiałowa*, Nr 5, 2002, s. 359-363.
7. Fairhurst C.W., Anusavice K.J., Ringle R.D., Twigg S.W.: Porcelain-metal thermal compatibility. *Journal of Dental Research*, Vol. 60, No. 4, 1981, pp. 815-819.
8. Gan L., Wang J., Tache A., Valiquette N., Deporter D., Pilliar R.: Calcium phosphate sol-gel-derived thin films on porous-surfaced implants for enhanced osteoconductivity. Part II: Short-term in vivo studies. *Biomaterials*, Vol. 25, 2004, pp. 5313-5321.
9. Głuszek J.: Perspektywy zastosowań metody zol-żel w zakresie wytwarzania powłok ochronnych. *Inżynieria Materiałowa*, Nr 5, 2002, s. 351-354.
10. Głuszek J.: Tlenkowe powłoki ochronne otrzymywane metodą sol-gel. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998.
11. Guillén C., Martínez M.A., San Vicente G., Morales A., Herrero J.: Leveling effect of sol-gel SiO₂ coatings onto metallic foil substrates. *Surface and Coating Technology*, Vol. 138, 2001, pp. 205-210.
12. Jurczyk M.: Nanomateriały. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2001.
13. Katalog handlowy Bibus Metal Sp. z o.o.: Tytan i stopy tytanu. Nikiel i stopy niklu. Odlewy odśrodkowe i piaskowe. www.bibus.metals.com.pl, 2002.
14. Klimek L., Pietrzyk B.: Wpływ warunków nanoszenia na jakość powłok tlenku tytanu otrzymywanych metodą zol-żel. *Inżynieria Biomateriałów*, Nr 35-36, 2004, s. 33-35.
15. Klinow I.J.: Korozja i tworzywa konstrukcyjne. WNT, Warszawa, 1964.
16. Kurtz K.S., Watanabe I., Nguyen K., Benson A., Cai Z., Tanaka Y., Okabe T.: Three point bond strength of porcelain to gold-coated titanium. The IADR/AADR/CADR 82nd General Session, Honolulu, March 10-13, 2004.
17. Matraszek H., Stoch A., Brożek A., Długoń E., Paluszkiwicz Cz.: Wykorzystanie metody zol-żel do wzmocnienia wiązania tytan-ceramika w technice dentystrycznej i implantoprotetyce. *Implantoprotetyka*, Nr 4, Vol. 12, 2003, s. 2-5.
18. Matraszek H., Stoch A., Paluszkiwicz Cz., Brożek A., Długoń E.: Zastosowanie metody zol-żel w praktyce dentystrycznej. *Inżynieria Biomateriałów*, Nr 23-25, 2002, s. 72-74.
19. Milella E., Cosentino F., Licciulli A., Massaro C.: Preparation and characterization of titania/hydroxyapatite composite coatings obtained by sol-gel process. *Biomaterials*, Vol. 22, 2001, pp. 1425-1431
20. Nergiz I., Schmage P., Herrmann W., Özcan M.: Effect of alloy type and surface conditioning on roughness and bond strength of metal brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Vol. 125, No. 1, 2004, pp. 42-50.
21. Paluszkiwicz Cz., Stoch A.: FT-IR microscopic imaging of metal-ceramics joint. *Vibrational Spectroscopy*, Vol. 35, 2004, pp. 183-187.
22. Sadeq A., Cai Z., Woody R.D., Miller A.W.: Effects of interfacial variables on ceramic adherence to cast and machined commercially pure titanium. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 90, No. 1, 2003, pp. 10-17.
23. Surowska B., Bieniaś J., Walczak M., Sangwal K., Stoch A.: Microstructure and mechanical properties of ceramic coatings on Ti and Ti-based alloy. *Applied Surface Science*, Vol. 238, 2004, pp. 288-294.

24. Surowska B., Walczak M., Bieniaś J.: Application of the sol-gel coatings in dental prosthetics. 12th International Scientific Conference, Achievements in Mechanical & Materials Engineering – AMME'2003, Gliwice – Zakopane, 7 – 10 December 2003, pp. 871-874.
25. Surowska B., Walczak M., Bieniaś J.: Badanie zużycia powłok ceramicznych na tytanie i jego stopie. Inżynieria Biomateriałów, Nr 38-42, 2004, s. 30-32.
26. Taher N.M., Al Jabab A.S.: Galvanic corrosion behavior of implant suprastructure dental alloys. Dental Materials, Vol. 19, 2003, pp. 54-59.
27. Viswanath R.N., Ramasamy S.: Study of TiO₂ nanocrystallites in TiO₂-SiO₂ composites. Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 133, 1998, pp. 49-56.
28. Walczak M., Surowska B., Bieniaś J.: Próba podwyższenia trwałości połączenia układu metal-ceramika do zastosowań w protetyce stomatologicznej. Eksploatacja i Niezawodność, Vol. 26, Nr 2, 2005, s. 67-71.

CHARACTERISTIC OF CERAMICS COATINGS SiO₂ AND SiO₂-TiO₂ BY USING SOL-GEL METHOD

Summary

The results of a study of SiO₂ and SiO₂-TiO₂ coatings for the creation of a surface layer on commercially-pure Ti or titanium alloy Ti6Al4VELI are presented. The coatings of SiO₂ and SiO₂-TiO₂ on base titanium were deposited using sol-gel method. The surface morphology and chemical compositions of the coatings were studied by using scanning electron microscopy with electron diffraction spectroscopy and profile measurement gauge. It was found that coatings obtained by the sol-gel method are compact, chemically homogeneous and relatively rough.

Key words: sol-gel method, titanium, ceramics coatings.