

K. KAR CZ<sup>1\*</sup>, B. CZAKON<sup>1</sup>, M. HIBNER<sup>1</sup>, D.ŁUKOWIEC<sup>1</sup>, J. KONIECZNY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych;

\*e-mail: karolina.karcz23@gamil.com

<sup>2</sup>Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Transportu Kolejowego.

## Porównanie morfologii i własności polimerowych materiałów stosowanych w stomatologii z materiałami ceramicznymi

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono porównanie materiałów polimerowych oraz ceramicznych używanych w stomatologii oraz metody ich badań, jak również zostały opracowane i przedstawione wyniki tych badań. Do analizy struktury materiałów wykorzystano spektroskopie Ramana oraz skaningowy mikroskop elektronowy (SEM) wyposażony w spektrometr dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS).

**Słowa kluczowe:** materiały ceramiczne, polimery w medycynie, stomatologia, implanty

COMPARISON OF MORPHOLOGY AND PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS FOR USE IN DENTISTRY WITH CERAMIC MATERIALS

**Abstract:** This article presents analyze the structure of the used poly(methyl methacrylate) PMMA, opaker, dentyna and enamel in stomatology practice. Next part presents properties of this materials. In order to analyze the structure of the used materials were used Raman spectroscopy. To examine the morphology and chemical composition of the resulting of materials was carried out using a scanning electron microscope (SEM) with energy dispersive spectrometer (EDS).

**Keywords:** ceramic materials, polymers in medicine, dentistry, implants

### WSTĘP

W okresie 100–1500 r. n.e. Majowie w miejsce utraconego zęba umieszczali obsydian (odmiana szkła wulkanicznego) [5]. Na początku XIX wieku dentyści próbowali wykorzystać materiały aloplastyczne takie jak złoto, porcelana, guma indyjska jednak bez sukcesów. Wcześniej eksperymentowano z wykorzystaniem kości słoniowej lub innych kostnych elementów lecz dawało to krótkotrwałe efekty. Dopiero Greenfield w 1910 roku opisał [2] pierwszy zastosowany przez siebie wszczep śródkostny wykonany z platynoirydu którego umieszczenie w jamie ustnej zakończyło się sukcesem. W 1939 r. Strok uzupełnij brakujący pojedynczy ząb wszczepem wykonanym z chromo kobaltu [5]. Współczesne techniki wykonawstwa protez zębowych ściśle uwarunkowane są rozwojem projektowania i wytwarzania CAD/CAM. Estetyka, która klasyfikuje się na pierwszym miejscu z biegiem lat

wymusiła pojawienie się nowoczesnych maszyn w technice dentystrycznej, wybierając tym samym rzemieślniczą pracę człowieka [1,5].

### MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

W pracy zostały wykonane badania materiałów stosowanych w stomatologii do produkcji sztucznych zębów tj.: poli(metakrylanu metylu) PMMA<sup>1</sup>, oraz opakeru, dentyny, enamelu. Druga grupa wymienionych materiałów ceramicznych wykorzystywana jest do wytwarzania indywidualnych zębów oraz warstw sztucznych zębów ceramicznych zbliżonych strukturą do zębów naturalnych. Dokładniejsza charakterystyka wszystkich wymienionych materiałów została przedstawiona poniżej.

Analiza spektroskopowa badanych próbek została wykonana przy użyciu spektrometru

<sup>1</sup> Zęby z PMMA wykonywane są seryjnie przez specjalnie zaprogramowane maszyny.

Ramana in Via Reflex firmy Renishaw wyposażonego w mikroskop konfokalny Research Grade firmy Leica z możliwością prowadzenia obserwacji próbek w świetle odbitym i przechodzącym. Wzbudzenia dokonywano za pomocą lasera jonowo-argonowego o długości fali  $\lambda=514,5$  nm i mocy 50mV, z filtrem plazmowym dla 514 nm. Laser ten emituje promieniowanie ciągłe zielone. Zakres regulacji mocy lasera wynosi od 0,00005% do 100% włącznie. Pomiary próbek rejestrowano w szerokim zakresie liczby falowej 50–3200  $\text{cm}^{-1}$ .

Spektrometria Ramana należy to technik rozproszeniowych, optycznych, nie niszczących badanych preparatów, o ile nie zostało zastosowane zbyt duże natężenie promieniowania wzbudzającego. Metoda ta umożliwia detekcję badanej substancji, analizę jej struktury oraz w przypadku zastosowania tzw. mapowania ramanowskiego badanie dystrybucji przestrzennej analizowanej substancji w próbce.

Zdjęcia struktur badanych materiałów zostały wykonane przy pomocy skaningowego mikroskopu elektronowego SEM (ang.: Scanning Electron Microscope) Supra 35 firmy Carl Zeiss, wyposażonego w spektrometr promieniowania rentgenowskiego z dyspersją energii (ang.: Energy Dispersive Spectroscopy – EDS) firmy EDAX.

#### WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA POLI(METAKRYLAN METYLU) PMMA

Znany także pod nazwą Plexiglasu, Perspexu itd., jest doskonale przezroczystym (przepuszcza 90–99% światła widzialnego) tworzywem o gęstości 1,19  $\text{g/cm}^3$ , wytrzymałości na rozciąganie 75 MPa, wytrzymałości na ścisnienie 100 MPa, udarności 2  $\text{J/cm}^2$ , twardości Mohsa 2–3[8]. Monomer jest składnikiem tworzywa akrylowego służącego do wykonywania protez zębowych (rys. 1) w połączeniu z proszkiem tworzy masę, która w procesie polimeryzacji przy temp 100 °C powoduje trwałe połączenie poprzez usieciowanie łańcuchów zwanych merami. Istotą tego procesu jest reakcja chemiczna polegająca na two-

zeniu długich wiązań nazywanych merami. Najważniejszym aspektem podczas tej reakcji powinno być całkowite wyczerpanie składników, które przed procesem są silnie toksyczne, a już śladowe ich ilości mogą powodować stany zapalne błony śluzowej.



