

Wojciech Lipiec¹, Mikołaj Szafran²

Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa

KOMPOZYTY CERAMIKA-POLI(METAKRYLAN METYLU) O OSNOWIE Z CERAMICZNEGO TWORZYWA POROWATEGO Z TLENKU GLINU OTRZYMANEGO METODĄ OSADZANIA CERAMICZNEJ MASY LEJNEJ NA PODŁOŻU POLIMEROWYM

W celu otrzymania wysokoporowatego tworzywa ceramicznego z tlenku glinu zastosowano metodę osadzania ceramicznej masy lejnej na podłożu polimerowym. Do sporządzenia mas lejnych użyto akrylopo pochodnych spoiw wodorocieńczalnych w formie dyspersji wodnych, m.in. spoiw akrylo-styrenowych zawierających wbudowane makromonomery amfifilowe. W charakterze podłoża polimerowego zastosowano gąbkę poliuretanową o gęstości $0,0240 \text{ g/cm}^3$ i średniej wielkości porów ok. $300 \mu\text{m}$. Zbadano parametry mas lejnych otrzymanych z udziałem wybranych spoiw wodorocieńczalnych dla różnych ilości dodanego spoiwa oraz różnych dodatków upłynniacza. Jako upłynniacz zastosowano mieszaninę cytrynianu diamonu i kwasu cytrynowego. W artykule przedstawiono wyniki badań tych mas oraz otrzymanego z nich tworzywa wysokoporowatego, a także wyniki wstępnych badań sporządzonego na bazie tego tworzywa kompozytu ceramika-polimer organiczny. Polimerem wprowadzanym do wnętrza porów wysokoporowatego materiału ceramicznego był poli(metakrylan metylu). W celu zwiększenia adhezji pomiędzy ceramiką a polimerem zastosowano środek preadhezyjny - 3-aminopropylotrietoksyilan. W tabeli 1 zamieszczono podstawowe parametry stosowanych do badań spoiw wodorocieńczalnych. Tabela 2 zawiera wyniki badań parametrów mas lejnych i otrzymanych z nich kształtek dla poszczególnych spoiw i różnych ilości dodanego upłynniacza. W tabeli 3 umieszczono wyniki badań wpływu ilości spoiwa w masie lejnej na wybrane parametry otrzymanych spieków. Tabela 4 przedstawia obliczone stopnie zapelnienia porów ceramicznego tworzywa porowatego poli(metakrylanem metylu) po kilku kolejnych powtórzeniach procesu polimeryzacji w porach tej samej próbki. Rysunek 1 przedstawia obraz z mikroskopu optycznego przelomu próbki wysokoporowatego materiału ceramicznego, zaś na rysunku 2 pokazany jest obraz przelomu próbki z polimerem wewnątrz porów. Obydwa zdjęcia wykonane zostały w 30-krotnym powiększeniu.

Słowa kluczowe: ceramika, kompozyt, polimer, spoiwo wodorocieńczalne, środek preadhezyjny

CERAMICS-POLY(METHYL METHACRYLATE) COMPOSITES OF A MATRIX FROM AN ALUMINA CERAMIC POROUS MATERIAL OBTAINED BY THE POLYMERIC SPONGE METHOD

In order to obtain the porous ceramic material from alumina the polymeric sponge method was applied. To prepare slurries the water thinnable polymeric binders prepared in the form of water dispersions comprising inbuilt amphiphilic macromonomers were used. The mixture of diammonium citrate and citric acid was applied as a dispersing agent. The polyurethane sponge of density 0.0240 g/cm^3 and medium pore diameter $300 \mu\text{m}$ as a polymer matrix was used. The parameters of slurries obtained by using of selected water thinnable polymeric binders with different amounts of added binders and different additions of dispersing agent have been studied. The results of investigations of obtained material and the results of preliminary studies of composite ceramics-polymer based on it are described in the paper. Poly(methyl methacrylate) was the polymer introduced to the pores of the ceramic porous material by filling the pores with the monomer. To increase the adhesion between the ceramic matrix and polymer an organosilicon coupling agent - (3-aminopropyl)triethoxysilane was used. In Table 1 the results of measurements of physical parameters for binders used in investigations are presented. In Table 2 the results of studies of slurries and obtained samples with different binders and different amounts of added dispersant are presented. Table 3 contains results of studies concerning influence of amounts of the binder on properties of the sintered samples. In Table 4 the filling degrees of pores of the porous ceramic material with poly(methyl methacrylate) after following repetitions of polymerization process are presented. Figure 1 shows the picture of ceramic porous material microstructure, Figure 2 presents the picture of studied ceramic-polymeric composite sample. The both pictures were obtained from an optical microscope, 30x enlargement.

