

Materiały ceramiczne dla protetyki stomatologicznej – ceramiczne bloki cyrkonowe z gradientem barwy

MGR INŻ. ZDZISŁAW WIŚNIEWSKI¹, DR INŻ. ZBIGNIEW JAEGERMANN¹,
MGR INŻ. SŁAWOMIR MICHAŁOWSKI¹, ROBERT MICHALIK²

1. INSTYTUT CERAMIKI I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH
2. TECHNIK DENTYSTYCZNY, WŁAŚCICIEL FIRMY ROBOCAM

Grupa materiałów stosowanych do wytwarzania stałych uzupełnień protetycznych (koron i mostów) ogranicza się do kilku podstawowych rodzajów. W leczeniu protetycznym wykonuje się korony metalowe (obecnie coraz rzadziej stosowane), korony akrylowe lub kompozytowe, korony metalowo-ceramiczne i najnowocześniejsze uzupełnienia całkowicie ceramiczne [1]. Ta ostatnia grupa materiałów jest w ostatnich latach obiektem najbardziej intensywnych badań [2, 3, 4].

W ciągu ostatnich lat obserwuje się intensywny rozwój stomatologii estetycznej. Dążenie do piękna jest naturalną cechą rodzaju ludzkiego i zarówno współczesna stomatologia, jak i protetyka starają się sprostać temu zadaniu. Do przeszłości powoli przechodzą metody odtworzenia naturalnych koron uzupełnieniami wykonanymi ze stopów metali nieszlachetnych. Coraz więcej pacjentów domaga się uzupełniania braków również w zębach trzonowych materiałami w kolorze naturalnego zęba [5].

Najnowocześniejsze metody wytwarzania ceramicznych koron zębowych polegają na formowaniu kształtu obróbką mechaniczną, wspomaganą techniką komputerowego projektowania i wytwarzania (CAD/CAM). W pierwszym etapie tej metody wykonuje się preparację zęba, co polega na pomniejszeniu tkanki naturalnej korony zęba o grubość przyszłej odbudowy protetycznej. Kolejny etap to wykonanie modelu, który następnie jest skanowany bezdotykową metodą optyczną (coraz częściej ten etap zastępowany jest skanowaniem wewnątrzustnym). Trójwymiarowy obraz modelu służy do zaprojektowania ostatecznego kształtu korony, do czego wykorzystywane są specjalistyczne programy komputerowe. Wycinanie (frezowanie) kształtu korony odbywa się przy pomocy sterowanych komputerowo obrabiarek, z wstępnie wypalonych kształtek ceramicznych. Jednym z bardziej znanych, stosowanych obecnie tworzyw ceramicznych wykorzystywanych w tej metodzie, jest polikrystaliczny tlenek cyrkonu stabilizowany itrem (Y-TZP).

SŁOWA KLUCZOWE

protetyka stomatologiczna, CAD/CAM, bloki cyrkonowe, skala VITA, gradient barwy

KEYWORDS

dental prosthetics, CAD/CAM, zirconia blocks, VITA scale, color gradient

Zdzisław Wiśniewski



Zastępca Kierownika Zakładu Technologii Ceramiki ICiMB. Absolwent Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH. Obecnie zajmuje się produkcją materiałów z tlenku cyrkonu dla potrzeb protetyki stomatologicznej.

Bada możliwości opracowania past z biomateriałów ceramicznych dla potrzeb druku 3D.
z.wisniewski@icimb.pl

STRESZCZENIE

Ostatnie lata charakteryzuje intensywny rozwój stomatologii estetycznej. Jednym z ważnych aspektów estetycznej odbudowy koron zębowych jest odpowiednie dobranie odcienia sztucznej korony do naturalnej barwy zęba. Stąd celem badań było opracowanie sposobu formowania bloków cyrkonowych z gradientową zmianą barwy. Do badań użyto granulatów barwionych w odcieniach A1, A2, A3 i A3,5 skali barw VITA, z których – metodą prasowania – formowano gradientowe próbki badawcze. Oceniono ich właściwości fizyczne, strukturę rozkładu barwy i nasycenia, oceny dokonali również specjaliści z firmy protetycznej. Wyniki przeprowadzonych badań i prób eksperymentalnych wykazały, że zaproponowana metoda pozwala na otrzymywanie bloków cyrkonowych z gradientem barwy, co znacznie uprości dotychczas stosowane metody barwienia i licowania uzupełnień protetycznych. Doświadczenie zdobyte przy pracach opisanych w przedstawionym opracowaniu, pozwoli w łatwy sposób na zastosowanie tej metody do innych par granulatów z poszczególnych grup kolorystycznych skali barw VITA.

