

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wykazała, że charakter przemieszczeń w analizowanych punktach modeli w warunkach badań doświadczalnych i numerycznych był zbliżony. Zauważono podczas badań laboratoryjnych układu kość – gwóźdź odkształcenie się górnego rygla, co odpowiada uzyskanym w tym obszarze, maksymalnym wartościom odkształceń i naprężeń w modelach podczas analizy numerycznej. Wartości przemieszczeń uzyskane podczas analizy doświadczalnej charakteryzują się mniejszymi wartościami niż uzyskane w analizie numerycznej. Wiąże się to z warunkami brzegowymi przyjętymi do obliczeń.

Conclusion

The obtained results of the numerical and experimental analysis shows that the character of displacement of the specified points of the models were similar. Maximal deformation of the system in experimental researches was located in the lock of the nail in the area of contact between the lock and the expandable intramedullary nail. That results corresponding with the results of the numerical analysis where the maximal strains and stresses were located in the lock in proximal part of the nail. The value of displacement determined during experimental analysis was lower then displacement determined in numerical analysis. It seems that the difference in the obtained results was caused by the border conditions established during the numerical and experimental analysis.

Piśmiennictwo

- [1] Marciniak J., Chrzanowski W., Krauze A., Gwoździowanie śródstypkowe w osteosyntezie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, pp. 15-120.
 [2] Lepore S., Capuano N., Lepore L., Jannelli P., Clinical and Radiographic Results with the Fixion Intramedullary Nails: An Inflatable Self-Locking System for Long Bone Fracture, OsteoTrauma Care, 10/2002; pp. 32-35.
 [3] Lepore S., Capuano N., Lepore L., Romano G., Preliminary clinical and radiographic results with the Fixion intramedullary nail: an inflatable self-locking system for long bone fractures, Journal of Orthopaedics and Traumatology 3/2000, pp. 135-140.

References

- [4] Steinberg E., Tauber M., Blumberg M., Izquierdo F., Dekel S., Role of Fixion™ IM in the management of acute traumatic diaphyseal humeral fractures (preliminary study results). Orthopaedic Trauma Association Meeting 2001, San-Diego 2002.
 [5] Kajzer A., Kajzer W., Marciniak J.: Osteosynthesis with the use of expansion intramedullary nails. Engineering of Biomaterials, (Inżynieria Biomateriałów), Numer 77-80, Volume XI, Rok XI, ISSN 1429-7248, pp. 74-76.
 [6] Kajzer W., Krauze A., Kaczmarek M., Marciniak J.: FEM analysis of the expandable intramedullary nail. Conference on Information Technologies in Biomedicine June 16 - 18, 2008. Advances in soft computing 47, 2008 Springer-Verlag, pp. 537-544.

SIŁA WIĄZANIA UKŁADU METAL-CERAMIKA W ZASTOSOWANIACH STOMATOLOGICZNYCH

MAŁGORZATA LUBAS*, JÓZEF JASIŃSKI, LEOPOLD JEZIORSKI

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA,
 INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ,
 AL. ARMII KRAJOWEJ 19, 42-200 CZĘSTOCHOWA, POLSKA
 *MAILTO: MLUBAS@MIM.PCZ.CZEST.PL

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań stanu powierzchni próbek ze stopu kobaltowo-chromowego po przeprowadzanej obróbce mechanicznej z zastosowaniem różnych mediów piaskujących (mieszanka $Al_2O_3+SiO_2$ oraz tradycyjnie stosowany piasek korundowy - Al_2O_3).