Key words: ceramics, composite, polymer, water thinnable binder, pre-adhesive agent

WPROWADZENIE

W celu otrzymywania ceramicznych tworzyw porowatych wykorzystuje się kilka metod. Jedną z nich jest metoda spiekania ziaren proszków o określonej wielkości z dodatkiem odpowiednio dobranych spoiw cera-

micznych. Wielkość porów otrzymanego porowatego

spieku związana jest ze średnicą ziarna zależnością

$$d_p = 0,315D_z$$

¹ mgr inż., ² prof. nadzw. dr hab. inż.

gdzie:

d_p - średnica poru, mm,

D_z - średnica ziarna, mm.

Do otrzymywania tworzyw porowatych o większych średnicach porów - od kilkuset μm do kilku mm - używane są inne metody. Często stosuje się osadzanie ceramicznej masy lejnej na podłożu polimerowym, którym jest zazwyczaj gąbka poliuretanowa. Metoda ta pozwala otrzymać ceramikę porowatą o większym stopniu porowatości niż przy użyciu innych znanych metod wytwarzania ceramiki porowatej (nawet do 99% obj.). Poza tym, dzięki odpowiedniemu doborowi gąbki o znanej porowatości i ściśle określonej wielkości porów (a także z możliwym gradientem porowatości), metoda ta pozwala zaprojektować tworzywo porowate o dokładnie określonej strukturze, będącej wiernym odwzorowaniem struktury użytego wzorca. Otrzymane w ten sposób wysokoporowate tworzywa ceramiczne wykorzystywane są jako biomateriały i znajdują rosnące zastosowanie w medycynie. Ceramika porowata zaprojektowana na wzór żywej tkanki kostnej służy do wykonywania implantów ortopedycznych w chirurgii kostnej. Pory porowatego tworzywa ceramicznego sporządzonego na bazie hydroksyapatytu lub fosforanu trójwapiowego wypełnione biodegradowalnym polimerem, np. laktydem, po wszczępieniu do żywego organizmu, w miarę stopniowej degradacji polimeru w organizmie, mogą przerastać tkanką biologiczną, doskonale zastępując naturalną kość.

Wśród spoiw stosowanych do sporządzania ceramicznych mas lejnych wyróżnić można dwie grupy: wodorozpuszczalne i wodorozcieńczalne tworzywa polimerowe. Masa cząsteczkowa spoiw wodorozpuszczalnych dochodzi do 200000 u: w tej grupie używane są głównie: poli(alkohol winylowy), metylo- i karboksymetyloceluloza oraz glikol poli(oksyetylenowy) [1]. W przypadku dużych stężeń fazy stałej w ceramicznej masie lejnej wprowadzenie odpowiedniej ilości spoiwa jest utrudnione ze względu na wysoką lepkość roztworów wodnych takich polimerów oraz wzrost lepkości roztworu wraz ze wzrostem masy cząsteczkowej polimeru. Problemu tego nie stwarzają spoiwa wodorozcieńczalne, stosowane w postaci dyspersji wodnych, gdyż lepkość takiego spoiwa nie zależy praktycznie od stężenia w wodzie ani od masy cząsteczkowej [2]. Stosowane są spoiwa o bardzo zróżnicowanej budowie chemicznej, np. dyspersje kopolimerów akrylowo-styrenowych z wbudowaną cząsteczką makromonomeru amfifilowego. Masa cząsteczkowa tych związków dochodzi do miliona u. Akrylopo pochodne spoiwa wodorozcieńczalne otrzymuje się w reakcji kopolimeryzacji emulsyjnej styrenu z akrylanem butylu, kwasem akrylowym i makromonomerem amfifilowym. Poprzez odpowiedni dobór składu chemicznego syntetyzowanego spoiwa (różne procenty wagowe styrenu, akrylanu butylu, kwasu akrylowego oraz rodzaj makromonomeru amfifilowego wbudowane-