SUMMARY

Ceramic materials for dental prosthetics – color gradient zirconia blocks

In the past years there has been an intensive development of cosmetic dentistry. The appropriate selection of artificial crown shade corresponding to the natural teeth color is one of the most important aspects of aesthetic reconstruction of dental crowns. Hence the purpose of the work described was to develop a method for manufacturing zirconia blocks characterized by gradient color change. Colored ready-to-press powders in shades of A1, A2, A3 and A3.5 of VITA color scale were used and gradient test samples were formed by pressing. Their physical properties, structure, color and saturation distribution were evaluated. Overall assessment of the usefulness was performed by specialists from prosthetic company. The results of the research and experimental tests have shown that the proposed method allows to obtain zirconia blocks with a color gradient, which can simplify the currently used methods of staining and veneering of prosthetic restorations. It seems possible to replace the time-consuming and difficult veneering by only painting techniques. Experience gained from the study described in the present article will allow to apply this method to the other VITA color scale ready-to-press powders.

Wycięte korony barwi się przez zanurzenie w płynach barwiących, a następnie wypala. W ostatniej fazie procesu wykonuje się licowanie (szklwienie) koron wieloma warstwami materiałów szklanych lub szkło-ceramicznych [6-9].

Jednym z ważnych aspektów estetycznej odbudowy koron zębowych jest odpowiednie dobranie odcienia sztucznej korony do naturalnego zęba. Z jednej strony wykonuje się to barwiąc cyrkonowy materiał konstrukcyjny, z drugiej – dobierając odpowiednie materiały do procesu licowania. Barwne konstrukcje protetyczne można uzyskać używając do prasowania bloków cyrkonowych gotowego granulatu barwnego. Jednak najczęściej stosowaną metodą jest barwienie wyciętych konstrukcji z wstępnie wypalonego bloku cyrkonowego. Metoda ta ma jednak różne wady, z których najpoważniejsze to: nieprzewidywalny efekt barwienia, cienka warstwa zabarwionego materiału, a także mniejsza żywotność grzałek w piecach do spiekania. Zespół Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych opracował własną metodę wytwarzania barwnych bloków cyrkonowych, która polega na barwieniu gotowego granulatu cyrkonowego [9]. Zaletami tego rozwiązania są: dobra jednorodność barwy, optymalne zużycie barwnika oraz możliwość przygotowania niewielkich partii granulatu w różnych odcieniach skali VITA.

Wiele firm oferuje półprodukty cyrkonowe do wycinania konstrukcji stałych uzupełnień protetycznych w kilku odcieniach skali barw VITA. Jednak w związku ze zmiennością barwy naturalnej korony zęba, wiele pracowni protetycznych zgłaszało postulat opracowania cyrkonowego materiału konstrukcyjnego CAD/CAM, uwzględniającego tę cechę anatomiczną.

Wychodząc naprzeciw tym oczekiwaniom, zespół Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych rozpoczął prace mające na celu opracowanie sposobu formowania bloków z gradientową zmianą barwy, z wykorzystaniem barwnych granulatów cyrkonowych A1, A2, A3 i A3,5 w skali barw VITA. Niniejszy artykuł opisuje wstępne wyniki powyższych badań. Jest też kontynuacją tematyki dotyczącej materiałów ceramicznych dla protetyki stomatologicznej, która pojawiała się już na łamach wcześniejszych numerów czasopisma „Szkło i Ceramika” i która dotyczyła badania właściwości fizycznych i mikrostruktury tworzyw cyrkonowych [10], wstępnych prób barwienia ceramiki cyrkonowej [11] oraz właściwości optycznych i mikrostrukturalnych wybranych materiałów cyrkonowych [12].