Rys. 1. Proteza całkowita żuchwy wykonana z poli(metakrylanu metylu) – PMMA

Fig. 1. The lower jaw dentures made from poly (methyl methacrylate) – PMMA

Zdjęcie na rysunku 2 przedstawia strukturę PMMA składającą się z cząstek o kulistym kształcie, wykonane w trakcie badania ramanowskiego.

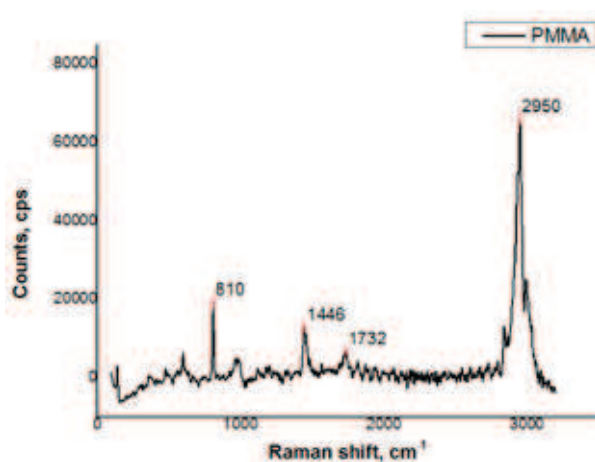


Rys. 2. Struktura PMMA wykonana na spektrometrze Ramana, materiałem badany była proteza całkowita żuchwy (rys. 1), marker 50  $\mu\text{m}$  x 50  $\mu\text{m}$

Fig. 2. Structure of PMMA made on the Raman spectrometer, test material was a complete denture mandible (Fig. 1), a marker of 50 microns x 50 microns

Badane mikroobszary PMMA zostały wybrane losowo. Przykładowe widmo ramanow-

skie pokazano na rysunku 3. Jest to widmo z mikroobszaru znajdującego się na części dziąsłowej protezy całkowitej żuchwy (rys. 1). Cechuje się ono obecnością czterech głównych pasm występujących przy częstotliwościach:  $810\text{ cm}^{-1}$ ,  $1446\text{ cm}^{-1}$ ,  $1732\text{ cm}^{-1}$  oraz  $2950\text{ cm}^{-1}$ . Charakterystyczne dla poli(metakrylanu metylu) pasmo występuje przy częstotliwości  $\sim 1732\text{ cm}^{-1}$  i pochodzi od drgań rozciągających grup karbonylowych [3,4].



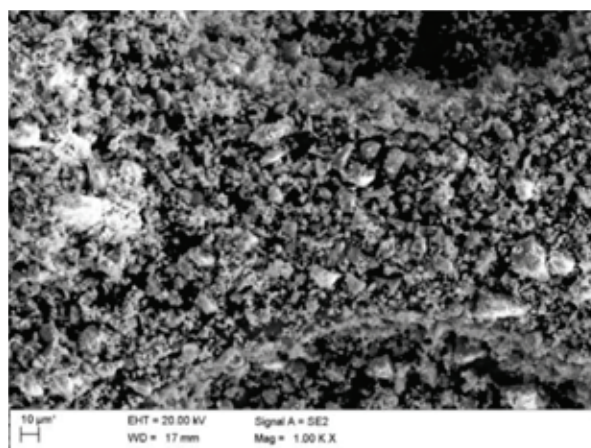
Rys. 3. Widmo ramanowskie poli(metakrylanu metylu)

Fig. 3. The Raman spectrum of poly (methyl methacrylate)

### OPAKER

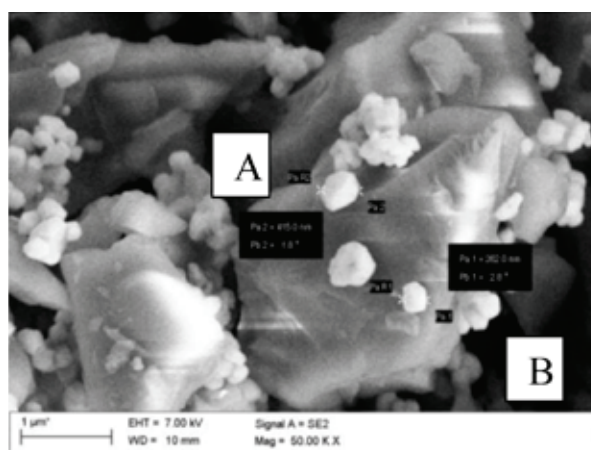
Opaker jest podstawową i pierwszą warstwą używaną podczas napalania porcelany dentystycznej na podbudowę. Dzięki swoim unikalnym właściwościom po procesie palenia pozwala na trwałe połączenie utlenionej warstwy metalu z pozostałymi strukturami ceramiki dentystycznej. Występuje w postaci proszku mieszanego z płynem bądź gotowej pasty. Doświadczenie w pracy techników dentystycznych [5] wykazuje iż opaker w formie pasty charakteryzuje się lepszymi właściwościami kryjącymi niż opaker w formie proszku oraz nie zmienia on swojej barwy nawet po kilku procesach wypalania.