go do cząsteczki spoiwa) uzyskuje się różne właściwości spoiwa [3, 4]. Dotyczy to różnic w temperaturach zeszklenia polimerów i kątów zwilżania ceramiki z Al_2O_3 . Ponadto dobierając rodzaj makromonomeru, w zależności od stosunku długości jego części hydrofobowej do hydrofilowej, otrzymuje się zróżnicowanie powinowactwa spoiwa do cząstek ceramicznych zawieszonych w masie lejnej przez bezpośredni wpływ na grubość podwójnej warstwy elektrycznej na granicy faz ziarno ceramiczne-faza ciekła, a tym samym na właściwości reologiczne otrzymywanych mas lejnych. Przekłada się to na ilość osadzonej masy lejnej na jednostkę objętości gąbki, a tym samym na parametry fizyczne otrzymywanych w dalszej kolejności spieków - gęstość pozorną i porowatość otwartą oraz ich wytrzymałość mechaniczną.

Spojwa wodorozcieńczalne zastosowane do sporządzenia ceramicznych mas lejnych, jakie użyte zostały w opisywanych badaniach, wybrano na podstawie literatury oraz wyników wcześniejszych prac prowadzonych w Zakładzie Technologii Nieorganicznej i Ceramiki Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej [5-7].

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Surowce i odczynniki chemiczne wykorzystane w pracy badawczej

- Tlenek glinu A16SG (ALCOA, Aluminium Company of America) o średniej wielkości ziarna $0,5 \mu\text{m}$, powierzchni właściwej $8,28 \text{ m}^2/\text{g}$ (metoda BET) i gęstości rzeczywistej (metoda piknometryczna) $3,968 \text{ g}/\text{cm}^3$,
- Cytrynian diamonu (DAC), cz.d.a., POCh Gliwice, upłynniacz,
- Kwas cytrynowy (CA), cz.d.a., POCh Gliwice, upłynniacz,
- Metakrylan metylu, 99%, Aldrich - monomer reakcji polimeryzacji,
- Nadtlenuk benzoilu, Sigma - katalizator reakcji polimeryzacji,
- 3-aminopropylotrietoksylian, Aldrich - krzemooorganiczny środek preadhezyjny,
- Gąbka poliuretanowa o gęstości $0,0240 \text{ g}/\text{cm}^3$ i średniej wielkości porów około $300 \mu\text{m}$.

Zastosowane spoiwa:

Spojwa akrylopo pochodne, produkcja Zakłady Chem. „Rokita” S.A.:

1. Rokryl 73 B, dyspersja kopolimeru estru metakrylowego,
2. Rokryl SW 4025, dyspersja kopolimeru estrów akrylo- i metakrylowych z grupami amidowymi,
3. Rokryl GA 16, roztwór soli amonowej kopolimeru akrylowego z grupami karboksylowymi,

Spoiwa - dyspersje kopolimerów akrylowo-styrenowych z wbudowaną cząsteczką makromonomeru amfifilowego:

1. O-2 (akrylan butylu 65,0% wag. + styren 28,5% wag. + kwas akrylowy 1,5% wag. + makromonomer L25 5,0% wag.), synteza - Katedra Chemii i Technologii Polimerów Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej;
2. O-3 (akrylan butylu 65,0% wag. + styren 28,5% wag. + kwas akrylowy 5,0% wag. + makromonomer L25 1,5% wag.), synteza - Katedra Chemii i Technologii Polimerów Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej.

Spoiwo handlowe poliuretanowe PU, emulsja poliuretanowa Akwalux, Polifarb Cieszyn S.A.