MATERIAŁY I METODY

Do badań technologicznych użyto proszku cyrkonowego 3Y-TZP, w postaci granulatu do prasowania o symbolu BQ-3Y-SD, barwnego metodą opracowaną w Zakładzie Technologii Ceramiki ICiMB w Warszawie. Przygotowano granulaty w odcieniach A1, A2, A3 i A3,5 w skali barw VITA oraz granulatu niebarwionego BQ, które użyto do formowania próbek badawczych. Granulaty wsypywano warstwowo do formy prasowniczej na prasie osiowej. Po nasyceniu każdej kolejnej warstwy do formy, wyrównywano ją ręcznie przed nasyceniem następnej. Aby ocenić stopień liniowości granicy warstw oraz wzajemnego przenikania, w początkowym etapie pracy wykonano próbki dwu- i trójbarwne, o znacząco różniących się barwach. W drugim etapie przygotowano 5 rodzajów próbek pięciowarstwowych, o zbliżonych do naturalnych koron zębowych rozkładach odcieni barw. Warstwy barwne przygotowano przez zmieszanie w różnych proporcjach przygotowanych granulatów barwnych (tabela 1). Próbki różniły się kolejnością prasowanych warstw oraz kierunkiem prasowania osiowego.

Próbki badawcze w kształcie walców o średnicy 30 mm i wysokości ok. 15 mm formowano metodą prasowania. Do formowania kształtu próbek użyto prasy osiowej a następnie doprasowano je na prasie izostaticznej (ciśnienie prasowania 250 MPa). Po prasowaniu izostaticznym i wypaleniu wstępnym w temp. 770°C próbki

Tabela 1. Opis próbek badawczych

Symbol próbki	Numer warstwy	Składy warstw
BQ-A3,5	1	BQ
	2	A3,5
A3,5-A2-BQ	1	A3,5
	2	A2
	3	BQ
A1-A2	1	100%A1
	2	0,75%A1/0,25%A2
	3	0,5%A1/0,5%A2
	4	0,25%A1/0,75%A2
	5	100%A2
A2-A3	1	100%A2
	2	0,75%A2/0,25%A3
	3	0,5%A2/0,5%A3
	4	0,25%A2/0,75%A3
	5	100%A3
A3-A2	1	100%A3
	2	0,75%A3/0,25%A2
	3	0,5%A3/0,5%A2
	4	0,25%A3/0,75%A2
	5	100%A2
A1-A3	1	100%A1
	2	0,75%A1/0,25%A3
	3	0,5%A1/0,5%A3
	4	0,25%A1/0,75%A3
	5	100%A3
A3-A1	1	100%A3
	2	0,75%A3/0,25%A1
	3	0,5%A3/0,5%A1
	4	0,25%A3/0,75%A1
	5	100%A1

przecinano piłą z nasypem diamentowym, szlifowano i wypalano w temperaturze 1500°C. Po wypaleniu końcowym powierzchnie przecięcia próbek polerowano szlifierko-polerką obrotową.

Skurczliwość liniową wypalania oznaczono przez porównanie wymiarów liniowych przed wypaleniem i po nim. Gęstość pozorną próbek wypalonych oznaczano metodą geometryczną. Porowatość całkowitą wyliczono przez porównanie gęstości pozornej i gęstości właściwej próbek. Badanie barwy wykonano przy pomocy spektrofotometru o geometrii 450/0; z zastosowaniem szczeliny pomiarowej 0,125 cala; przy oświetleniu D_{65} ; w warunkach obserwacji 10°, poprzez oznaczenie parametrów barwy w układzie CIE $L^*a^*b^*$. Przeprowadzono także wizualną ocenę barwy.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki badań właściwości fizycznych wykazały, że wartości zarówno gęstości pozornej wypalonych próbek, jak i ich porowatość całkowita i skurczliwość liniowa, mieszczą się w granicach błędów pomiaru. Średnia gęstość pozorną wyniosła 6,08 g/cm³, średnia porowatość całkowita – 0,49%, a skurczliwość liniowa 20±0,2%.

Wstępną ocenę jakości prasowania warstwowego przeprowadzono wizualnie, oceniając stopień liniowości granic warstw oraz wzajemnego ich przenikania dla próbek BQ-A3,5 i A3,5-A2-BQ. Obrazy przekrojów polerowanych próbek badawczych (ryc. 1) wskazują, że granica międzywarstwowa, która w części środkowej próbki jest w przybliżeniu liniowa, w pobliżu powierzchni bocznych ma ugięcie odwrotne do kierunku prasowania.