Na rysunkach 4 i 5 została przedstawiona struktura opakera wykonana przy pomocy SEM.



Rys. 4. Struktura opakera – badanie 1, obraz wykonany przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego

Fig. 4. Structure of opaque – study 1, the image is made using a scanning electron microscope

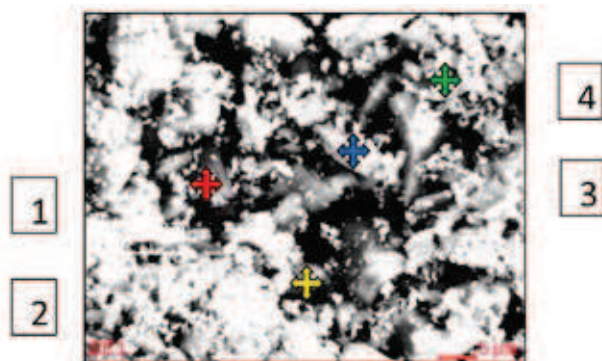


Rys. 5. Struktura opakera – badanie 2 z uwzględnieniem pomiaru ziaren, obraz wykonany przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego

Fig. 5. The structure of opaque – 2 test including the measurement of grain image made using a scanning electron microscope

Struktura opakera charakteryzuje się największym rozdrobnieniem ziaren (rys. 4) spośród materiałów stosowanych na warstwy ceramiczne sztucznych zębów. Na rysunku 5 można zaobserwować drobne ziarna w otoczeniu większych. Rozmiar mniejszych ziaren A i B wynosi odpowiednio  $0,4\text{ }\mu\text{m}$  oraz  $0,25\text{ }\mu\text{m}$ . Ponadto ziarna charakteryzują się regularnym kształtem.

Została przeprowadzona również analiza składu chemicznego (EDS) w mikroobszarach opakera (rys. 6). Badanie wykonano w czterech różnych obszarach oznaczonych kolejno 1, 2, 3 oraz 4.

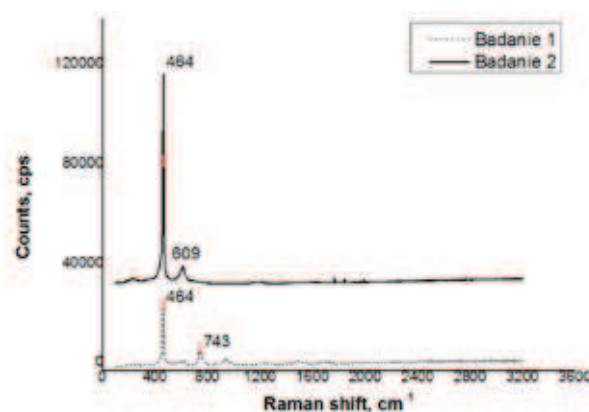


Rys. 6. Analiza składu chemicznego EDS opakera, obraz z skaningowego mikroskopu elektronowego

Fig. 6. Analysis of the chemical composition of EDS opaque, the image of a scanning electron microscope

W tabeli 1 zaprezentowano wyniki z wykonanej analizy składu chemicznego opakera. Obszar 1 i 2 nie wykazał obecności Ca, który pojawił się w przypadku dwóch kolejnych badań. Obszar 3 i 4 wykazał znacznie większą obecność tlenu w przedziale 60–64 At%. Zaobserwowano również zwiększoną ilość krzemu w zakresie 15,00÷26,50 At %. Natomiast stężenie pozostałych pierwiastków nie przekracza wartości 10 At %.

Przeprowadzone zostało również badanie sprawdzające z wykorzystaniem spektroskopii ramanowskiej przedstawione na rysunku 7. W przypadku opakera zostały wykonane dwa badania oznaczone 1 oraz 2. Zaobserwowano zróżnicowanie w charakterystyce pasm, mogące być skutkiem nieznacznych różnic w strukturze tego materiału.



Rys. 7. Widmo ramanowskie dla opakera

Fig. 7. Raman for opaque

Dla obu badań zarejestrowana częstotliwość mieści się w zakresie od około 100  $\text{cm}^{-1}$  do 3200  $\text{cm}^{-1}$ . Badanie 1 cechuje się obecnością dwóch głównych pasm przy częstotliwości:  $\sim 464 \text{ cm}^{-1}$  oraz  $\sim 743 \text{ cm}^{-1}$ , które nie ujawniło się w badaniu drugim. Badanie 2 również prezen-

Tabela 1. Wyniki z analizy składu chemicznego EDS na mikroskopie SEM

Table 1. Results of chemical analysis EDS SEM microscope

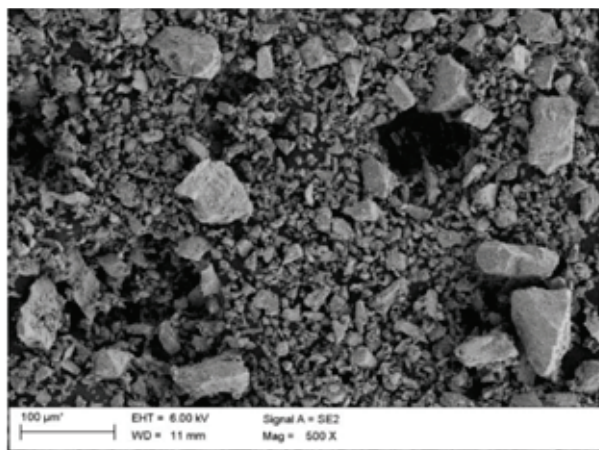
Element	Obszar 1		Obszar 2		Obszar 3		Obszar 4	
	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%
O	23,94	48,87	38,54	58,29	42,32	60,26	40,15	63,70
Na	03,58	05,09	04,54	04,78	03,63	03,60	03,62	04,00
Al.	06,94	08,40	04,80	04,31	07,29	06,16	06,02	05,66
Si	19,89	23,13	30,61	26,38	25,09	20,35	17,20	15,54
Pt	03,40	00,57	05,70	00,71	02,18	00,26	05,31	00,69
K	04,98	04,16	05,27	03,26	07,14	04,16	04,31	02,80
Ca	-	-	-	-	03,56	02,02	00,42	00,26
Ti	02,42	01,65	01,37	00,69	05,66	02,69	09,12	04,83
Ce	34,84	08,12	09,17	01,58	03,12	00,51	13,85	02,51