Wpływ mechanicznej obróbki na jakość powierzchni, określono na podstawie badań topografii powierzchni próbek metalicznych z zastosowaniem mikroskopu sił atomowych AFM. Przeprowadzone badania pozwoliły określić podstawowe parametry chropowatości R_a i R_z . Ponadto określono wpływ medium piaskującego na trwałość połączenia uzyskanych próbek ceramiczno-metalowych, stosując

SHEAR BOND STRENGTH OF CERAMIC - METAL SYSTEM FOR THE DENTAL APPLICATIONS

MAŁGORZATA LUBAS*, JÓZEF JASIŃSKI, LEOPOLD JEZIORSKI

TECHNICAL UNIVERSITY OF CZESTOCHOWA,
 INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE,
 19 ARMII KRAJOWEJ AVE., 42-200 CZESTOCHOWA, POLAND
 *MAILTO: MLUBAS@MIM.PCZ.CZEST.PL

Abstract

In this paper the influence of sanding material type used for sand blasting mechanical treatment of cobalt-chromium alloy for metal to porcelain shear bond strength was investigated. Corundum sand (Al_2O_3) and corundum (Al_2O_3)+silica (SiO_2) mixture was used as a sand blasting process medium. Metallic elements surface topography after sand blasting process was determined using AFM microscopy. Basic roughness parameters, R_a and R_z were also investigated. Two specimens series were tested for a shear load on a universal testing machine using a 1mm/min crosshead speed. Each series single specimen was tested on a tirpoint bending machine for failure stress (MPa) determination and observed using SEM microscopy. Re-

mikroskopię świetlną, skaningową oraz próbę zginania dwupunktowego. Wyniki badań wytrzymałościowych wykazały większą wytrzymałość połączenia dla próbek piaskowanych mieszaniną Al_2O_3 i SiO_2 - $\sigma_2=54MPa$ ($\sigma_1=49MPa$ - próbki piaskowane Al_2O_3).

[Inżynieria Biomateriałów, 89-91, (2009), 119-122]

Wprowadzenie

Metale i ich stopy wraz z materiałami ceramicznymi stanowią znaczny udział materiałów stosowanych w stomatologii, zarówno w protetyce jak i ortodoncji. Połączenie tych dwóch rodzajów materiałów wykorzystywane jest głównie w protetyce, do wykonywania między innymi impalntów dentystrycznych i licówek. Konstrukcje tego typu umożliwiają połączenie wytrzymałości mechanicznej odlewu metalowego z estetyką porcelany [1,2]. Wykonanie aparatów jest jednak procesem dość trudnym, głównie ze względu na różnice w charakterze wiązań chemicznych występujących w tych materiałach. Natura wiązań zmienia się skokowo na granicy metal-ceramika, przy przejściu od sieci metalicznej do jonowo-atomowej [3]. W ostatnich latach prowadzone prace na temat połączeń metal-ceramika dentystryczna dowodzą, że zakres siły połączeń dla stopów metalicznych (Co-Cr, Ni-Cr) mieści się w zakresie 35÷96MPa [4]. Aby poprawić trwałość złącza ważną rolę odgrywają warstwy pośrednie między metalem i porcelaną dentystryczną, które coraz częściej wytwarzane są w tym układzie metal-ceramika [5].

Materiał oraz metodyka badań

Do badań zastosowano stop kobaltowo – chromowy o składzie: Co–65%mas., Cr–32,0%mas, Mo–3,5%mas, Si–2,0%mas, Fe<1,0%mas, Al<1,0%mas), który stanowił podłoże dla porcelany dentystrycznej Synspar.

W celu określenia wpływu obróbki mechanicznej na stan powierzchni oraz siły połączenia, przeprowadzono proces piaskowania w dwóch seriach przy ciśnieniu ~3,9 bar. W serii 1 jako medium użyto piasek korundowy (Al_2O_3) o uziarnieniu 50 μm . Dla serii 2 zastosowano mieszaninę: Al_2O_3 (80%) o wielkości ziaren 75 μm i SiO_2 <20 μm (20%). W ramach badań przeprowadzono badania topografii powierzchni po procesie piaskowania, a następnie na metaliczne podłoże nałożono odpowiednie warstwy ceramiczne: opaker, dentyna I, -dentyna II, według zaleceń producenta i wypalono w zakresie temperatur 935°C÷990°C, w zależności od nakładanej warstwy. Wszystkie parametry procesu wypalania (temperatura początkowa, czas suszenia, przyrost temperatury, próżnia, temperatura końcowa) realizowano automatycznie w piecu Jeneric/Pentron 1200 Porcelain Furnace.