Wizualnej ocenie jednorodności uzyskanego gradientu barwy poddano również pozostałe próbki pięciowarstwowe. Rozkład



Ryc. 1. Obrazy przekrojów polerowanych próbek badawczych

Tabela 2. Wyniki oznaczenia parametrów barwy

Symbol próbki	Numer warstwy	L*	a*	b*
A1-A2	1	74,97	-1,47	6,15
	2	75,02	-0,89	8,64
	3	74,43	-0,30	10,99
	4	73,21	0,01	12,18
	5	72,48	0,07	12,43
A2-A3	1	70,05	-0,39	13,41
	2	70,49	0,24	15,55
	3	70,59	0,90	17,39
	4	69,50	1,22	18,27
	5	68,61	1,31	18,47
A1-A3	1	66,61	0,15	14,81
	2	67,25	-0,36	13,65
	3	68,88	-1,09	11,18
	4	70,08	-1,68	8,66
	5	70,28	-1,97	6,45
A3-A1	1	66,61	0,15	14,81
	2	67,25	-0,36	13,65
	3	68,88	-1,09	11,18
	4	70,08	-1,68	8,66
	5	70,28	-1,97	6,45
A3-A2	1	65,61	-0,27	13,99
	2	66,37	-0,6	13,13
	3	68,88	-1,18	10,88
	4	70,37	-1,53	8,69
	5	70,95	-1,79	6,04

gradientu barwy na wysokości próbek A1-A2, A2-A3 i A3-A2 można uznać za prawidłowy, bez względu na kolejność nasypywania warstw granulatów do formy (ryc. 1).

Oceny wizualnej próbek dokonali również technicy dentyści z firmy Robocam, na co dzień zajmujący się wykonywaniem stałych uzupełnień protetycznych. Efekt gradientu barwy uznali za bardzo dobry, natomiast za najbardziej zbliżony do naturalnych zmienności odcieni koron zębowych uznali próbki A1-A3 i A3-A1 (ryc. 1).

W tabeli 2. zamieszczono wyniki oznaczenia parametrów barwy w układzie CIE L*a*b*, uzyskane dla kolejnych warstw wybranych próbek gradientowych. Wyniki stanowią średnią z dwóch serii pomiarów dla każdej próbki.

Na rycinach 2÷5 pokazano położenie w przestrzeni barwy CIE L*a*b* kolejnych warstw wybranych próbek gradientowych (w środku układu współrzędnych umieszczono parametry barwy najjaśniejszej). Analiza potwierdziła gradientowy charakter rozkładu barwy (a*b*) we wszystkich badanych próbkach. W przypadku próbek A1-A3 i A3-A1 rozkład nasycenia (L*) jest bardziej jednorodny, natomiast w przypadku pozostałych próbek można zauważyć niewielkie odchylenia od tej jednorodności.

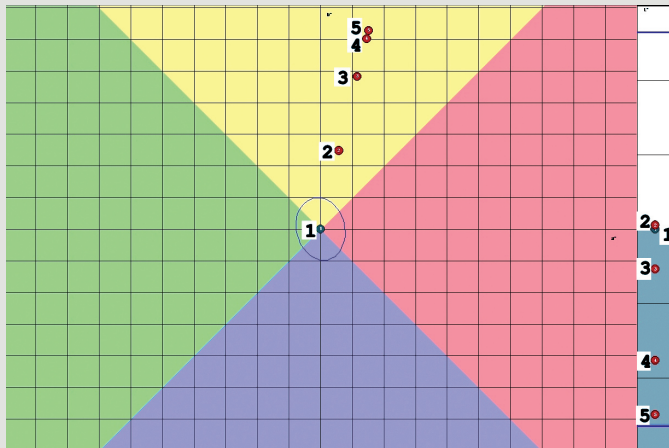
Wszystkie wytworzone próbki przekazano do firmy Robocam, gdzie poddano je weryfikacji praktycznej. Technicy-protetycy pozytywnie ocenili rozkład barw i uznali, że gradient A1-A3 jest najbardziej zbliżony do występującego w naturalnej koronie zębowej.