Wykonanie badań

Ceramiczne tworzywo porowate z tlenku glinu otrzymywano metodą biomimetyczną odwzorowania struktury gąbki. Do nasączenia masami olejnymi użyto miękkiej gąbki poliuretanowej z uwagi na dobrą pamięć kształtu tego materiału, dobrą zwilżalność ceramiczną masą olejną i wypalanie się w stosunkowo niskiej temperaturze bez toksycznych produktów rozkładu i stałych pozostałości. Wycięte z gąbki cylindryczne kształtki dokładnie nasączono przyrządzonymi wcześniej masami olejnymi o zróżnicowanym składzie (nadmiar masy olejnej usunięto przez odcisnięcie) i po wysuszeniu zważono w celu określenia ilości osadzonej masy olejnej na jednostkę objętości gąbki, a następnie wypalano w temp. 1550°C w piecu typu HTC 18/8 firmy Carbolite. Wypalanie prowadzono według następującego programu: od 25 do 800°C wzrost 1°C/min, od 800 do 1550°C wzrost 3°C/min, przetrzymanie w 1550°C - 1 godzina, studzenie - 5°C/min. Spieki zważono i zmierzono w celu określenia gęstości i porowatości. Porowatość otrzymanych kształtek ceramicznych wynosiła od około 73 do 90%.

Wszystkie masy olejne, jakie sporządzono do badań, zawierały fazę stałą - tlenek glinu w ilości 75,0% wag. Do przygotowania mas olejnych użyto kilku spoiw wodorozcieńczalnych, których parametry podano w tabeli 1. Ilość dodanego spoiwa wynosiła 0,5% wag. w stosunku do fazy stałej. Jako upłynniacz dla każdej masy olejnej zastosowana została mieszanina cytrynianu diamonu (DAC) i kwasu cytrynowego (CA) w ilości: DAC - od 0,07% wag. do 0,42% wag., CA - od 0,05% wag. do 0,30% wag. w stosunku do fazy stałej. Dla wszystkich mas olejnych wykonano pomiary naprężenia stycznego w funkcji prędkości ścinania za pomocą lepkościomierza cyfrowego serii DV-I, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. Pomiary lepkości mas olejnych oraz ilości osadzonej masy tlenku glinu na jednostkę objętości gąbki podane są w tabeli 2. Na podstawie uzyskanych wyników, a także oceny wytrzymałości

mechanicznej otrzymanych następnie spieków dokonano optymalizacji składu masy olejnej. Ilość upłynniacza ustalono na 0,28% wag. DAC i 0,20% wag. CA w stosunku do fazy stałej, a do dalszych badań wybrano spoiwo O-3, przy czym dla zbadania wpływu ilości dodanego spoiwa na właściwości reologiczne masy olejnej sporządzono cztery masy o wzrastającej zawartości spoiwa w stosunku do fazy stałej: 0,25, 0,50, 0,75 i 1,00% wag. Wyniki pomiarów zależności naprężenia stycznego od prędkości ścinania, a także ilość osadzonej masy tlenku glinu na jednostkę objętości gąbki oraz porowatość spieków otrzymanych ze sporządzonych mas olejnych o różnej zawartości spoiwa podano w tabeli 3.

Do dalszych badań polegających na zapełnianiu porów uzyskanych spieków ceramicznych polimerem - poli(metakrylanem metylu), obserwacji mikroskopowej otrzymanych kompozytów i oznaczaniu ich parametrów wybrano masę olejną zawierającą spoiwo O-3 w ilości 0,5% wag. w stosunku do fazy stałej (spieki otrzymane z tej masy posiadały najlepszą wytrzymałość mechaniczną).

Ponieważ w toku poprzednich badań nad kompozytami ceramika-polimer zostało potwierdzone, że kompozyty te mają o wiele lepsze właściwości mechaniczne, gdy tworzywo ceramiczne przed wprowadzeniem polimeru pokryte zostanie środkiem preadhezyjnym, wypalone kształtki gotowano przez 1 godzinę w 1% wag. roztworze krzemooorganicznego środka sprzęgającego 3-aminopropylotrietoksylanu w toluenie. Po wysuszeniu do wnętrza porów kształtek wprowadzono metakrylan metylu z dodatkiem inicjatora reakcji polimeryzacji - nadtlenku benzoilu przez zanurzenie kształtek w roztworze mieszaniny polimeryzacyjnej, a następnie prowadzono proces polimeryzacji *in situ* w łaźni wodnej w temperaturze wrzenia monomeru - 100°C. Gdy lepkość mieszaniny zaczęła wzrastać, reakcję przerwano i przeniesiono próbki do suszarki laboratoryjnej na okres jednej doby, gdzie w temp. 80°C reakcja polimeryzacji przebiegła do końca. Dla otrzymanych w ten sposób kształtek kompozytowych zmierzono stopień zapełnienia porów poli(metakrylanem metylu) z zależności