Wpływ procesu piaskowania na jakość powierzchni podłoża metalicznego oraz trwałość połączenia metal - porcelana dentystryczna określono na podstawie badań: mikroskopu sił atomowych MultiMode V (Veeco Instruments), mikroskopii skaningowej (Hitachi S-4700) oraz próby trójpunktowego zginania, określając wytrzymałość łączenia metal-ceramika zgodnie z normą ISO 9693 [6]. Wyniki AFM przedstawiono w postaci parametrów chropowatości powierzchni R_a i R_z według normy PN-EN ISO 4287:1999 [7].

Wyniki badań

Jednym z głównych czynników decydujących o uzyskaniu prawidłowego połączenia, bezpośrednio wpływającym na jakość układu, jest powierzchnia rozdziela podłoże metalowe – porcelana. Duże znaczenie ma również stan powierzchni podłoża metalicznego.

sults showed higher metal to porcelain bond strength for samples that were sand blasted with corundum Al_2O_3 +silica SiO_2 mixture, $\sigma_2=54MPa$, as compared with corundum sand blasted samples $\sigma_1=49MPa$.

[Engineering of Biomaterials, 89-91, (2009), 119-122]

Introduction

Metallic materials and alloys interconnection with ceramics are commonly used in dental prosthodontia and orthodontics. Junction of these materials is used mainly in prosthodontia for dentistry implants and facing tile production. Such interconnections give ability to obtain mechanical metallic material strength coupled with porcelain aesthetics [1,2]. Execution of these materials is rather difficult mainly because of differences in chemical bonding between materials. Chemical Bonding nature transforms in stroke on the metal-ceramic boundary and transform from metallic to ionic-atomic lattice [3]. Recent experiments demonstrate that bond strength of (Co-Cr, Ni-Cr) alloys is among 35÷96MPa [4]. For the improvement of metal to dentistry porcelain interconnection, valid role perform layers produced in metal-ceramic system [5].

Materials and methods

Metal substrate for dental porcelain Synspar was (Co-Cr-Mo-Si-Fe) alloy with chemical analyses as follows alloy Co–65%mas., Cr–32,0%mas, Mo–3,5%mas, Si–2,0%mas, Fe<1,0%mas, Al<1,0%mas). For mechanical treatment influence on interconnection (bond) strength and surface state determination, two series of sand-blasting process near 3,9 bar was made. First series, corundum (50 μm) was used as a blasting medium. Second series sand blasting medium used was 80% corundum (75 μm) and 20% silica (<20 μm) mixture. After sand blasting process surface topography researches were made. Afterwards alloy surface, was coated with ceramic layer Opaker, Dentyna I, Dentyna II and fired in 935°C and 990°C according to layer type. Firing process parameters (Initial Temperature, Predrying Time, Temperature Rise, Vacuum, Final Temperature) were automatically set in Jeneric/Pentron 1200 Porcelain Furnace. Sand blasting effect on the metallic surface quality and metal to dental porcelain interconnection durability was investigated using AFM microscopy (method) MultiMode V (Veeco Instruments), SEM microscopy (Hitachi S-4700) and tripoint bending test in accordance to ISO 9693 standard [6]. Results of AFM microscopy are shown in surface roughness parameters form according to PN-EN ISO 4287:1999 standard. [7].

Results

Main factor which decide about correctness of alloy to ceramic interconnection is interface substrate (metal) – dentistry porcelain. Metallic surface mechanical treatment has also high influence on an alloy to ceramic interconnection. Surface topography results present that mechanical treatment using different sand blasting medium has a high effect on the surface roughness (TABLE 1).

Surface roughness depth for initial state samples amount 369nm. Maximum value 455 nm was obtained for first series probe that was sand blasted with corundum. Surface roughness results demonstrated that fine SiO_2 particles caused surface roughness decrease ($R_z=232nm$). Addition of 20% SiO_2 (<20 μm) caused kinetic-chemical reaction and surface roughness decrease as a result of fine particles setting on the rough substrate surface. Large specific surface of SiO_2

Parametry/parameters	Próbka w stanie wyjściowym/ Initial state surface	Próbka po piaskowaniu Al_2O_3 / Sand-blast cleaned surface Al_2O_3	Próbka po piaskowaniu $Al_2O_3+SiO_2$ / Sand-blast cleaned surface ($Al_2O_3+SiO_2$)
rednie arytmetyczne odchylenie profilu nierówno ci od linii redniej, R_a , [nm] Roughness profile mean derivation R_a , [nm]	387	416	398
Najwyższa wysokość nierówno ci, R_{max} , [nm] Maximum roughness depth R_{max} , [nm]	3795	6735	4043
Wysokość nierówno ci, R_z , [nm] Roughness depth, R_z , [nm]	369	455	232

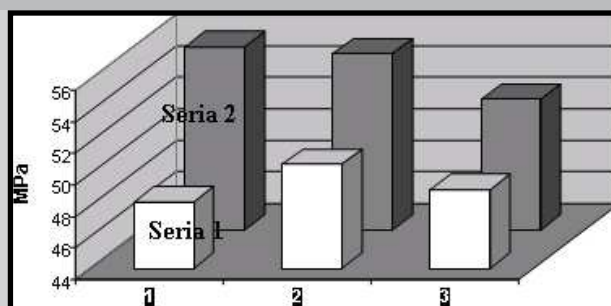
TABELA 1. Parametry chropowatości powierzchni podłoża metalicznego po procesie piaskowania
TABLE. 1 The parameters characterizing the roughness of a metallic surface in initial state and after sand blasting process.

Uzyskane wyniki topografii powierzchni wykazały, iż przeprowadzona obróbka mechaniczna z zastosowaniem różnych mediów piaskujących ma istotny wpływ na jej chropowatość (TABELA 1).

Wysokość chropowatości powierzchni - R_z , dla próbek w stanie wyjściowym wynosi 369nm. Najwyższą wartość $R_z=455$ nm otrzymano dla próbek serii 1, piaskowanych Al_2O_3 . Badania topografii powierzchni wykazały, że drobne cząstki SiO_2 spowodowały zmniejszenie chropowatości powierzchni ($R_z=232$ nm). Zastosowany dodatek bardzo drobnych cząstek SiO_2 , poniżej $20\mu m$, spowodował natomiast zajście reakcji kinetyczno - chemicznej w wyniku, której nastąpiło osadzenie tych cząstek na chropowatej powierzchni podłoża metalicznego i tym samym obniżenie wartości podstawowych parametrów chropowatości. Ponadto duża powierzchnia właściwa cząstek SiO_2 , może wpływać na zwiększenie ich aktywności chemicznej w procesach zachodzących podczas wypalania kolejnych warstw ceramicznych i przyczynić się do uzyskania lepszego połączenia układu metal-ceramika.

Wyniki badań wytrzymałości złączenia metal - porcelana dentystyczna, na podstawie metody trójpunktowego zginania, wykazały, iż zastosowany dodatek SiO_2 wpływa korzystnie na jakość połączenia. Średnia wartość wytrzymałości dla próbek z serii 1 wynosi 49MPa, natomiast dla serii 2 - 52MPa, (RYS.1).