Aby ostatecznie ocenić przydatność sposobu formowania, parametrów barwy i właściwości fizycznych, wykonano standardowy blok gradientowy w kształcie dysku o grubości 14,5 mm i średnicy 99 mm, który przekazano firmie Robocam dla wykonania gotowych elementów protetycznych metodą CAD/CAM. Pozytywnie została oceniona zdolność materiału gradientowego do obróbki mechanicznej (brak odprysków, rozwarstwień, pęknięć, dokładne odwzorowanie kształtu). Wykonana korona (ryc. 6) wykazała właściwą gradację barwy (A3-A1), wizualnie sprawiającą wrażenie gradientowego przejścia barw od części siecznej (A1) do części przyszykowej (A3) korony. W opinii protetyków należałoby przygotować blok o jeszcze większej różnicy odcieni barw np. BQ-A3 lub A1-A4 i ocenić jakość odwzorowania barwy naturalnej korony zęba.

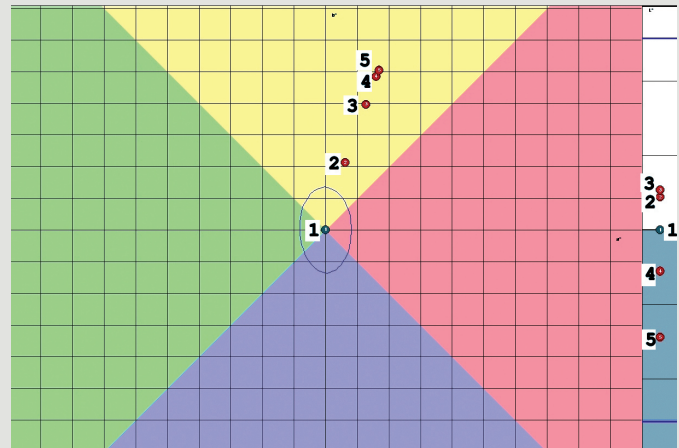
PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych badań i prób eksperymentalnych wykazały, że zaproponowana metoda pozwala na otrzymywanie bloków cyrkonowych z gradientem barwy, co uprości dotychczas stosowane metody barwienia i licowania uzupełnień protetycznych.

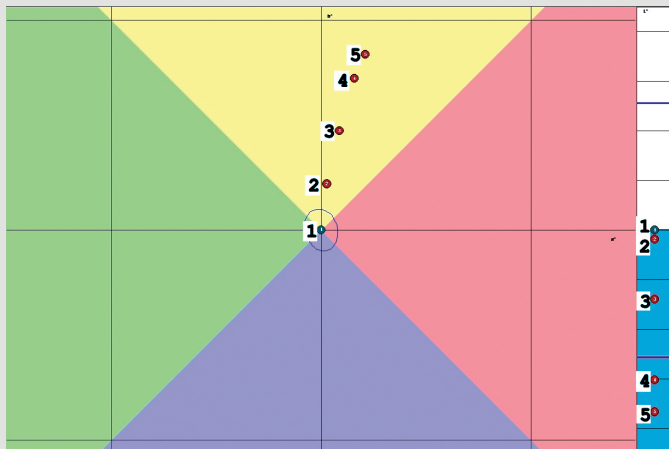
Doświadczenie zdobyte przy pracach opisanych w przedstawionym opracowaniu pozwoli w łatwy sposób zastosować tę metodę do wytwarzania bloków gradientowych z innych barwnych granulatów skali barw VITA.



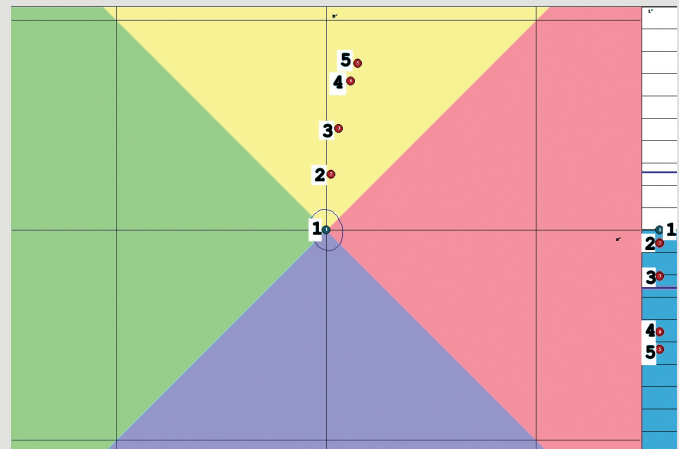
Ryc. 2. Położenie w przestrzeni barwy CIE L*a*b* warstw próbki A1-A2