$$S_p = \frac{P_o - P_p}{P_o} \cdot 100\%$$

gdzie:

P_o - porowatość kształtek z ceramicznego tworzywa porowatego, %,

P_p - porowatość kształtek nasyconych polimerem, %.

Proces zapełniania porów polimerem powtórzono jeszcze dwukrotnie, za każdym razem oznaczając wzrastający stopień zapełnienia porów. Wyniki oznaczeń po każdej polimeryzacji umieszczano w tabeli 4.

Mikrostrukturę otrzymanych próbek kompozytowych zbadano z użyciem mikroskopu optycznego przy różnych powiększeniach. Obraz mikroskopowy próbki

wysokoporowatego materiału ceramicznego uzyskany przy powiększeniu 30-krotnym przedstawiono na rysunku 1. Rysunek 2 pokazuje obraz mikrostruktury próbki zawierającej wewnątrz porów polimer organiczny.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki oznaczeń parametrów wybranych spoiw wodorozcieńczalnych, jakie stosowane były w badaniach, przedstawiono w tabeli 1. Na bazie wymienionych wyżej spoiw zostały sporządzone masy lejne, którymi nasycono kształtki z gąbki poliuretanowej, otrzymane w ten sposób próbki następnie suszono i przeznaczono do wypalania. W tabeli 2 zamieszczono wyniki badań tych mas oraz nasyconych nimi kształtek polimerowych.

TABELA 1. Podstawowe parametry wybranych spoiw akrylo-pochodnych (Rokryli), poli(akrylo-styrenowych) (O-2, O-3) i spoiwa handlowego poliuretanowego (PU) używanych do sporządzania mas lejnych z tlenku glinu

TABLE 1. The basic parameters of selected polyacrylic and polyurethane binders used for preparation alumina slurries

Symbol spoiwa	Stężenie polimeru w wodzie % wag.	pH	Temp. zeszklenia T_g , °C	Kąt zwilżania ceramiki Al_2O_3 , °
73B	34,8	2,8	brak danych	44
SW4025	41,2	5,3	brak danych	29
GA16	41,2	6,8	brak danych	34
O-2	32,4	3,5	-7,6	20
O-3	32,4	4,5	1,8	26
PU	32,5	5,0	-32,0	49

TABELA 2. Wyniki badania parametrów mas lejnych i otrzymanych z nich kształtek dla różnych spoiw i różnych ilości dodanego upłynniacza

TABLE 2. Results of studies of slurries and obtained samples with different binders and different amounts of added dispersing agent

Rodzaj użytego spoiwa i ilość upłynniacza	Lepkość przy 0,3 obr/min, Pa·s	Ilość osadzonej masy na jedn. objętości gąbki, g/cm ³
73B + upł.x2	376	0,32
73B + upł.x4	358	0,56
SW4025 + upł.x2	16	0,40
SW4025 + upł.x4	101	0,45
GA-16 + upł.x2	90	0,60
GA-16 + upł.x4	145	0,62
O-2 + upł.x2	247	0,32
O-2 + upł.x4	349	0,41
O-3 + upł.x2	173	0,48
O-3 + upł.x4	227	0,54
PU + upł.x2	15	0,44
PU + upł.x4	74	0,54

W tabeli oznaczenie „upł.x2” dotyczy zawartości DAC - 0,14% wag. i CA - 0,10% wag., oznaczenie „upł.x4” dotyczy zawartości DAC - 0,28% wag. i CA - 0,20% wag. Wyniki badań pokazały, że najlepsze parametry osiągnięto przy zastosowaniu spoiw O-2, O-3 i PU, przy czym masy lejne z dodatkiem spoiwa O-3 dawały spieki o największej wytrzymałości mechanicznej i dlatego spoiwo to wybrano do dalszych oznaczeń. Wyniki badań wpływu ilości dodanego spoiwa O-3 do masy lejnej na jej parametry oraz na parametry otrzymanego z niej tworzywa wysokoporowatego podano w tabeli 3.

TABELA 3. Wpływ ilości spoiwa na wybrane parametry mas lejnych oraz ceramicznych tworzyw porowatych otrzymanych metodą osadzenia ceramicznej masy lejnej na podłożu polimerowym

TABLE 3. Influence of binder amount on selected parameters of slurries and porous ceramic materials obtained by the polymeric sponge method

Ilość dodanego spoiwa O-3	Lepkość przy 0,3 obr/min Pa·s	Ilość osadzonej masy na jednostkę objętości gąbki, g/cm ³	Porowatość próbki %
0,25% wag.	282	0,41 ± 0,03	90,0 ± 0,5
0,50% wag.	354	0,57 ± 0,06	85,8 ± 1,6
0,75% wag.	580	0,43 ± 0,04	89,9 ± 0,9
1,00% wag.	masa nie upłynniała się		

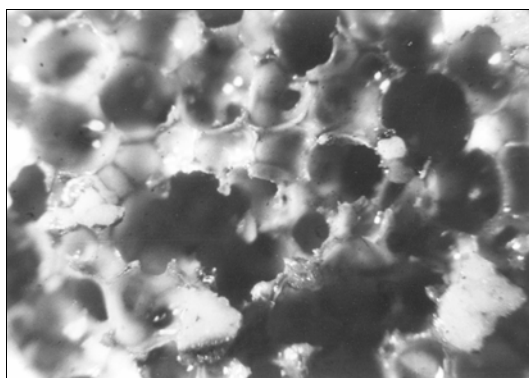
Jak wynika z przeprowadzonych badań, niewielka zmiana ilości dodanego spoiwa znacznie wpływa na właściwości reologiczne otrzymanej masy lejnej, co ilustrują dane przedstawione w tabeli 3. Dla zawartości 1% wag. spoiwa masa lejna nie upłynniała się. Dla masy lejnej zawierającej 0,50% wag. spoiwa w stosunku do fazy stałej otrzymano tworzywo porowate o najlepszych właściwościach mechanicznych, zarazem ilość osadzonej masy tlenku glinu na jednostkę objętości gąbki była największa. Taką zawartość procentową spoiwa w masie uznano więc za optymalną. Dla kształtek z ceramicznego tworzywa porowatego otrzymanych z masy o optymalnym składzie i infiltrowanych następnie poli(metakrylanem metylu) przy użyciu środka preadhezyjnego zbadano zawartość polimeru w porach tworzywa. Wyniki pomiarów stopnia zapełnienia polimerem porów tworzywa porowatego przedstawiono w tabeli 4.

Badanie zakończono po trzeciej infiltracji. Wnikliwa obserwacja przebiegu tego etapu badań oraz podane wyniki obliczeń wskazują, że w zależności od ilości powtórzeń procesu infiltracji porów polimerem oraz od warunków prowadzenia reakcji polimeryzacji (temperatura, ilość dodanego inicjatora, szybkość ogrzewania mieszaniny reakcyjnej) można uzyskać bardzo szeroki zakres stopnia zapełnienia polimerem porów tworzywa, zależnie od potrzeby. Otrzymane opisaną metodą kompozyty przeznaczone będą do dalszych badań.

TABELA 4. Stopień zapelnienia porów ceramicznego tworzywa porowatego polimetakrylanem metylu po kolejnych powtórzeniach procesu polimeryzacji w porach

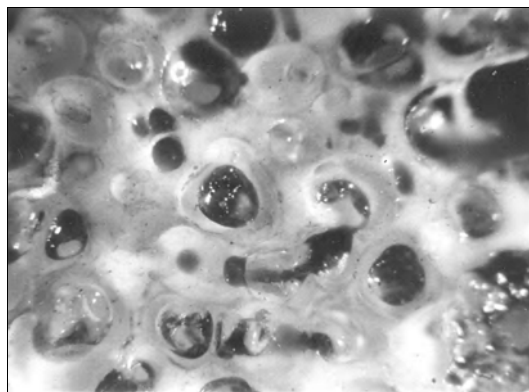
TABLE 4. Filling degree of pores of the porous ceramic material with poly(methyl methacrylate) after following repetitions of the polymerization process

Ilość powtórzeń procesu polimeryzacji <i>in situ</i>	Stopień zapelnienia porów S_p , %
Po pierwszej polimeryzacji	0,8
Po drugiej polimeryzacji	5,5
Po trzeciej polimeryzacji	19,1



Rys. 1. Wysokoporowate tworzywo ceramiczne z tlenku glinu, obraz z mikroskopu optycznego; powiększenie 30x

Fig. 1. Ceramic porous material from alumina, picture from an optical microscope; 30x enlargement



Rys. 2. Ceramiczne tworzywo porowate z tlenku glinu infiltrowane polimerem z dodatkiem środka preadhezyjnego, obraz z mikroskopu optycznego; powiększenie 30x

Fig. 2. Ceramic porous material from alumina infiltrated with the polymer with addition of the pre-adhesive agent; picture from an optical microscope; 30x enlargement

Dodatkowo przeprowadzono badania mikrostruktury uzyskanych kompozytów. Obserwacje mikroskopowe potwierdziły obecność polimeru w różnym stopniu wypełniającego pory ceramicznego tworzywa porowatego. Na rysunku 2 są widoczne warstwy (w formie

pierścieni) polimetakrylanu metylu wyścielającego wnętrze porów tworzywa ceramicznego. Rysunek 1 przedstawia dla porównania przekrój próbki ceramicznej bez polimeru.

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań nad otrzymywaniem ceramicznych tworzyw porowatych metodą osadzania ceramicznej masy lejącej na podłożu z gąbki poliuretanowej wykazały, że w opisany sposób, przy wykorzystaniu wodorocieńczalnych spoiw polimerowych w formie wodnych dyspersji, można otrzymywać tworzywa porowate z tlenku glinu o wysokiej porowatości i jednocześnie o dobrych właściwościach mechanicznych. Takie tworzywa ceramiczne można, w stosunkowo prosty sposób, wypełniać polimerami organicznymi, stosując metodę polimeryzacji *in situ* w porach tworzywa, uzyskując przy tym żądany stopień zapelnienia porów przez polimer.

Praca finansowana przez Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej Nr 503/G/1020/0327.

LITERATURA

- [1] Bassner S.L., Klingenberg E.H., Using Polyvinyl Alcohol as a Binder, *Am. Ceram. Soc. Bull.* 1998, 77, 71.
- [2] Wiśniewski P., Szafran M., Rokicki G., Zastosowanie wodorocieńczalnych spoiw poliuretanowych i akrylowo-allilowych w procesie prasowania tlenku glinu, *Ceramika* 2003, 79, 185.
- [3] Szafran M., Rokicki G., Wiśniewski P., Water Thinnable Polymeric Binders in Die Pressing of Ceramic Powders, *Ceramika* 2000, 60, 229.
- [4] Szafran M., Rokicki G., Effect of Acrylic-Styrene Copolymer Chemical Structure on the Properties of Ceramic Tapes Obtained by Tape-Casting, *J. Am. Ceram. Soc.* 2001, 84, 1231.
- [5] Szafran M., Mikroskopowe i makroskopowe aspekty projektowania ceramicznych materiałów porowatych, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Chemia z. 63, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.*
- [6] Szafran M., Konopka K., Rokicki G., Lipiec W., Kurzydłowski K., Porowata ceramika infiltrowana metalami i polimerami, *Kompozyty (Composites)* 2002, 2, 5, 315-316.
- [7] Szafran M., Lipiec W., Okowiak J., Konopka K., Kurzydłowski K., Nowe kompozyty ceramika - polimer o osnowie z ceramicznego tworzywa porowatego z tlenku glinu, *Kompozyty (Composites)* 2003, 3, 8, 337-342.

Recenzent
Izabella Hyla