Uzyskane wyniki spełniają podstawowe wymaganie stawiane połączeniom stomatologicznym z podłożem metalicznym. Zgodnie z normą ISO9693 minimalna wartość

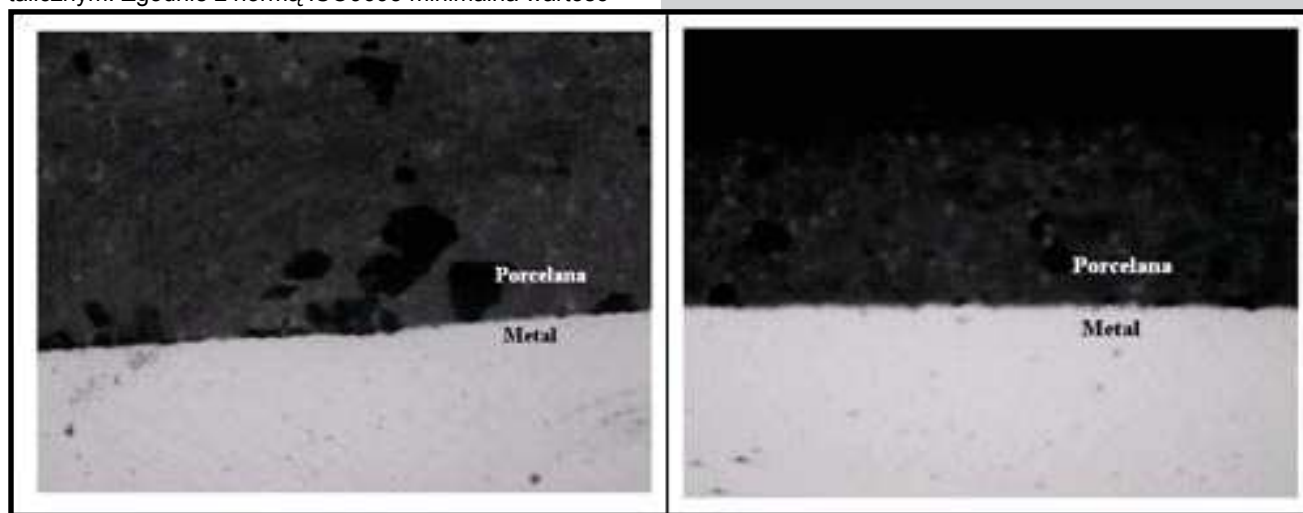


RYS.1. Wyniki badań przyczepności połączenia metal-ceramika dla obu serii.

FIG.1. Results of the bond strength for both series of metal - ceramic system.

has a high influence on their activity increment during the firing process of succeeding ceramic layers and contribute to obtain righteous metal to ceramic interconnection. Strength results of metal to dentistry porcelain interconnection were based on tripoint bending method which showed that SiO_2 addition favorably effects on the interconnection life. Mean strength value for the first series samples is 49 MPa and for the second series 52MPa (FIG.1.)

Results fulfil requirements for metal substrate dentistry interconnections according to ISO9693. Minimal value for metal substrate dental bonds is 25MPa according to ISO9693 [6]. Results showed that sand blasting mixture using has an influence on metallic to porcelain intercon



RYS.2. Struktura połączenia układu metal - porcelana dentystyczna; a) piaskowanie Al_2O_3 , b) piaskowanie $Al_2O_3+SiO_2$, pow. x100.

FIG.2. Structure of joint metal - dental porcelain: a) sand-blasting Al_2O_3 b) sand blasting $Al_2O_3+SiO_2$. Mag. x100.

dla połączeń stomatologicznych musi przyjmować wartość powyżej 25MPa [5]. Wyniki badań wykazały, iż zastosowanie mieszaniny piaskującej $Al_2O_3+SiO_2$, wpływa na wzrost wytrzymałości uzyskanych połączeń. Dane literaturowe, ostatnich lat, dotyczące połączeń metalicznych na bazie stopów kobaltowo-chromowych wykazały, iż wartość wytrzymałości połączenia metal-ceramika, dla zastosowań stomatologicznych mieści się w dość szerokim zakresie 35÷95MPa. Na wartości te mają wpływ głównie: skład chemiczny oraz rodzaj stopu (producent), właściwie dobrane współczynniki rozszerzalności cieplnej, jak również wytworzone warstwy pośrednie między metalem a ceramiką oraz wstępna obróbka mechaniczna [4].

Wyniki badań mikroskopowych, dla próbek piaskowanych Al_2O_3 , wykazały obecność większej ilości pęcherzy w obszarze łączenia metal-ceramika, w porównaniu z próbkami piaskowanymi mieszaniną $Al_2O_3+SiO_2$ (RYS.2). Obserwowane pęcherze stanowią poważny problem podczas eksploatacji uzupełnień stomatologicznych (koron, licówek). Mogą powodować powstawanie, a w następstwie rozprzestrzenianie pęknięć oraz odprysków warstw ceramicznych w wyniku, czego doprowadzają do defektu estetycznego oraz dyskomfortu pacjenta.

Wnioski

1. Rodzaj medium piaskującego w dużym stopniu decyduje o stanie powierzchni podłoża metalowego. Próbki piaskowane Al_2O_3 , uzyskały największe wartości chropowatości - $R_z=455nm$, a dodatek krzemionki zmniejsza chropowatość, $R_z=232nm$.

2. Drobne cząstki SiO_2 zastosowane w obróbce mechanicznej, wpływają na zwiększenie aktywności chemicznej podczas procesu wypalania warstw ceramicznych. Powodują obniżenie temperatury spiekania porcelany dentystycznej, co prowadzi do wydzielenia większej ilości fazy szklistej i lepszego połączenia metal - ceramika.

3. Średnia wartość wytrzymałości połączenia metal-ceramika dla próbek serii 1 wynosi 49MPa, natomiast dla serii 2 - 52MPa.

nection strength. Recent literature data referred to Co-Cr base alloys proved that metal to ceramic bond for dentistry prosthodontia strength is between 35÷95MPa. Results mostly depends on an alloy chemical constitution, producer, thermal expansion value and intermediary layers between metal and ceramics.

Microscope results for samples sand blasted with corundum showed larger quantity of blisters presence in metal to ceramic interconnection in comparison to samples sand-blasted with corundum and SiO_2 mixture (FIG.2.) Unfavourably influence of porous show the strength results. Porous structure become a problem during exploitation of tooth crown and facing tile with reason of surface checking and in result lead to aesthetical defect and patient discomfort.

Conclusion

1. Sand-blasting process medium highly decide on the base material surface state. Samples sand-blast cleaned with corundum had better roughness, where SiO_2 addition decrease roughness to 232nm

2. Silica fine particles used in mechanic treatment have a big influence on chemical activity increment of ceramic layers during firing process, decrease firing temperature and improve metal – ceramic interface.

3. Metal to ceramic interconnection strength mean value for the first series samples amount 49, for the second series: 52MPa

Piśmiennictwo

- [1] Raszewski Z.: Materiały do licowania koron i mostów, Nowoczesny Technik .Dentystyczny 3, 2006
- [2] Atsü S. Berksan S.: Bond strenght of three porcelains to two form sof titanium Rusing two friting atmospheres, The Journal of Prosthetic Dentistry 5, 2000
- [3] Stoch L.: Materiały szkło-ceramiczne dla stomatologii estetycznej, Szkło.i ceramika 6, 2005

References

- [4]Morale Joasi R., Nisie Tango R., Junho de Araujo J. E., et all: Shear bond strength of ceramic to Co-Cr alloys, The Journal of Prosthetic Dentistry, Volume 99, Issue 2008
- [5] Song Z. X., Xu K. W., Chen H.: Thin Solid Films 468, 2004
- [6] International Organization for Standardization. ISO 9693:1999, Metal-ceramic dental restorative system
- [7]PN-EN ISO 4287:1999