tuje dwa główne pasma, których środki funkcji występują przy następujących częstotliwościach:  $\sim 464\text{ cm}^{-1}$  i  $609\text{ cm}^{-1}$ , które z kolei nie występuje w badaniu pierwszym.

## DENTYNA

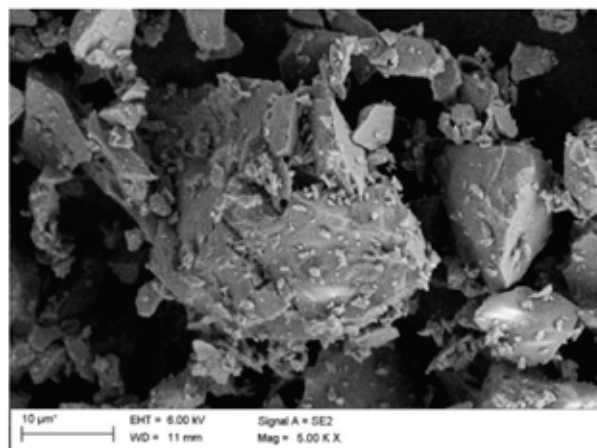
Dentyna jest główną warstwą podczas tworzonego zęba porcelanowego. Po wypaleniu definiuje kolor przyszłego uzupełnienia protezy. Pozwala na dokładne odwzorowanie detali zębów naturalnych. Najważniejszą zaletą dentyny jaką powinna się charakteryzować to jak najmniejszy skurcz podczas napalania oraz dokładność wymiarowa i kolorystyczna.

W przypadku tego materiału zostały wykonane badania dla dwóch odmian dentyny tj.: BASE i MAIN tego samego producenta. Badanie na mikroskopie skaningowym (rys. 8 i 9) przeprowadzono tylko dla dentyny BASE. Struktura tego materiału charakteryzują się większym rozdrobnieniem ziaren niż w przypadku opakera oraz jednolitym kolorem. Ziarna mają nieregularną budowę o ostrych krawędziach. Mniejsze ziarna gęsto przylegają do większych tworząc zróżnicowane struktury przypominające aglomeraty (rys.9).



Rys. 8. Struktura dentyny BASE – badanie 1, obraz wykonany przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego

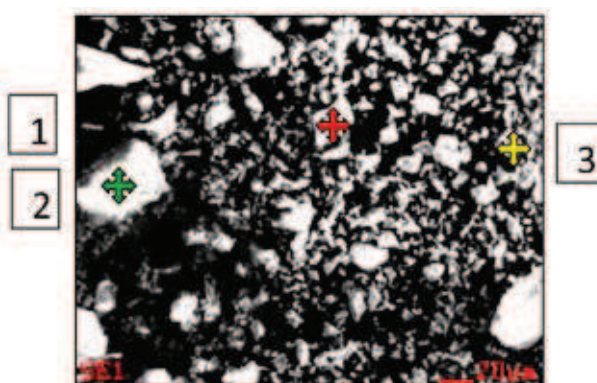
Fig. 8. The structure of dentin BASE – study 1, the image is made using a scanning electron microscope



Rys. 9. Struktura dentyny BASE – badanie 2, obraz wykonany przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego

Fig. 9. The structure of dentin BASE – Study 2, the image is made using a scanning electron microscope

Dokładna analiza składu chemicznego (EDS) została przedstawiona na rysunku 10. W przypadku tego materiału badanie przeprowadzono w trzech obszarach, oznaczonych kolejno 1, 2 oraz 3.



Rys. 10. Analiza składu chemicznego EDS dentyny BASE, obraz z skaningowego mikroskopu elektronowego

Fig. 10. Analysis of the chemical composition of EDS dentine BASE, the image of a scanning electron microscope

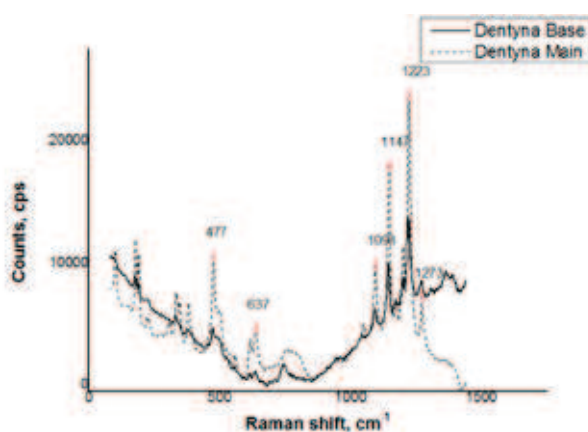
Wyniki z przeprowadzonej analizy zostały przedstawione w tabeli 2. Dentyna BASE nie wykazuje obecności Pt oraz Ce, w porównaniu do opakera. Obszar 1 ujawnia obecność Ti o wartości 1,06 At%, czego nie obserwuje się

w przypadku dwóch kolejnych badań. Obszary 1 i 3 wykazują obecność Ca o wartości w przedziale 1,00–1,80 At%. Tlen występuje w przypadku wszystkich badań w przedziale od 44,00 do 53,00 At%. W przypadku dentyny BASE można zaobserwować znacznie większą ilość % Si w przedziale 29,56–34,43 At% niż w przypadku materiału jakim był opaker. Reszta pierwiastków występuje w przedziale nieznacznie różniących się wartości i nie przekracza 10 At %.