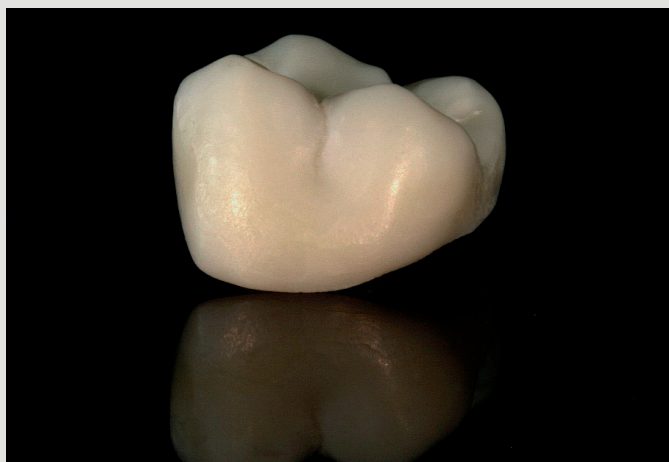
Ryc. 3. Położenie w przestrzeni barwy CIE L*a*b* warstw próbki A2-A3a



Ryc. 4. Położenie w przestrzeni barwy CIE L*a*b* warstw próbki A1-A3



Ryc. 5. Położenie w przestrzeni barwy CIE L*a*b* warstw próbki A3-A1



Ryc. 6. Korona wykonana z bloku cyrkonowego z gradientem barwy A3-A1

LITERATURA

[1] Sadowski S.J.: *An overview of treatment considerations for esthetic restorations: a review of the literature*, [w:] "Journal of the Prosthetic Dentistry" 96 (2006), 433-442

[2] Lasek K., Okoński P., Mierzwińska-Nastalska E.: *Tlenek cyrkonu – właściwości fizyczne i zastosowanie kliniczne*, [w:] „Protetyka Stomatologiczna” 6 (2009), 415-422

[3] Gołębiowski M., Stepczyński M., Wojciechowska M.: *Mosty ceramiczne na podbudowie z dwutlenku cyrkonu jako estetyczna alternatywa dla mostów metalowo-ceramicznych*, [w:] „Protetyka Stomatologiczna” 2 (2010), 133-137

[4] Luthard R.G., Holzhueter M., Sandkuhl O., Herold V., Schnapp J.D., Kuhlisch J.D., Walter M.: *Reliability and properties of ground Y-TZP Zircon ceramics*, [w:] "Journal of Dentistry Research" 81 (2002), 487-491

[5] Dejak B., Kacprzak M., Suliborski B., Śmielak B.: *Struktura i niektóre właściwości ceramiki dentystycznych w świetle literatury*, [w:] „Protetyka Stomatologiczna” 6 (2006), 471-477

[6] Moldovan O., Luthard R.G., Corcodel N., Rudolph H.: *Three-dimensional fit of CAD/CAM- made zirconia copings*, [w:] "Dental Materials" 27 (2011), 1273-1278

[7] Wang H., Aboushelib M.N., Feizler A.J.: *Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks*, [w:] "Dental Materials" 24 (2008), 633-638

[8] Baldisara P., Llukacej A., Ciocca L., Valandro F.L., Scotti R.: *Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems*, [w:] "The Journal of Prosthetic Dentistry" 104 (2010), 6-12

[9] Jaegermann Z., Wiśniewski Z., Oziębło A., Michalik R.: *The implementation of a novel process for the preparation of colored zirconia blocks for dental prosthetics* [w:] "Materiały konferencyjne: 27th European Conference on Biomaterials", Krakow, (2015)

[10] Jaegermann Z., Michalik R.: *Tworzywa ceramiczne dla protetyki stomatologicznej – badanie właściwości fizycznych i mikrostruktury tworzyw cyrkonowych* [w:] „Szkło i Ceramika” 61 (2010), 6, 32-37

[11] Jaegermann Z., Strachowski T., Michałowski S., Michalik R.: *Materiały ceramiczne dla protetyki stomatologicznej – wstępne próby barwienia ceramiki cyrkonowej* [w:] „Szkło i Ceramika” 63 (2012), 1, 34-41

[12] Jaegermann Z.: *Materiały ceramiczne dla protetyki stomatologicznej – właściwości optyczne i mikrostrukturalne wybranych materiałów cyrkonowych* [w:] „Szkło i Ceramika” 64 (2013), 2, 4-13.

Praca została sfinansowana ze środków na działalność statutową Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie.