
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 20
(styczeń–marzec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok VIII

Warszawa–Opole 2015

CECYLIA DZIUBAK*
PIOTR TAŻBIERSKI**

Tworzywo korundowe modyfikowane związkami ceru

Słowa kluczowe: dwutlenek ceru, modyfikator, spiekalność, tlenek glinu.

Nieliczne informacje literaturowe wskazują na możliwość modyfikacji właściwości fizyczno-mechanicznych tworzyw glinowych za pomocą związków ceru. Dotychczas tlenek ceru znany był jako materiał polerski oraz katalizator procesów chemicznych ze względu na utleniające właściwości jonów Ce^{4+} .

Wykonano badania spiekalności dwóch odmian tlenku glinu z dodatkiem związków ceru. Przedstawiono wyniki twardości, porowatości i wytrzymałości mechanicznej otrzymanych tworzyw i interpretację w zależności od jakości składu fazowego i mikrostruktury.

1. Wprowadzenie

Tworzywa ceramiczne pomimo szeregu użytecznych właściwości fizycznych, jak: twardość, odporność na ścieranie i czynniki chemiczne, ze względu na znaczną kruchość mają ograniczone zastosowanie zwłaszcza w warunkach długotrwałych obciążeń i wstrząsu cieplnego. Dodatek drugiej fazy do tworzywa korundowego, poprzez modyfikację mikrostruktury, powoduje zmiany jego właściwości użytkowych, jak np.: wytrzymałość mechaniczna czy odporność na nagłe zmiany temperatury. Modyfikujące dodatki o rozmiarach nanocząstek mają korzystny wpływ na dyspersję w osnowie tlenku glinu. Innym rozwiązaniem sporządzania wysoko zhomogenizowanych zestawów surowcowych na tworzywa ceramiczne są metody chemiczne, np. zol-żel [1–3].

Do powszechnie znanych dodatków modyfikujących należą m.in.:

– TiO_2 , Ti_2O_3 , MnO , CuO – polepszające spiekalność i regulujące rozrost ziaren tlenku glinu specyficznie w zależności od ilości w zestawie i temperatury wypalania [2, 4];

* Dr hab., prof. ICiMB, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, c.dziubak@icimb.pl

** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, p.tazbierski@icimb.pl

- MgO, MgF₂ – polepszające spiekalność bez rozrostu ziaren tlenku glinu;
- Cr₂O₃, SiO₂, NaF, CaF₂ – obniżające temperaturę spiekalności tworzywa i zmniejszające skłonność ziaren do rozrostu;
- Fe₂O₃ i ZrO₂ – mające niewielki wpływ na spiekalność tworzywa, a zwiększające jego odporność na szok cieplny.

Szczególnie przydatny jest tlenek magnezu polepszający spiekalność, która ujawnia się obniżeniem temperatury i skróceniem czasu spiekania tlenku glinu. Tlenek magnezu w niewielkich ilościach (0,03–0,5% mas.) ogranicza nieciągły rozrost ziaren Al₂O₃, co pozwala na osiągnięcie wysokiej (bliskiej teoretycznej) gęstości pozornej, zapobiega obniżeniu wytrzymałości mechanicznej tworzywa jako podstawowej jego właściwości użytkowej. Dwutlenek ceru, nietoksyczny materiał ceramiczny znany przede wszystkim ze specyficznych właściwości użytkowych, jak: katalityczne i polerskie, od niedawna jest stosowany do modyfikacji właściwości fizycznych tworzywa korundowego [5]. Te właściwości CeO₂, prawdopodobnie związane ze zdolnościami mineralizacyjnymi, są mało znane i rzadko wykorzystywane w odniesieniu do tlenku glinu, a jeszcze rzadziej w stosunku do innych tworzyw ceramicznych.

Do zestawu surowcowego modyfikator cerowy wprowadzany jest zwykle w postaci rozpuszczalnych soli: Ce(NO₃)₃·6H₂O, CeCl₃·7H₂O z wykorzystaniem metod chemicznych (współstrącanie) [5–7], lub dwutlenku CeO₂ w postaci proszku o uziarnieniu nanometrycznym [8–9]. Rola związków ceru w strukturze tworzywa jest różnorodna w zależności od składu bazy i ilości modyfikatora. Niezależnie od formy chemicznej dodatku, w wypalonym tworzywie występuje on w postaci różnej wielkości skupisk CeO₂ zdyspergowanych w strukturze, ale możliwe jest tworzenie fazy CeAlO₃ [5, 8].

Oddziaływanie modyfikatora cerowego na mikrostrukturę tworzywa ujawnia się już w zakresie temperatur 1100–1200°C dodatnim wpływem na efektywność przemian fazowych:

$\eta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \theta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ oraz hamowaniem rozrostu ziaren i pozytywną zmianą właściwości fizyczno-mechanicznych tego tworzywa [5].

Także w przypadku tworzywa kordierytowego związki ceru w ilości od ok. 3% w przeliczeniu na Ce mają widoczny dodatni wpływ na jakość składu fazowego, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia porowatości o kilkanaście procent i zwiększenia wytrzymałości mechanicznej (o ok. 30 MPa) [5, 7]. Powstaje α -kordieryt, podczas gdy w tworzywie bez dodatków występuje μ -kordieryt. W strukturze tworzywa po wypaleniu występuje CeO₂ jako odrębna faza [7, 9].

Obniżanie temperatury spiekania tworzyw ceramicznych z dodatkiem niewielkich ilości związków ceru interpretuje się ich właściwościami topnikowymi. W przypadku glinokrzemianów dodatki ceru oddziałują mineralizująco na two-

rzenie mullitu, co prowadzi do zwiększenia wytrzymałości mechanicznej syntezowanych tworzyw.

Celem prac było badanie wpływu dodatków związków ceru na efekty spiekania tworzywa wysokoglinowego, ocena jego mikrostruktury oraz właściwości fizyczno-mechanicznych. Związki ceru, którym przypisywane są zdolności mineralizujące, powodują obniżenie temperatury spiekania tworzywa korundowego bez ujemnego wpływu na jego właściwości użytkowe, jak np. wytrzymałość mechaniczna.

2. Materiały, wykonanie i metody badawcze

Do badań, jako surowce bazowe, wytypowano dwa rodzaje tlenku glinu (Ex33, GB1) o uziarnieniu mikrometrycznym uzyskanym w wyniku mielenia (tab. 1), a jako dodatki modyfikujące – dwutlenek ceru CeO_2 odmiany (Rhodia, Hefa) o czystości 99,7% (ryc. 1–2) oraz azotany ceru: $\text{Ce}^{\text{III}}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ce}^{\text{IV}}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$.

Odpowiednio do rodzaju dodawanego modyfikatora tworzywa oznaczano symbolami:

„0” – bez dodatków, „R” – dodatek CeO_2 (Rhodia), „H” – dodatek CeO_2 (Hefa), „A” – azotan ceru, „AA” – azotan amonowo-cerowy.

Tabela 1

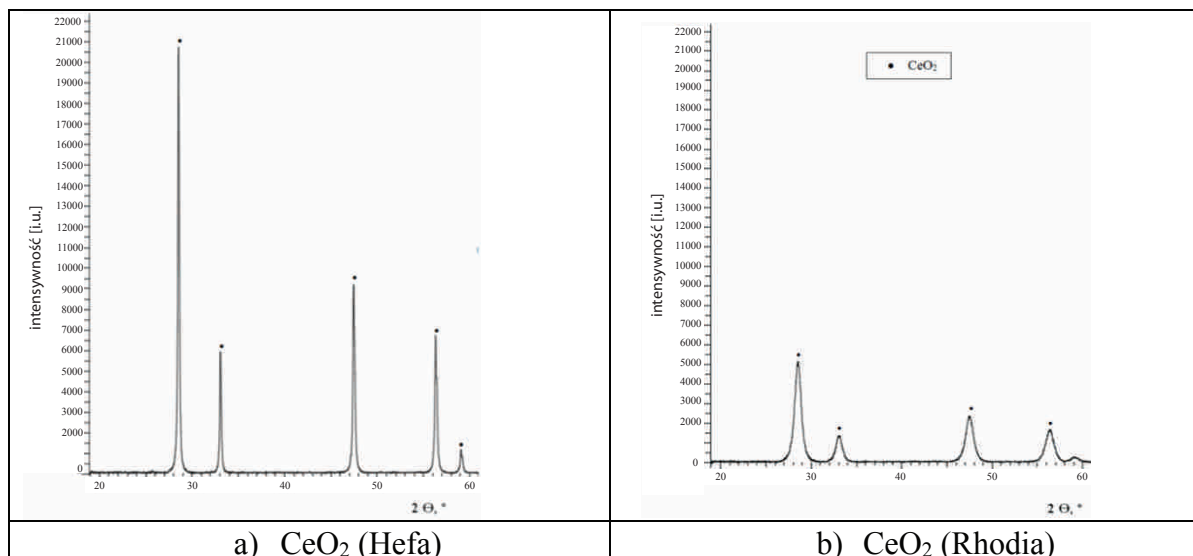
Deklarowane przez producenta właściwości odmian tlenków glinu

Surowiec, symbol	Tlenek glinu Ex33	Tlenek glinu GB1
Producent	MAL	MAL
Skład chemiczny [%]		
Al ₂ O ₃ min.	99,5	99,5
SiO ₂	< 0,05	< 0,03
Na ₂ O, CaO	< 0,32	< 0,33
Fe ₂ O ₃	< 0,025	< 0,03
Udział fazy α -Al ₂ O ₃ [%]	88,0	95,0
Uziarnienie, d_{50} [μm]	1,1–1,6*	1,2–1,6*

* – po zmieleniu w młynie wibracyjnym na mokro.

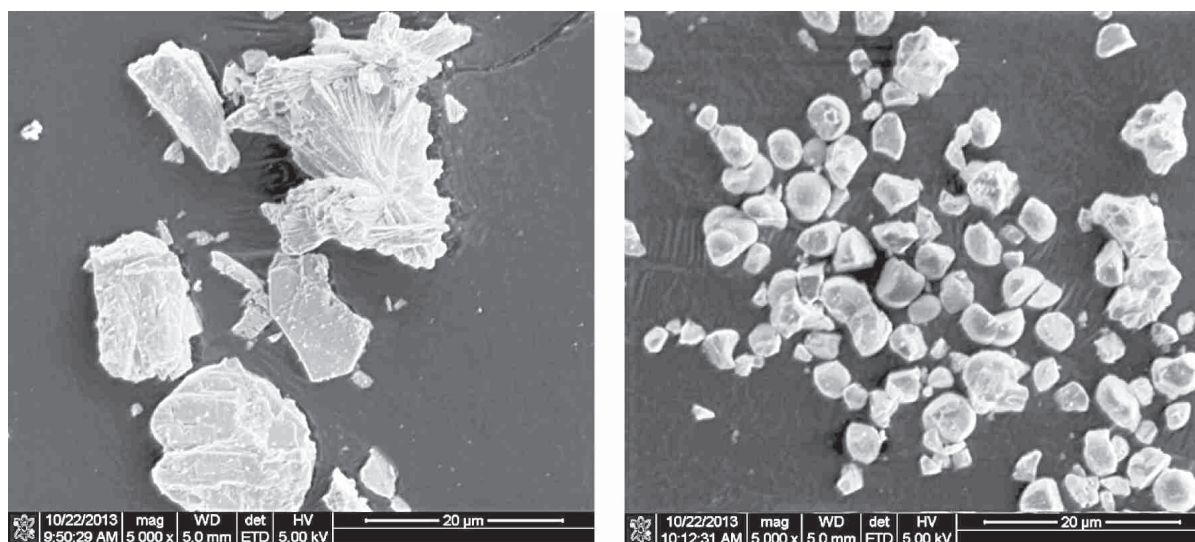
Źródło: Tabele 1–4 opracowanie własne.

Dwutlenek ceru (CeO_2) jest jedyną fazą krystaliczną wykrywalną rentgenowsko w tlenkowym surowcu cerowym (ryc. 1). Refleksy od fazy CeO_2 w odmianie CeO_2 (Rhodia) są bardziej poszerzone niż te same refleksy w próbce CeO_2 (Hefa), co wskazuje na mniejszy rozmiar krystalitów lub mniejszy stopień krystaliczności (ryc. 2). Do badań zastosowano surowiec cerowy zmielony do uziarnienia $d_{50} = 3,29\text{--}3,33 \mu\text{m}$.



Źródło: Ryciny 1–12 opracowanie własne.

Ryc. 1. Dyfraktogramy dwutlenku ceru: a – CeO_2 (Hefa), b – CeO_2 (Rhodia)



Ryc. 2. Obraz SEM odmian dwutlenku ceru zastosowanych do badań

Zestawy surowcowe na bazie tlenków glinu sporządzano z udziałem modyfikatora w ilości 5% mas. w przeliczeniu na CeO_2 . Próbkki badawcze w postaci belek o wymiarach 8 x 8 x 80 mm i krążków \varnothing 46 mm zostały wykonane z zestawów surowcowych mieszanych z dodatkiem środków poślizgowych w laboratoryjnych młynkach na mokro, a po wysuszeniu granulowanych ręcznie przez sito 1 mm. Kształtki formowane były w prasie hydraulicznej przy ciśnieniu 30 MPa, a następnie wypalane w laboratoryjnym piecu w temperaturze wybranej z zakresu 1530–1620°C, przy przetrzymaniu izotermicznym równym 1 godzinie.

Na etapie prac wstępnych stwierdzono, że właściwości tworzyw korundowych wypalanych w jednakowej temperaturze zależą od rodzaju surowca glinowego

oraz od warunków przygotowania zestawu surowcowego: homogenizacja w wodzie i alkoholu (tab. 2).

T a b e l a 2

Właściwości fizyczno-mechaniczne tworzyw glinowych na bazie Ex33 i GB1 w zależności od sposobu homogenizacji i temperatury spiekania*

Symbol próbki	Temperatura spiekania [°C]	Nasiąkliwość W [%]	Porowatość otwarta [%]	Skurczliwość [%]	Gęstość pozorna ρ [g/cm ³]	Wytrzymałość mechaniczna σ [MPa]
Ex33/W	1580	0,04	0,14	20,62	3,88	261,2±22,4
Ex33/A		0,02	0,08	21,53	3,89	280,8±23,0
GB1/W	1580	0,04	0,16	17,20	3,79	182,6±14,6
GB1/A		0,02	0,07	17,80	3,80	248,6±28,1
Ex33/W	1600	0,01	0,04	20,65	3,90	278,4±15,4
Ex33/A		0,01	0,06	21,55	3,91	311,2±25,2
GB1/W	1600	0,01	0,05	17,64	3,85	216,6±20,8
GB1/A		0,01	0,05	18,06	3,87	255,5±23,4
Ex33/W	1620	0,01	0,03	20,70	3,89	289,7±30,3
Ex33/A		0,01	0,02	21,50	3,90	301,4±9,8
GB1/W	1620	0,01	0,05	17,92	3,89	242,4±13,6
GB1/A		0,00	0,00	18,34	3,90	279,5±24,1

* W – mieszanie w wodzie, A – mieszanie w alkoholu.

Z zestawów homogenizowanych w alkoholu uzyskuje się granulaty o lepszych właściwościach prasowniczych, co ma widoczny wpływ na jakość tworzyw otrzymanych z obydwu surowców wyjściowych. W oparciu o wyniki badania właściwości tworzywa korundowego oceniono, że wyższa jest efektywność mieszania w roztworze alkoholu i tę metodę przyjęto do stosowania.

Badania ceramiczne (gęstość pozorną, nasiąkliwość i porowatość otwartą) otrzymanych tworzyw w zależności od temperatury wypalania oznaczano zgodnie z normą PN-EN 623-2 – Techniczna ceramika zaawansowana. Ceramika monolityczna. Właściwości ogólne i strukturalne. Cz. 2. Oznaczanie gęstości i porowatości. Wytrzymałość mechaniczną oznaczono metodą trójpunktowego zginania zgodnie z normą PN-EN 843-1 – Techniczna ceramika zaawansowana. Właściwości ceramiki monolitycznej w temperaturze pokojowej.

Analizę składu fazowego wykonywano metodą dyfrakcji promieni X za pomocą dyfraktometru rentgenowskiego D8 Discover. Dyfraktogramy tworzyw były rejestrowane w zakresie kątowym 2–100 2 θ CuK α ; krok pomiarowy 0,02°, czas zliczeń 1,25 s/krok. Otrzymane wyniki analizowano przez porównanie z dostępnymi bazami danych.

Badania mikroskopowe wykonane zostały za pomocą mikroskopu elektronowego (Nova NanoSEM 200). Obrazowanie mikrostruktury na przelamie wykonano w warunkach wysokiej próżni z zastosowaniem detektora ETD i TLD po uprzednim napyleniu próbek warstwą złota (25 nm).

Wyniki przedstawiono tabelarycznie i graficznie, a interpretację przeprowadzono przez porównywanie wybranych właściwości fizyczno-mechanicznych bazowych tworzyw korundowych z modyfikowanymi.

3. Wyniki badań

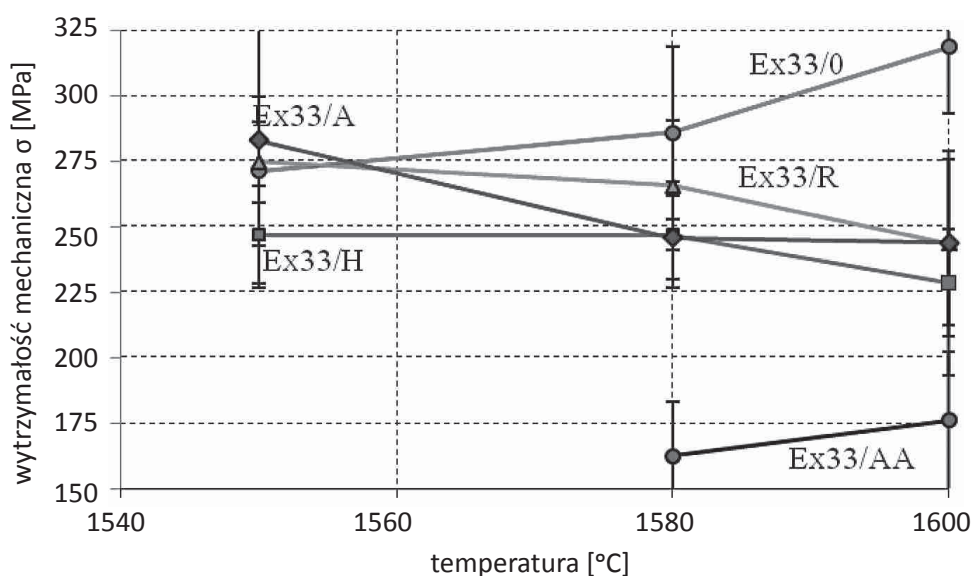
Wyniki badania właściwości tworzywa korundowego modyfikowanego związkami ceru przedstawiono w tabelach 3 i 4 oraz na rycinach 3–6.

Tabela 3

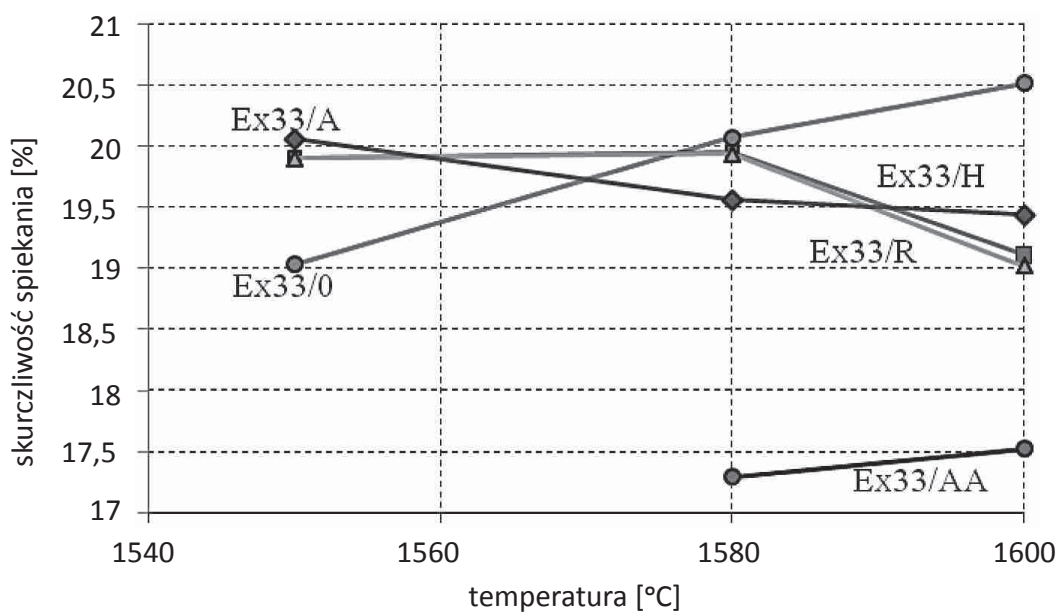
Właściwości tworzywa korundowego na bazie Ex33 spiekanego w temperaturze z zakresu 1550°C–1600°C z dodatkiem modyfikatora cerowego w ilości 5% mas. w przeliczeniu na CeO₂

Temperatura spiekania [°C]	Rodzaj próbki	Nasiąkliwość [%]	Porowatość otwarta [%]	Gęstość pozorna [g/cm ³]	Skurczliwość całkowita [%]	Wytrzymałość mechaniczna na zginanie σ [MPa]
1550	Ex33/0	0,03	0,07	3,89	19,03	271,4±28,4
	Ex33/H	0,02	0,07	3,93	19,91	246,9±18,7
	Ex33/R	0,02	0,08	3,93	19,90	274,8±15,5
	Ex33/A	0,01	0,02	3,94	20,06	283,1±56,4
1580	Ex33/0	0,03	0,11	3,88	20,07	286,0±33,1
	Ex33/H	0,03	0,12	3,89	19,96	246,9±20,2
	Ex33/R	0,02	0,07	3,90	19,94	265,8±24,9
	Ex33/A	0,01	0,01	3,94	19,56	245,9±16,2
	Ex33/AA	0,32	1,24	3,86	17,29	162,5±20,7
1600	Ex33/0	0,01	0,04	3,90	20,52	318,8±25,3
	Ex33/H	0,01	0,04	3,89	19,11	228,6±20,5
	Ex33/R	0,01	0,03	3,89	19,02	243,7±35,5
	Ex33/A	0,01	0,05	3,91	19,44	244,1±31,8
	Ex33/AA	0,15	0,58	3,82	17,52	176,0±26,4

Modyfikacja tworzyw korundowych związkami ceru powoduje zmiany właściwości fizyczno-mechanicznych, których wielkość zależy wyraźnie od formy chemicznej dodatku cerowego i temperatury spiekania materiału. Analiza wyników wskazuje, że dodatek jonów ceru powoduje już w niskiej temperaturze dobre spiekanie tworzywa korundowego, co ujawnia się niższą porowatością i wyższą wytrzymałością mechaniczną niż odpowiednie tworzywa niemodyfikowane. W przypadku bazy Ex33 temperatura 1550°C jest najkorzystniejsza dla spiekania tworzyw modyfikowanych. Zwiększenie temperatury spiekania do 1580°C i 1600°C prowadzi do obniżenia wartości parametru wytrzymałości mechanicznej tworzywa z dodatkami ceru, podczas gdy rosnące są wartości tego parametru dla tworzywa Ex33/0 (ryc. 3 i 4).

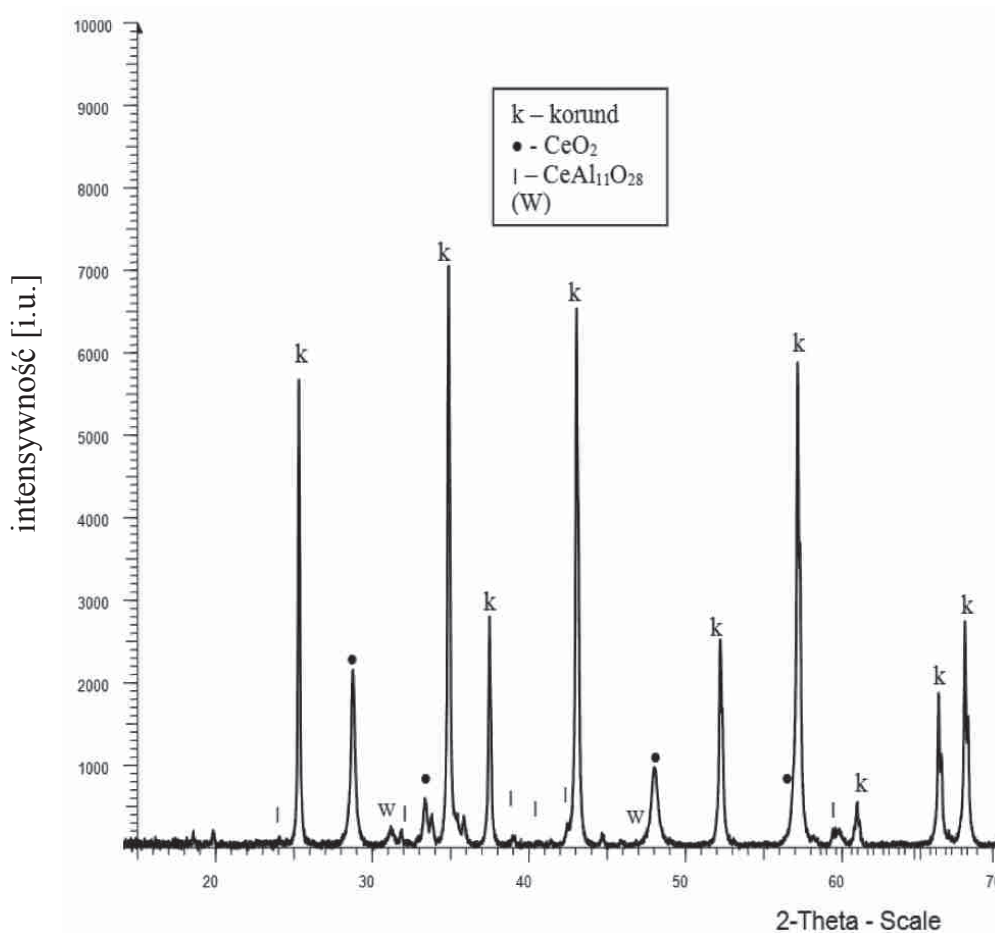


Ryc. 3. Wykres zależności wytrzymałości mechanicznej od temperatury spiekania tworzyw modyfikowanych związkami ceru



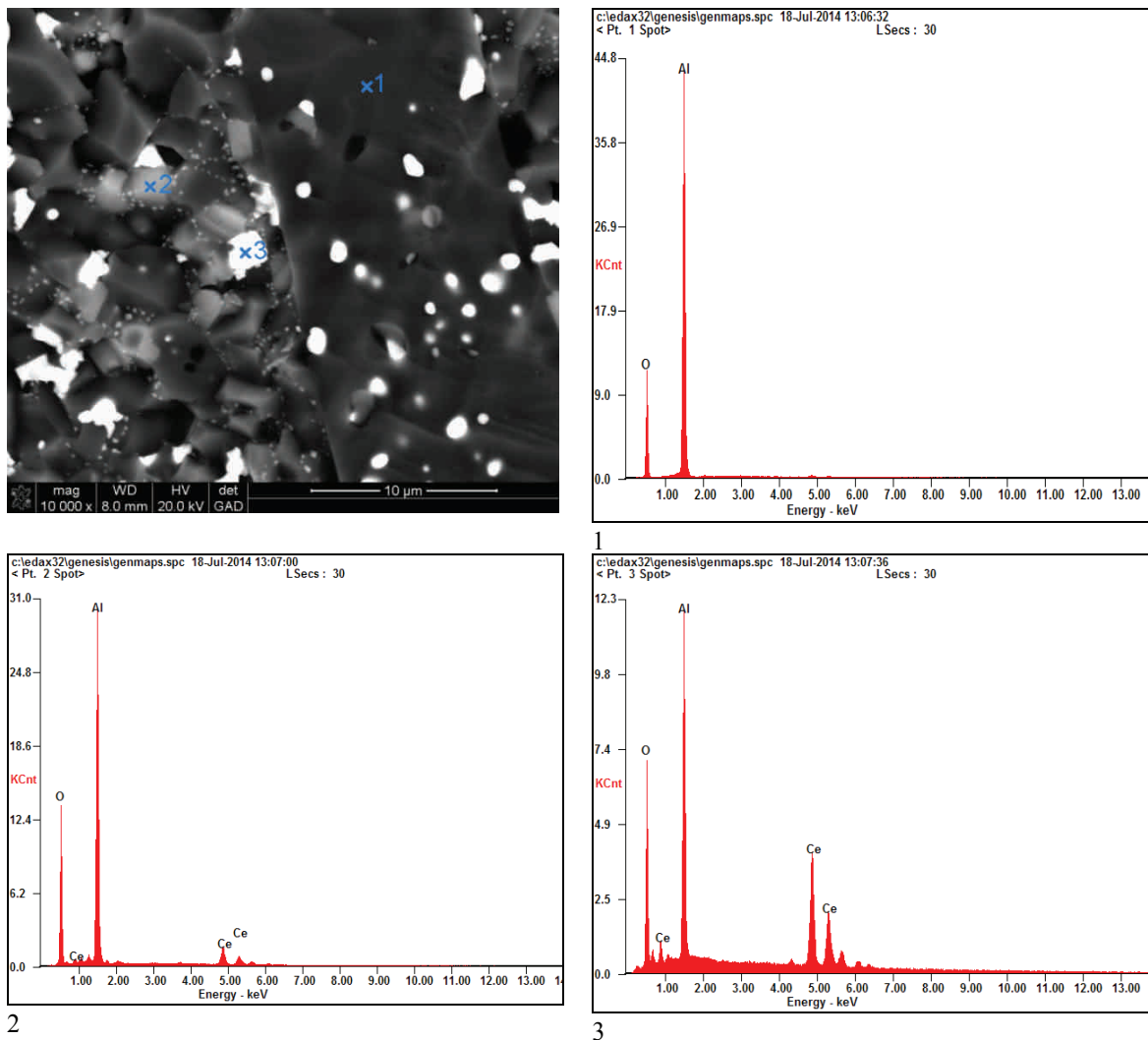
Ryc. 4. Zależność skurczliwości od temperatury spiekania tworzyw korundowych na osnowie Ex33

W modyfikowanym tworzywie korundowym identyfikuje się fazy CeO_2 (około 4%) i $CeAl_{11}O_{28}$ niezależnie od formy chemicznej związków ceru dodawanych do zestawu surowcowego (ryc. 5).



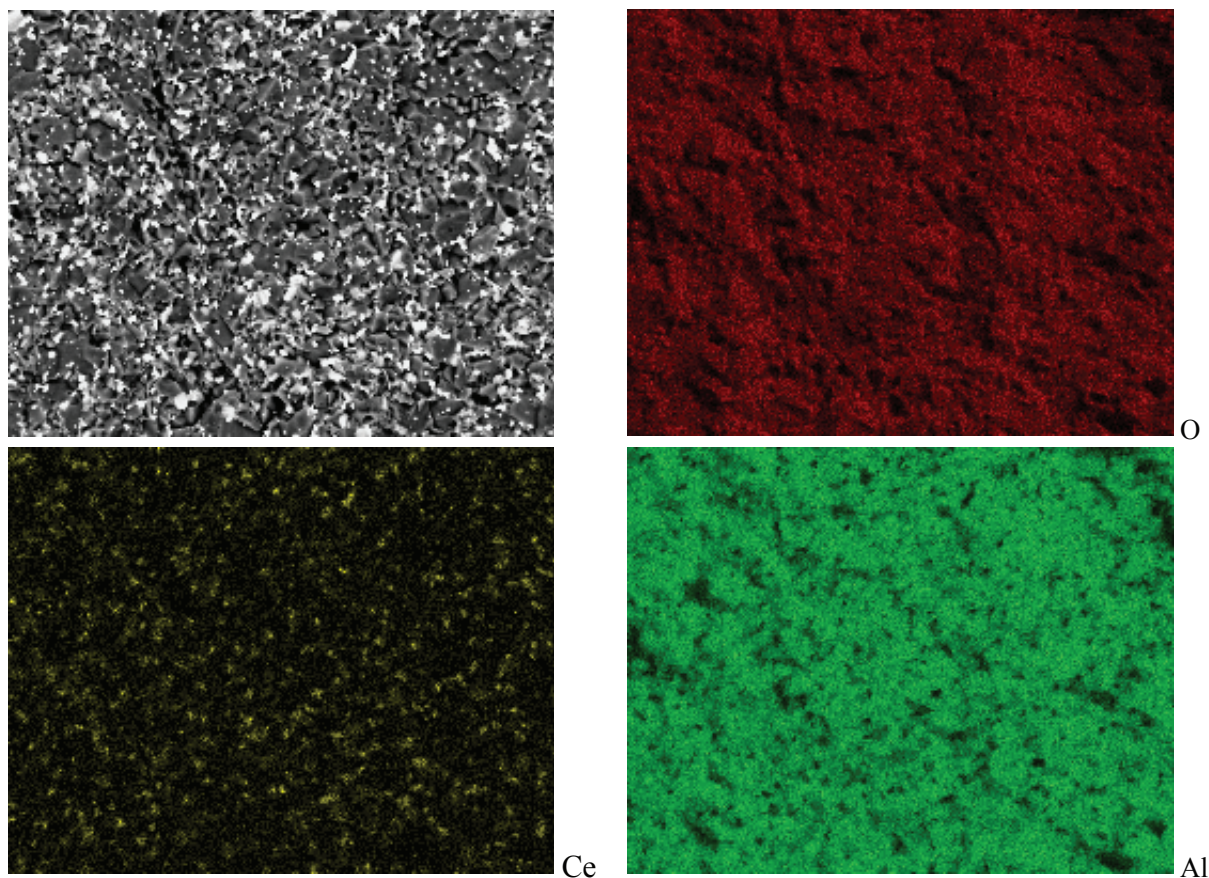
Ryc. 5. Dyfraktogram tworzywa korundowego na bazie Ex33 modyfikowanego CeO_2 (Rhodia), wypalanego w temperaturze 1550°C

Analiza składu chemicznego techniką EDS tworzywa modyfikowanego dodatkami ceru [$\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$] wykazuje obecność faz o zróżnicowanym składzie chemicznym, które identyfikuje się jako: Al_2O_3 (1), $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{28}$ (2) oraz glinowo-cerową fazę o dużej zawartości tlenku ceru (3). Jakościowy skład tych faz (pkt 1, 2, 3 na ryc. 6) wykazuje dobrą zgodność z wynikami badań rentgenowskich (ryc. 5).



Ryc. 6. Mikrostruktura tworzywa korundowego Ex33/A/1550 wraz z analizą EDS w mikroobszarze

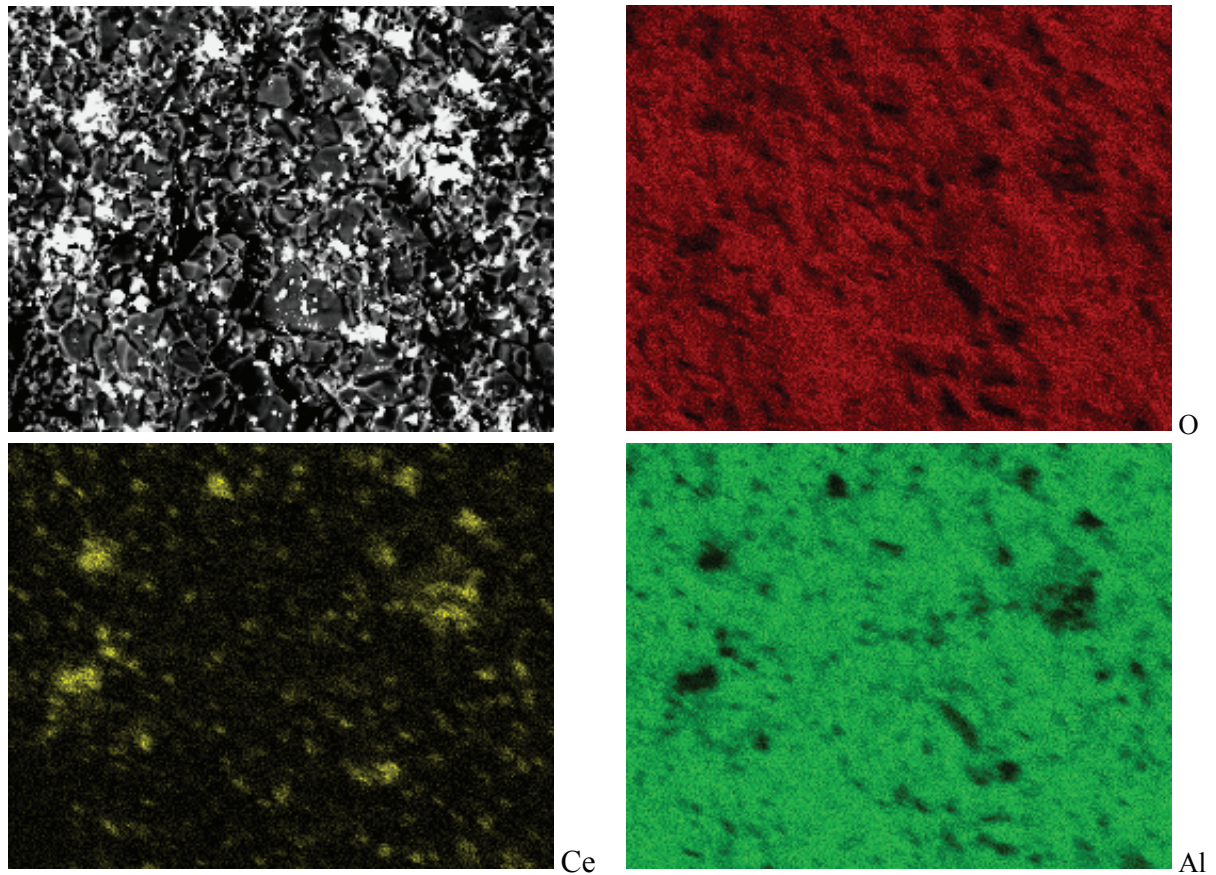
Różnice właściwości fizyczno-mechanicznych tworzyw modyfikowanych, np. Ex33/A, Ex33/R (zestawione w tab. 3), interpretuje się wpływem różnych form chemicznych modyfikatora (soli, tlenku) na jego dyspersję w bazie (tlenek glinu Ex33). Gdy modyfikator dodawany jest do zestawu podczas mieszania na mokro w postaci roztworu soli $[Ce(NO_3)_3]$, następuje równomierne rozproszenie jonów ceru w masie (ryc. 7).



Ryc. 7. Mapa pierwiastków w tworzywie korundowym
wypalonym w temperaturze 1550°C
na bazie Ex33 modyfikowanym azotanem ceru

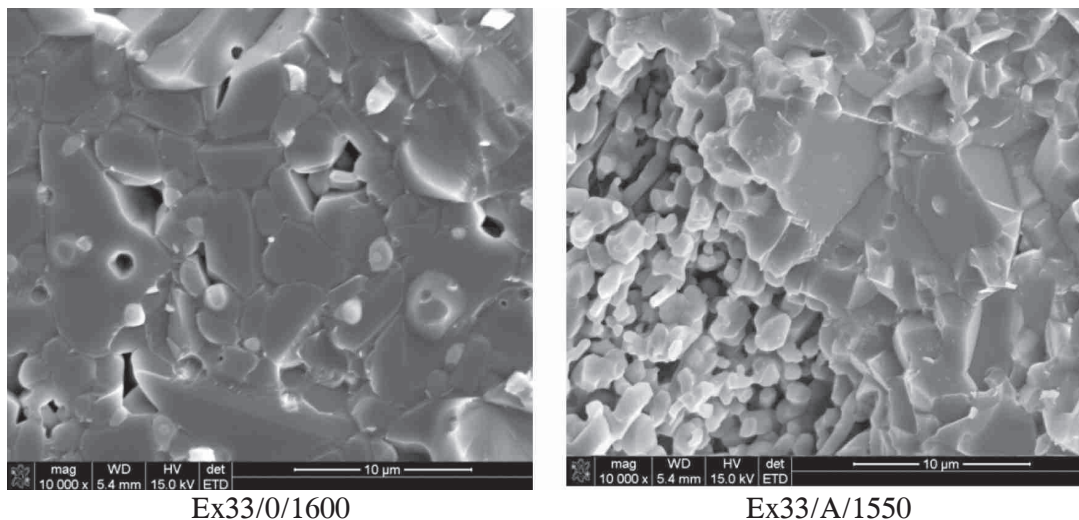
Z badań wynika jednak, że w stosunku do soli ceru są pewne ograniczenia. W przypadku dodawania azotanu amonowo-cerowego (tworzywa Ex33/AA, GB1/AA) przeważają procesy odgazowania, które zwiększają porowatość materiału, powodują rozwarstwienia i odkształcenia niezależnie od temperatury spiekania, a to ma ujemny wpływ na podstawowe właściwości użytkowe tworzywa (tab. 3, ryc. 3–4).

Nie zapewniają dobrej dyspersyjności tlenki ceru mimo bardzo drobnego uziarnienia ($d_{50} \sim 3,3 \mu\text{m}$). Na rycinie 8 widoczne skupienia jaśniejszych plamek, które interpretowane są jako faza dwutlenku ceru. Niejednorodność mikrostruktury ma ujemny wpływ na jakość tworzywa (tab. 3, ryc. 3).



Ryc. 8. Mapa pierwiastków w tworzywie korundowym wypalonym w temperaturze 1550°C na bazie Ex33 modyfikowanym dwutlenkiem ceru (CeO_2 Rhodia) o uziarnieniu mikrometrycznym

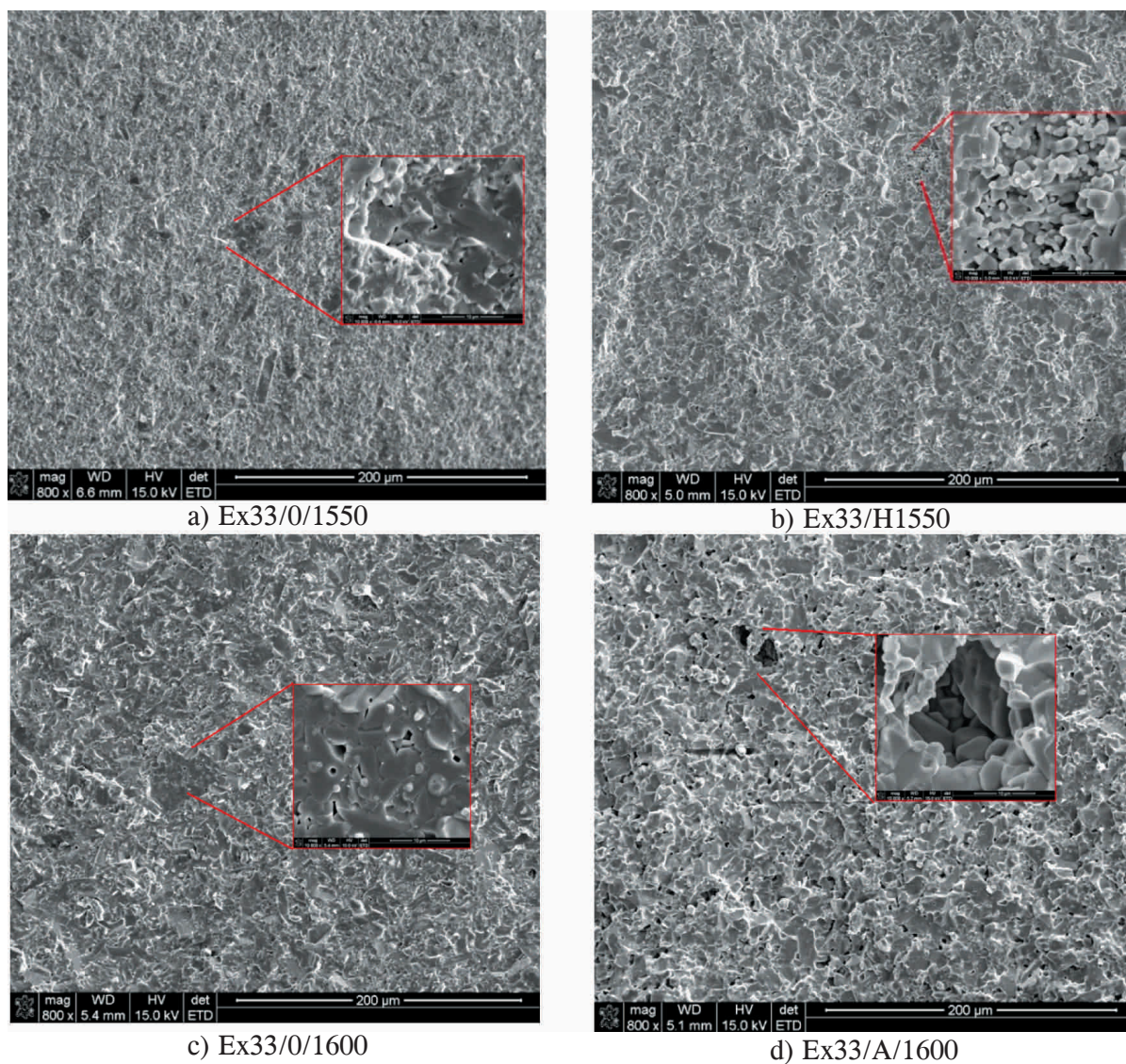
Obserwacja mikrostruktury tworzyw modyfikowanych pokazuje w obszarze oddziaływania CeO_2 drobne ziarna o zaokrąglonych obłych kształtach (ryc. 9–10), co interpretuje się topnikowymi właściwościami CeO_2 . W konsekwencji spiekanie tworzywa modyfikowanego następuje w niższej temperaturze (1550°C), a otrzymany produkt (Ex33/A/1550) ma lepsze parametry użytkowe (np. wyższa wartość wytrzymałości mechanicznej) niż odpowiedni materiał korundowy niemodyfikowany, np. Ex33/0/1550. I dotyczy to także drugiej odmiany badanego tlenku glinu: GB1/H/1530, GB1/H/1550 (tab. 4, ryc. 11).



Ex33/0/1600

Ex33/A/1550

Ryc. 9. Obraz SEM tworzywa korundowego (Ex33/0) i modyfikowanego azotanem ceru (Ex33/A)



a) Ex33/0/1550

b) Ex33/H1550

c) Ex33/0/1600

d) Ex33/A/1600

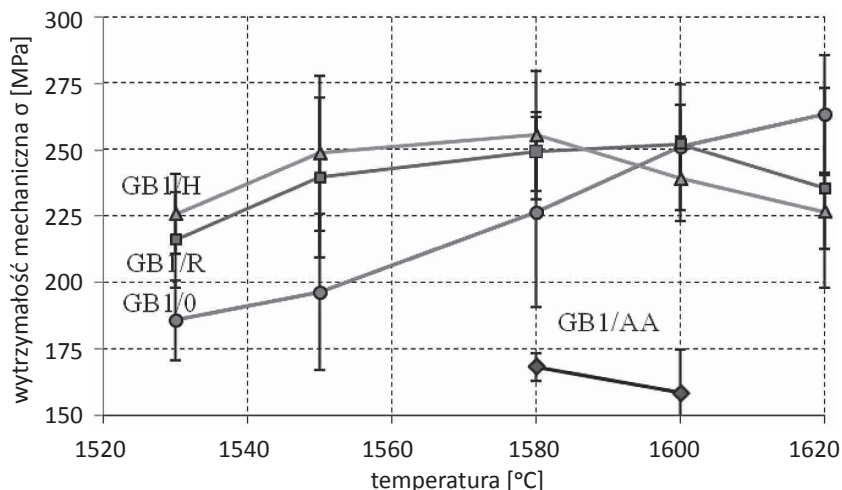
Ryc. 10. Obraz SEM tworzywa korundowego (Ex33/0) i modyfikowanego azotanem ceru (Ex33/A) oraz tlenkiem ceru (CeO_2Hefa) wypalanych w różnej temperaturze

Tabela 4

Właściwości tworzywa korundowego spiekane w temperaturze z zakresu 1530–1620°C z dodatkiem modyfikatora cerowego w ilości 5% mas. w przeliczeniu na CeO₂

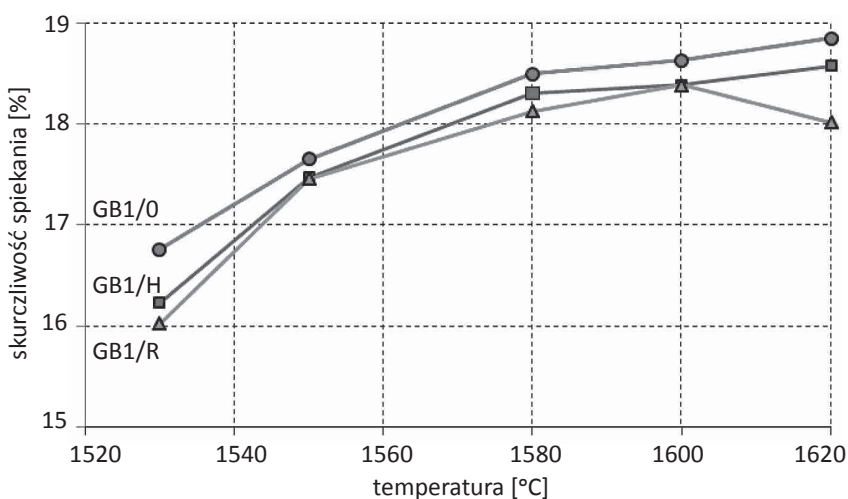
Temperatura spiekania [°C]	Symbol próbki	Nasiąkliwość [%]	Porowatość otwarta [%]	Gęstość pozorna [g/cm ³]	Skurczliwość całkowita [%]	Wytrzymałość mechaniczna na zginanie σ [MPa]
1530	GB1/0	2,11	7,59	3,590	16,76	185,8±15,1
	GB1/H	2,18	7,98	3,661	16,23	225,7±15,1
	GB1/R	2,51	9,04	3,653	16,02	216,1±18,0
1550	GB1/0	0,52	1,91	3,713	17,65	196,3±29,5
	GB1/H	0,02	0,07	3,828	17,47	248,7±29,2
	GB1/R	0,03	0,04	3,886	17,46	239,6±30,2
1580	GB1/0	0,01	0,05	3,829	18,50	226,5±35,7
	GB1/H	0,01	0,06	3,928	18,31	255,7±24,2
	GB1/R	0,08	0,09	3,949	18,13	249,4±14,9
	GB1/AA	0,20	0,74	3,868	b.d.	168,1±5,3
1600	GB1/0	0,02	0,08	3,862	18,63	251,1±23,7
	GB1/H	0,01	0,02	3,966	18,39	239,2±16,0
	GB1/R	0,00	0,01	3,961	18,39	252,3±14,7
	GB1/AA	0,06	0,22	3,903	b.d.	158,4±16,3
1620	GB1/0	0,00	0,00	3,901	18,85	263,4±22,1
	GB1/H	0,01	0,03	3,954	18,58	226,6±13,8
	GB1/R	0,01	0,04	3,963	18,02	235,6±37,8

Stopień spieczenia tlenku glinu GB1 rośnie wraz ze wzrostem temperatury do 1620°C i proporcjonalnie zwiększa się jego wytrzymałość mechaniczna (ryc. 11). Natomiast wytrzymałość mechaniczna tworzywa modyfikowanego tlenkiem ceru jest związana z różnymi właściwościami (krystaliczność, morfologia, ryc. 2) dodawanych tlenków ceru: CeO₂/H, CeO₂/R. Wpływ tych związków na spiekalność tlenku glinu widoczna jest dla zakresu temperatury 1530–1580°C. W tym obszarze maleje nasiąkliwość i porowatość oraz występują zwiększone, w stosunku do tworzywa niemodyfikowanego, wartości wytrzymałości mechanicznej. Dla modyfikowanych materiałów wypalanych w temperaturze wyższej niż 1580°C obserwuje się pogorszenie właściwości użytkowych (ryc. 11).



Ryc. 11. Wykres zależności wytrzymałości mechanicznej od temperatury spiekania tworzywa GB1 modyfikowanego tlenkami i azotanem ceru

Niewielki wzrost porowatości i nasiąkliwości tworzyw na osnowie GB1 spiekanych w temperaturze powyżej 1600°C (tab. 4) oraz zmniejszanie skurczliwości (ryc. 12) może świadczyć o tendencji tworzywa do rozwarstwiania i „puchnięcia”, czego następstwem jest pogorszenie jego parametrów jakościowych. Podobnie jak w przypadku Ex33, zaobserwowane zjawisko obniżania temperatury spiekania tlenku glinu zinterpretowano mineralizującymi właściwościami tlenku ceru.



Rys. 12. Zależność skurczliwości od temperatury spiekania tworzyw korundowych na osnowie GB1 modyfikowanych tlenkami ceru

4. Podsumowanie i wnioski

Wstępne próby modyfikowania tworzywa korundowego związkami ceru pokazują, że:

- dodawany modyfikator występuje w tworzywie w postaci rozproszonych faz CeO_2 i $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{28}$;
- widocznym efektem oddziaływania dodatków jest obniżenie temperatury spiekania tworzywa korundowego o wartości uzależnionej od właściwości bazy i dodawanych związków ceru;
- stopień zdyspergowania dodatków cerowych w bazie zależy od ich formy chemicznej (tlenek, sole) i ma decydujący wpływ na warunki spiekania i fizyczno-mechaniczne cechy tworzywa;
- wskazane byłoby wykonanie badań z innymi udziałami związków ceru w tworzywie Al_2O_3 oraz dodatkami o uziarnieniu nanometrycznym.

Literatura

- [1] Petrowsky V., Haberkow K., *Mechanizm tworzenia się mikrostruktury kompozytów ceramicznych o wysokiej odporności na pękanie lub wysokiej wytrzymałości na zginanie*, „Ceramika” 2008, Vol. 103, s. 405–410.
- [2] Niihara K., Nakahira A., Sekino T., *New nanocomposite structural ceramics*, „Processing Materials Reserch. Society Symposium” 1993, Vol. 285, s. 405–412.
- [3] Klimczyk P., Figiel P., Jaworska L., Bućko M.M., *Wysokociśnieniowe spiekanie nanoproszków w układzie $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$* , „Ceramika” 2008, Vol. 103, s. 459–465.
- [4] Sathiyakumar M., Gnanam F.D., *Influence of MnO and TiO_2 additive on density, microstructure and mechanical properties of Al_2O_3* , „Ceramics International” 2002, Vol. 28, s. 195–200.
- [5] Hassanzadeh-Tabrizi S.A., Taheri-Nassaj E., *Synthesis of high surface area $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ composite nanopowder via inverse co-precipitation metod*, „Ceramics International” 2011, Vol. 37, s. 1251–1257.
- [6] Li H., Xia Ch., Zhu M., Zhou Z., Wei X., Meng G., *Increasing the sinterability of tape cast oxalate-derived doped ceria powder by ball milling*, „Ceramics International” 2007, Vol. 33, s. 201–205.
- [7] Shi Z.M., Bai X., Wang X.F., *Ce^{4+} -modified cordierite ceramics*, „Ceramics International” 2006, Vol. 32, s. 723–726.
- [8] Venancio S.A., De Miranda P.E.V., *Synthesis of $\text{CeAlO}_3/\text{CeO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ for use as a solid oxide fuel cel functional anode material*, „Ceramics International” 2011, Vol. 37, s. 3139–3152.
- [9] Poirier T., Vesteghem H., Di Giampaolo A.R., *Cerium Stabilized Zirconia by mixing hydrothermally synthesized monoclinic zirconia with Cerium Nitrate*, „Key Engineering Materials” 1997, Vol. 132/136, s. 133–136.
- [10] Bradecki A., Jonas S., *Badanie przebiegu reakcji wysokotemperaturowych w układzie $\text{ZrSiO}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$* , „Ceramika” 2008, Vol. 103, s. 559–566.

*CECYLIA DZIUBAK
PIOTR TAŻBIERSKI*

CORUNDUM MATERIAL MODIFIED WITH CERIUM COMPOUNDS

Keywords: cerium dioxide, modifier, sinterability, alumina.

Few information in the literature show possibility of modifying the physico-mechanical characteristic of the alumina material, using cerium compounds. Due to the Ce^{4+} ions' oxidizing properties, cerium dioxide has been known till now as polishing material as well as chemical process catalyst.

Sinterability research, of two different alumina materials with various amounts of cerium salt and cerium dioxide additive, has been done. Hardness, porosity, mechanical strength of received composite as well as discussion, according to the phase composition quality and microstructure, has been presented.