dzzone w trakcie badań przeprowadzonych przy użyciu spektroskopii ramanowskiej i przedstawione na rysunku 11. Inną ich cechą jest różna temperatura napalenia. W przypadku dentyny BASE występuje siedem głównych pasm, zaś dla dentyny MAIN pojawia się aż 10 głównych pasm w zakresie częstotliwości 50–1400  $\text{cm}^{-1}$ . Zarejestrowane pasma występują w zbliżonych obszarach przesunięcia ramanowskiego. Do najbardziej charak-

**Tabela 2. Wyniki z analizy składu chemicznego EDS na mikroskopie SEM**  
**Table 2. Results of the chemical analyzes on the microscope SEM EDS**

Element	Obszar 1		Obszar 2		Obszar 3	
	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%
O	29,97	44,27	37,87	52,29	38,25	52,68
Na	03,99	04,10	04,81	04,63	05,14	04,93
Al.	08,44	07,39	09,36	07,66	08,57	07,00
Si	40,92	34,43	37,58	29,56	37,79	29,65
K	11,55	06,98	10,38	05,86	08,22	04,63
Ca	02,99	01,76	-	-	02,03	01,12
Ti	02,15	01,06	-	-	-	-

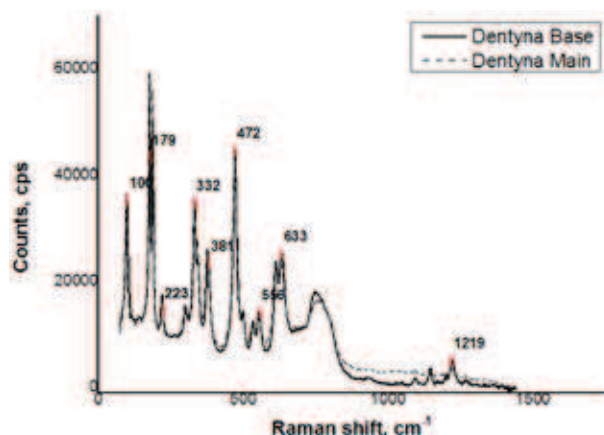


Rys. 11. Widmo ramanowskie dla dentyny BASE i MAIN  
Fig. 11. Raman for dentine and MAIN BASE

Oba materiały cechują się takim samym przeznaczeniem lecz inną kolejnością nakładania warstw, jednak w zależności od producenta wykazują nieznaczne różnice w składzie jak i strukturze. Zostało to również potwier-

terystycznych występujących dla obu materiałów możemy zaliczyć:  $\sim 477 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 637 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1093 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1147 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1223 \text{ cm}^{-1}$  oraz  $\sim 1273 \text{ cm}^{-1}$ .

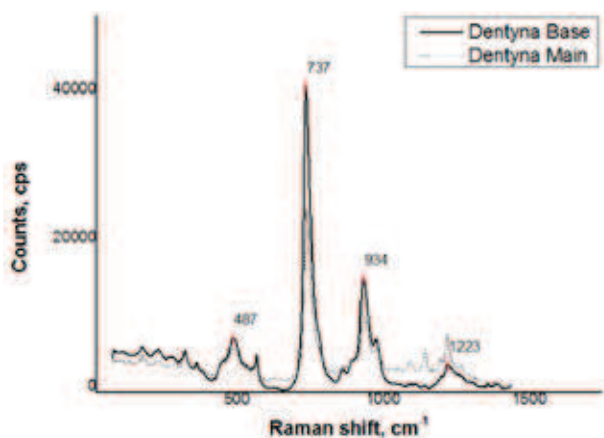
W trakcie wykonywania badań na spektrometrze Ramana zaobserwowano w materiale charakterystyczne obszary, odznaczające się odmiennymi odcieniami. Powierzchnie te również zostały poddane dodatkowej analizie. Porównanie widm ramanowskich dla obszaru pierwszego w przypadku obu materiałów zostało przedstawione na rysunku 12. Widoczne są tu różnice występowania pasm dla częstotliwości powyżej  $700 \text{ cm}^{-1}$ , gdzie dla dentyny BASE charakterystyczne jest pasmo o częstotliwości  $\sim 1219 \text{ cm}^{-1}$ . Zarejestrowane widma cechują się obecnością ośmiu charakterystycznych pasm, których środki funkcji występują przy następujących częstotliwościach:  $\sim 100 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 179 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 223 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 332 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 381 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 472 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 556 \text{ cm}^{-1}$  oraz  $\sim 633 \text{ cm}^{-1}$ .



Rys. 12. Porównanie widm ramanowskich dla obszaru pierwszego dentyny BASE i MAIN

Fig. 12. Comparison of Raman spectra for the area of the first dentine and MAIN BASE

Porównanie dentyny BASE i MAIN dla obszaru drugiego (rys. 13) również ujawniło występowanie nieznacznych różnic w charakterystyce pasm. Widma te obrazują wystąpienie czterech głównych pasm, których środki funkcji występują przy następujących częstotliwościach:  $\sim 487\text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 737\text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 934\text{ cm}^{-1}$  oraz  $\sim 1223\text{ cm}^{-1}$ .



Rys. 13. Porównanie widm ramanowskich dla obszaru drugiego dentyny BASE i MAIN

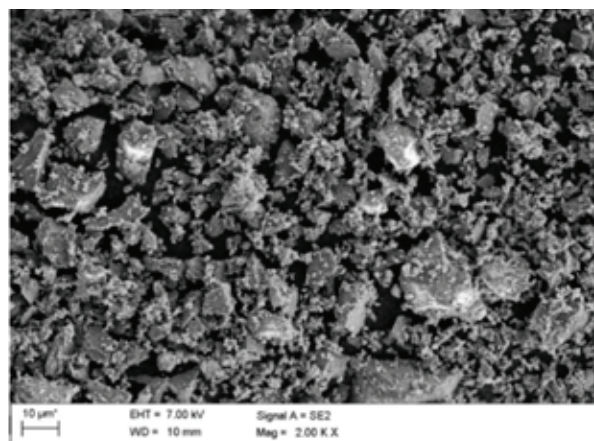
Fig. 13. Comparison of Raman spectra for the area of the second dentine and MAIN BASE

## ENAMEL

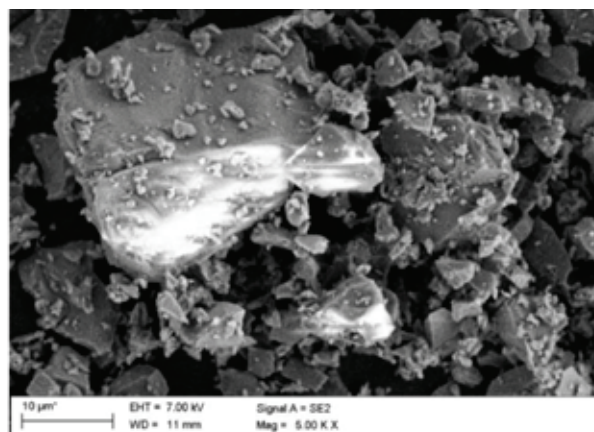
Enamel jest ostatnią warstwą przed glazurą jaka nakładana jest w procesie tworzenia uzupełnienia protetycznego. Po procesie napale-

nia uzyskiwana jest przezierność naturalnego szkliwa zęba. Kombinacja ilości warstwy enamelu pozwala osiągnąć zamierzone efekty estetyczne w zależności od wymagań pacjenta.

Badania na mikroskopie skaningowym (rys. 14 i 15) obrazują pośrednie rozdrobienie ziaren struktury enamelu w stosunku do wcześniej badanych materiałów. Jest ono mniejsze niż w przypadku opakera i większe niż w przypadku dentyny BASE. Drobne ziarna przylegają do większych (rys. 15) w znacznie mniejszym stopniu niż w przypadku opakera ale podobnie jak u dentyny BASE, a krawędzie ziaren nie są tak ostro zakończone.

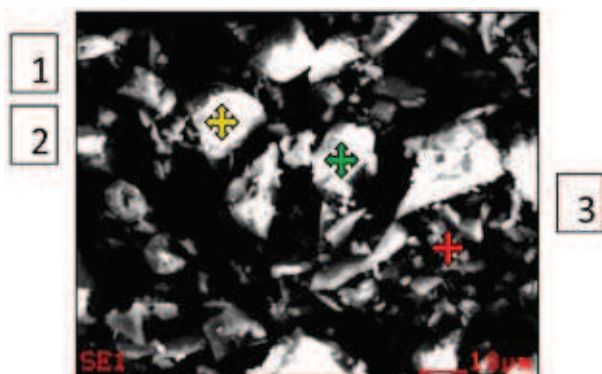


Rys. 14. Struktura enamelu – badanie 1, obraz wykonany przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego  
Fig. 14. The structure of enamel – Study 1, the image formed by using a scanning electron microscope



Rys. 15. Struktura enamelu – badanie 2, obraz wykonany przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego  
Fig. 15. The structure of enamel – Study 2, the image is made using a scanning electron microscope

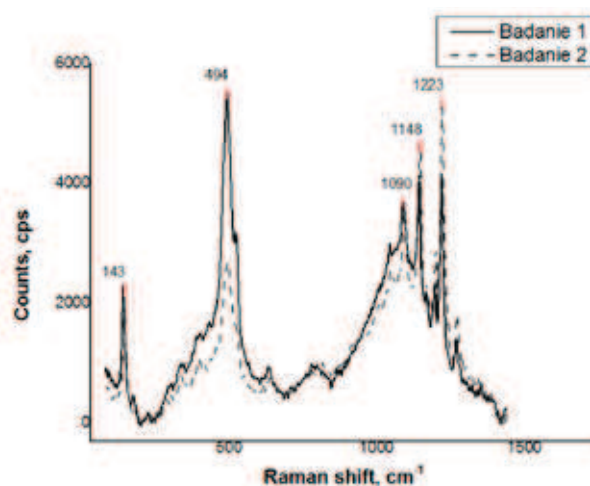
Analiza składu chemicznego została przeprowadzona na mikroskopie SEM i została przedstawiona na rysunku 16. Badanie przeprowadzono w trzech obszarach, oznaczonych kolejno 1, 2 oraz 3.



Rys. 16. Analiza składu chemicznego EDS dentyny BASE, obraz z skaningowego mikroskopu elektronowego

Fig. 16. Analysis of the chemical composition of EDS dentine BASE, the image of a scanning electron microscope

badaniach wyników. Reszta pierwiastków występuje w przedziale nieznacznie różniących się wartości i nie przekracza 10 At %.



Rys. 17. Widmo ramanowskie dla enamel

Fig. 17. Raman for enamel

Tabela 3. Wyniki z analizy składu chemicznego EDS na mikroskopie SEM

Table 3. Results of the chemical analyzes on the microscope SEM EDS

Element	Obszar 1		Obszar 2		Obszar 3	
	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%
O	51,37	64,98	44,18	58,47	46,69	61,11
Na	05,65	04,97	05,01	04,61	04,39	04,00
Al	07,57	05,68	10,31	08,09	10,16	07,88
Si	29,75	21,44	32,47	24,48	30,25	22,56
K	05,66	02,93	08,03	04,35	07,46	04,00
Ti	-	-	-	-	01,04	00,46

Wyniki z przeprowadzonej analizy zostały przedstawione w tabeli 3. Enamel nie wykazuje obecności Pt, Ca oraz Ce, w porównaniu do opakera i dentyny BASE. Jedynie badanie 3 ujawnia obecność Ti o niewielkiej wartości 0,46 At%. Materiał ten ma największą wartość O z pośród badanych materiałów w zakresie 58,47–64,98 At%. Krzem klasyfikuje się na poziomie 21,44–24,48 At%. Wartość ta jest podobna do uzyskanych już w poprzednich

Przeprowadzone zostały dwa badania dla enamelu, które przedstawiono na rysunku 17. Badanie zostały wykonane w różnych obszarach. Uzyskane widma różnią się od siebie w nieznacznym stopniu, co może świadczyć o jednakowej strukturze w całym obszarze tego materiału. Enamel charakteryzuje się występowaniem pięciu głównych pasm w różnych zakresach częstotliwości tj.:  $\sim 143 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 494 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1090 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1148 \text{ cm}^{-1}$  oraz  $\sim 1223 \text{ cm}^{-1}$ .



W tabeli 4 zostały przedstawione wartości orientacyjne, które są typowe dla grubości podbudowy i opakera.

przez producenta. Niektóre przedstawione przez producenta części składowe występują w znacznie mniejszej ilości.

Tabela 4. Wartości idealna i minimalna dla materiałów [6].

	Idealna grubość warstw	Minimalna grubość warstw
Podbudowa	0,3–0,5 mm	0,3 – 0,5 mm
Opaker	0,1 mm	0,1 mm

Badania opisane w części 3 zostały przeprowadzone na gotowych elementach protezy całkowitej żuchwy wykonanej z PMMA (rys. 1) oraz na głównych materiałach z jakich wykonywane są mosty ceramiczne (rys. 18), czyli proszki tj. opaker, dentyna i enamel.

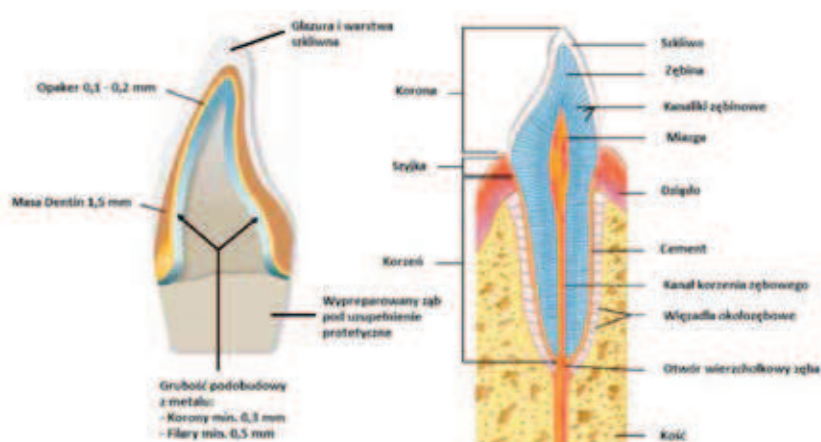


Rys. 18. Most ceramiczny na podbudowie metalowej  
Fig. 18. Ceramic bridge on metal base

Uzyskane wyniki składu chemicznego badanych materiałów w nieznacznym stopniu odbiegają od składu przedstawionego

Na rysunku 19 został przedstawiony schemat porównawczy budowy sztucznego zęba ceramicznego na podbudowie metalowej oraz zęba naturalnego. Na schemacie znalazły się poszczególne części składowe wchodzące, z których zbudowany jest ząb sztuczny oraz naturalny.

Można zauważyć pewne podobieństwa w warstwach ceramiki, które odzwierciedlają naturalne tkanki zęba takie jak warstwa szkliwna i miazga, którą w zębie sztucznym tworzy dentyna. Uzupełnienie protetyczne w jamie ustnej pacjenta nie jest w pełni sztuczne ponieważ osadzone jest na kikutie zęba oszlifowanego w gabinecie lekarskim. Ząb ceramiczny wykonany jest na podbudowie odlewanej z metalu, który jest biokompatybilny z tkankami ludzkimi. Zamocowany w jamie ustnej pacjenta za pomocą cementu dentystycznego. Takie mocowanie korony zęba pozwala na ściąganie uzupełnienia protetycznego, gdy wymagana jest naprawa takiego zęba oraz powtórne zamocowanie nowego uzupełnienia.



Rys. 19. Porównanie budowy zęba naturalnego i ceramicznego na podbudowie metalowej [6, 7]  
Fig. 19. Comparison of the construction of the natural tooth and the ceramic metal base [6, 7]

## PODSUMOWANIE

Stomatologia wykorzystuje szerokie spektrum materiałów, stosowanych w procesie wytwarzania uzupełnień protetycznych. Przeprowadzone badania miały na celu zobrazowanie struktury, jak również składu chemicznego poszczególnych materiałów.

Polimery i ceramika to jedne z trzech głównych materiałów inżynierskich wykorzystywanych w protetyce stomatologicznej, jak i w całym przemyśle. Tworzywo PMMA wykazuje wiele zalet w przypadku czasowych uzupełnień protetycznych ponieważ w szybkim czasie pozwala na wykonanie estetycznej protezy zębowej na przykład na czas leczenia pacjenta, u którego wymagana jest dłuższa rehabilitacja, a pacjent odczuwa dyskomfort z powodu braku uzębienia. Zaletami tworzyw sztucznych są: niski ciężar właściwy, łatwość formowania oraz niska cena zakupu. Zalety te stawiają tworzywo akrylanowe w korzystnym położeniu dla pacjenta, ponieważ gotowy wyrób w postaci protezy zębowej jest stosunkowo tani w porównaniu do ceramicznych uzupełnień zębowych.

Średnia cena protezy w gabinecie stomatologicznym waha się w granicach 650 -800 zł. Dotyczy ona podstawowej gamy zębowej, ponieważ wielu pacjentów może zażyczyć sobie zęby kompozytowe, które są połączeniem ceramiki i polimeru dając znakomite efekty estetyczne przy cenie około 1500 zł za gotową protezę. Porównując materiał polimerowy z materiałem ceramicznym, jednoznacznie uzyskuje się wynik, w którym materiał ceramiczny w pewnym stopniu przewyższa materiał akrylowy swoimi właściwościami oraz wysoką estetyką końcowego produktu. Wytrzymałość na ściskanie oraz biokompatybilność z tkankami ludzkimi, to właśnie te cechy, które determinują wybór pacjenta w gabinecie jeśli chodzi o dobór materiału. Jednakże materiał ceramiczny posiada również istotne wady, które w procesie tworzenia produktu oraz podczas użytkowania mogą doprowadzić do zniszczeń i ubytków części protez wykonywanych w tej technologii.

Materiał ceramiczny jest formowany, a następnie spiekany w procesie wysokotemperaturowym. Proces ten może determinować powstawanie porów i pustych przestrzeni, które powodować będą pękanie podczas nacisku w akcie żucia. Proces wykonawstwa, jak również naprawy jest bardziej skomplikowany w porównaniu z tworzywem akrylanowym. Podsumowując oba materiały są obecnie podstawą w protetyce i stomatologii. Ich istotne różnice pokazują nam, że nie ma materiału idealnego. Najważniejszym celem jakim mają spełniać te materiały to odbudowa utraconych tkanek ludzkich. Miejmy nadzieję, że rozwój współczesnej nauki i materiałoznawstwa pozwoli opracować taki materiał, który spełni wszystkie wymagania pacjenta i będzie dostępny dla każdego [5].

## LITERATURA

1. Dejak B., Kacprzak M., Suliborski B., Śmielak B.: *Struktura i niektóre właściwości ceramiki dentystycznych stosowanych w uzupełnieniach pełnoceramicznych w świetle literatury*, *Protet. Stomol.*, 6 (2006), LVI, 471–477.
2. Greenfield J.: *Implantations of artificial crown and bridge abutments*. *Dent. Cosmos.*, 1913, 364–430.
3. Laska J., Błażewicz M., Fitał A., Cichy E., Martowicz M.: *Nanokompozyty poli(metakrylanu metylu) otrzymane w polimeryzacji blokowej i suspensyjowej*. *Inżynieria biomateriałów*, 74 (2008) 16–22.
4. Matlengiewicz M.: *Zastosowanie spektroskopii <sup>13</sup>C NMR do charakteryzowania wieloskładnikowych mieszanin petro- i karbochemicznych oraz mikrostruktury polimerów akrylowych*, Wydawnictwo Fundacji im. Wojciecha Świętosławskiego, Gliwice 1997.
5. Spiechowicz E.: *Protetyka stomatologiczna*, Warszawa, Wyd. Lekarskie PZWL.
6. IPS InLine Conventional Metal-Ceramic/ IPS InLine POM Press-on-Metal Ceramic. Instrukcja Użytkownika. Ivovlar vivadent technical.
7. [https://www.google.pl/search?q=budowa+z%C4%99ba&rlz=1C1AVNG\\_enPL695PL695&espv=2&biw=1242&bih=602&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjw64zX\\_6DPAhVGCSw-KHdKTBYIQ\\_AUIBigB#imgsrc=vvHdzpDRPlfMuM%3A](https://www.google.pl/search?q=budowa+z%C4%99ba&rlz=1C1AVNG_enPL695PL695&espv=2&biw=1242&bih=602&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjw64zX_6DPAhVGCSw-KHdKTBYIQ_AUIBigB#imgsrc=vvHdzpDRPlfMuM%3A) – dostęp 16.09.2016r.
8. <http://tworzywa.com.pl/Skorowidz-2/Polimetakrylan-metylu-PMMA-szk%C5%82o-organiczne-692.html> dostęp 25.09.2016 r.

Publikację przyjęto do druku: 20–12–2016