

# Badania możliwości uzyskania barwnych dekoracji nie zawierających związków ołowiu i kadmu dla szkła oświetleniowego i gospodarczego

mgr inż. Barbara Synowiec



Absolwentka Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Specjalizuje się w technologii produkcji środków zdobniczych dla przemysłu ceramicznego i szklarskiego

oraz zagospodarowaniem odpadów szklanych w przemyśle ceramicznym.

e-mail: b.synowiec@icimb.pl

MGR INŻ. BARBARA SYNOWIEC, MGR INŻ. MAŁGORZATA MARECKA,  
MGR INŻ. ROMAN GEBEL, MGR INŻ. ANNA KARAŚ, IZA LECHNA

INSTYTUT CERAMIKI I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH, ODDZIAŁ CERAMIKI I BETONÓW

## 1. CEL BADAŃ

Celem projektu było zbadanie możliwości uzyskania barwnych dekoracji na podłożu szklanym nie zawierających związków ołowiu i kadmu i wypalanych w temperaturze 580–700°C. W barwnych farbach ceramicznych służących do dekorowania podłoża szklanych zawartość topnika wynosi 75–90%, a pigmentów 10–25%. Tak duża zawartość topnika ma decydujący wpływ na wiele właściwości barwnej dekoracji, więc podstawowym problemem do rozwiązania był taki dobór składu topnika, aby dekoracje oparte na tym topniku charakteryzowały się współczynnikiem rozszerzalności termicznej dopasowanym do podłoża, określoną topliwością umożliwiającą zakładany stopień wybliszczenia dekoracji po wypaleniu, odpowiednią siłą krycia oraz odpornością chemiczną. W pracy założono, że opracowane barwne dekoracje będą pozbawione pierwiastków szkodliwych, takich jak ołów i kadm.

## 2. WPROWADZENIE

Obecnie oferowana paleta farb szklarskich przeznaczonych do zdobienia wyrobów szklanych w temperaturze poniżej 700°C obejmuje farby syntetyzowane na bazie topników zawierających związki ołowiu, niektóre także kadmu.

Tlenek ołowiu wpływa najsilniej na obniżenie topliwości i lepkości topnika, ponadto nadaje piękny połysk, sprzyja dobremu rozpływowi z równoczesnym szerokim interwałem topienia, poprawia intensywność barw w farbach i szklkach. Ze względu na silnie toksyczne właściwości w ostatnich latach tlenek ołowiu jest eliminowany z topników.

Opracowana i wytwarzana w Oddziale Ceramiki i Betonów paleta bezołowiowych farb szklarskich przeznaczona jest do zdobienia powierzchni szklanych w procesie formowania w temperaturze 750–900°C. Konieczne zatem staje się poszukiwanie topników niskotopliwych, które znalazłyby zastosowanie jako baza do dekoracji szklarskich wypalanych w temperaturze 580–700°C.

Właściwości topnika w decydującym stopniu wpływają na odporność chemiczną, obecność pęknięć włoskowatych oraz stopień wybliszczenia powierzchni

## STRESZCZENIE

W artykule omówiono badania mające na celu opracowanie topników nie zawierających związków ołowiu i kadmu oraz farb ceramicznych na ich bazie dla szkła oświetleniowego i gospodarczego. Określone zostały parametry fizykochemiczne topników i barwnych dekoracji wraz z ich metodami oznaczania.

## SUMMARY

**Research on the possibilities of obtaining colorful decorations not containing lead and cadmium compounds for lighting and household glass**

In the work the results of research on the development of lead- and cadmium-free fluxes and ceramic colours designed on their basis are presented. The designed colours are for lighting and household use. Physical and chemical parameters of fluxes and colorful decorations were determined. The measuring methods are thoroughly described.

barwnej dekoracji, dlatego opracowanie topnika o odpowiednich parametrach jest kluczowe dla rozwiązania problemu nisko wypalających się farb do powierzchni szklanych.

Podstawowym tlenkiem szklotwórczym topników ceramicznych jest dwutlenek krzemu charakteryzujący się niskim współczynnikiem rozszerzalności cieplnej i bardzo wysoką topliwością i lepkością, co zawdzięcza silnym wiązaniom pomiędzy jonami krzemu i tlenu, Si-O. Aby obniżyć temperaturę topienia dwutlenku krzemu należy spowodować rozluźnienie lub zerwanie części wiązań krzemowo-tlenowych i zastąpić je słabszymi wiązaniami metal-tlen M-O (M-metal) [2, 5].

Jonami, które odgrywają główną rolę w modyfikacji szkła, są jony boru, jony alkaliów – sodu, potasu, litu – i jony metali dwuwartościowych: wapnia, cynku, manganu, ołowiu. Wpływają one nie tylko na topliwość, ale również na współczynnik rozszerzalności cieplnej i odporność chemiczną. W zestawach topników często również znajdują zastosowanie tlenki glinu, cyrkonu i tytanu.

Tlenek boru silnie obniża topliwość, nadaje połysk, zwiększa twardość, zmniejsza skłonność do pęknięć włoskowatych i zapobiega krystalizacji [1].

### SŁOWA KLUCZOWE

topnik ceramiczny,  
farba ceramiczna

### KEYWORDS

ceramic flux,  
ceramic colour

Tab. 1. Składy chemiczne tlenkowe zaprojektowanych topników serii MSG.

Lp.	Symbol próbki	Zawartość [% wag.]									
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+BaO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O +Li <sub>2</sub> O	ZnO	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	MSG/1	30-34	1-3	17-20	3-5	14-16	15-18	2-4	2-4	0-1	1-3
2	MSG/2	30-34	1-3	17-20	3-5	14-16	15-18	2-4	2-4	0-1	4-6
3	MSG/3	30-34	1-3	17-20	3-5	14-16	15-18	2-4	2-4	1-3	0-1
4	MSG/4	30-34	1-3	17-20	3-5	14-16	15-18	2-4	2-4	4-6	0-1
5	MSG/5	34-38	1-3	20-25	3-6	20-25	7-10	1-3	1-3	0-1	0-1
6	MSG/6	30-34	1-3	17-20	3-5	15-17	15-18	2-4	2-4	0-1	0-1
7	MSG/7	34-38	1-4	25-30	0-1	10-15	8-12	1-3	2-4	0-1	0-1
8	MSG/8	38-43	1-3	25-30	0-1	10-14	15-18	1-3	0-2	0-1	0-1
9	MSG/9	34-38	1-3	20-25	0-1	14-16	15-18	2-4	2-4	0-1	0-1
10	MSG/10	38-43	1-3	25-30	0-1	10-14	8-12	2-4	2-4	0-1	0-1
11	MSG/11	38-43	1-3	30-35	7-10	15-17	0-4	0-2	0-2	0-1	0-1
12	MSG/12	34-38	1-3	20-25	5-8	14-16	9-14	2-4	2-4	0-1	0-1
13	MSG/13	34-38	1-3	25-30	2-4	14-16	15-18	2-4	0-2	0-1	0-1
14	MSG/14	34-38	1-3	20-25	3-5	15-19	15-18	2-4	0-2	0-1	0-1

Tlenek sodowy znacznie obniża topliwłość i lepkość, ale pogarsza właściwości mechaniczne i odporność chemiczną, jednocześnie podnosząc współczynnik rozszerzalności cieplnej. Podobne, ale nieco słabsze działanie ma tlenek potasu i litu [1, 6].

Tlenki wapnia, magnezu i cynku oddziałują słabiej niż sód i potas na topliwłość, ale w porównaniu z alkaliami mają mniejszy wpływ na właściwości mechaniczne i chemiczne, a także zmniejszają zdolność do pęknięć włoskowatych. W większych ilościach powodują matowienie powierzchni szkliva bądź farby.

Tlenek glinu jest nieodzownym tlenkiem w każdym prawie topniku, ponieważ podnosi lepkość i topliwłość, poprawia wytrzymałość mechaniczną i odporność chemiczną topnika. Dwutlenki tytanu i cyrkonu poprawiają znacznie odporność chemiczną, ale w większych ilościach powodują męcenie topnika [1, 6].

Trójtlenek antymonu ułatwia topienie i zmniejsza lepkość topnika ceramicznego, może też powodować męcenie topnika. Tlenek molibdenu jest środkiem obniżającym napięcie powierzchniowe, a zatem ułatwiającym wybłyszczenie.

### 3. SUROWCE I MATERIAŁY STOSOWANE DO BADAŃ

Jako surowce do przygotowania topników zastosowano piasek kwarcowy, krzemian cyrkonu, kwas borowy, biel cynkową, krzemian cyrkonu, sodę kalcynowaną, potaż, węgiel litu, węgiel wapnia, wodorotlenek glinu, biel tytanową, trójtlenek antymonu oraz tlenek molibdenu. Do wytopu topników ceramicznych zastosowano surowce o czystości technicznej.

### 4. EKSPERYMENT

Do zaprojektowania składów topników przyjęto następujące założenia:

- parametry procesu topliwłości topników powinny gwarantować wybłyszczenie powierzchni topnika nadrukowanego i wypalnego w temperaturze 580–700°C na podłożu szklanym,
- współczynnik rozszerzalności cieplnej winien gwarantować brak siatki spękań włoskowatych po wypaleniu na powierzchni nadrukowanego topnika, na podłożu szklanym,
- opniki nie będą zawierać w swoim składzie związków ołowiu i kadmu.

Przy projektowaniu składów chemicznych topników uwzględniono właściwości poszczególnych tlenków i rolę, jaką pełnią w topniku.

Biorąc pod uwagę wszystkie właściwości tlenków wchodzących w skład topników ceramicznych zaprojektowano składy chemiczne topników (tabela 1).

Do topników wprowadzano duże ilości tlenków silnie

obniżających topliwłość, takich jak: tlenek boru, sodu, potasu czy litu, aby uzyskać maksymalnie niską topliwłość topnika. W tych przypadkach należy się spodziewać pogorszenia odporności chemicznej, dlatego w celu jej poprawy wprowadzano tlenki glinu, tytanu, cyrkonu.

W zaprojektowanych topnikach zastosowano dodatki tlenku antymonu i molibdenu, które powinny obniżyć wartość napięcia powierzchniowego i ułatwić wybłyszczenie topnika.

Zaprojektowane i wytopione topniki następnie zmielono do uziarnienia wyrażonego wartością średnicy zastępczej  $D(v,0,9)$  poniżej 15 µm.

Wyznaczono temperaturę punktów charakterystycznych procesu topliwłości badanych topników przy użyciu mikroskopu grzewczego z kamerą cyfrową. Wyniki badań zamieszczono w tabeli 2.

Tab. 2. Temperatury charakterystycznych punktów topliwłości wytopionych topników.

Lp.	Symbol topnika	Temperatury punktów charakterystycznych				
		punktu rogów (°C)	punktu beczi (°C)	punktu kuli (°C)	punktu półkuli (°C)	punktu rozplwywu (°C)
1	MSG1	580	610	626	680	705
2	MSG2	616	628	640	680	705
3	MSG3	600	614	638	680	702
4	MSG4	650	664	678	700	727
5	MSG5	580	600	610	641	670
6	MSG6	585	602	634	670	700
7	MSG7	638	660	686	743	790
8	MSG8	640	655	680	740	770
9	MSG9	628	640	660	705	736
10	MSG10	640	650	680	770	806
11	MSG11	665	680	695	730	750
12	MSG12	615	621	637	670	695
13	MSG13	667	678	697	732	750
14	MSG14	580	613	630	670	695

W topniku MSG2 zwiększenie zawartości tlenku antymonu prawie dwukrotnie w stosunku do MSG1 nie spowodowało ani obniżenia parametrów procesu topliwłości, ani nie wpłynęło na poprawę wybłyszczenia, a wręcz przeciwnie. Podobnie nie zaobserwowano wpływu tlenku molibdenu na obniżenie parametrów procesu topliwłości ani na poprawę wybłyszczenia,

Wyniki badania wskazują, że najniższą temperaturę topnienia ma topnik MSG5, który zawiera największą ilość tlenków alkalicznych Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+Li<sub>2</sub>O. Suma tych tlenków zawiera się w przedziale 20–25% przy zawartości krzemionki na poziomie 34–38% i tlenku boru 20–25%.

Biorąc pod uwagę temperaturę mięknięcia topników (temperatura punktu rogów) i temperaturę topienia topników (temperatura punktu półkuli), na największą uwagę zasługują topniki MSG1, MSG2, MSG3, MSG5, MSG6, MSG12 i MSG14.

Wytworzone topniki drukowano na płytkach szklanych metodą sitodruku bezpośredniego i wypalano w opisanych poniżej warunkach:

- 580°C, w cyklu 1 h z przetrzymaniem 15 min
- 650°C, w cyklu 5 min,
- 700°C, w cyklu 5 min.

Uzyskane na płytkach szklanych powłoki poddano ocenie wizualnej pod kątem m.in. wybliszczenia, obecności pęknięć włosowatych i niejednorodności. Wyniki oceny wizualnej zamieszczono w tabeli 3.

Tab. 3. Wyniki oceny wizualnej topników beżolowionych nałożonych na płytkę szklaną, wypalonych w temperaturze 580°C w czasie 60 min, przetrzymanie w maksymalnej temperaturze 15 min, oraz w temp. 650° i 700°C w czasie 5 min, w piecu laboratoryjnym komorowym.

Lp.	Symbol topnika	Jakość powierzchni nadrukowanego i wypalonego topnika			
		wady, np. obecność siatki spękań włosowatych	wybliszczenie wypalonej powierzchni		
			temp. 580°C/ 60 min/ 15 min	temp. 650°C/ 5 min	temp. 700°C/ 5 min
1	MSG1	-	satynowy mat	wybliszczona	dobrze wybliszczona
2	MSG2	-	niedopalona	satynowy mat	satynowy mat
3	MSG3	-	matowa	wybliszczona	dobrze wybliszczona
4	MSG4	-	matowa	wybliszczona	dobrze wybliszczona
5	MSG5	-	matowa	wybliszczona	dobrze wybliszczona
6	MSG6	-	niedopalona	wybliszczona	dobrze wybliszczona
7	MSG7	-	niedopalona	satynowy mat	satynowy mat
8	MSG8	-	matowa	matowa	matowa
9	MSG9	-	matowa	satynowy mat	wybliszczona
10	MSG10	-	matowa	matowa	matowa
11	MSG11	-	niedopalona	matowa	satynowy mat
12	MSG12	-	wybliszczona	wybliszczona	dobrze wybliszczona
13	MSG13	-	niedopalona	matowa	satynowy mat
14	MSG14	-	wybliszczona	wybliszczona	dobrze wybliszczona

Biorąc pod uwagę wyniki oceny wizualnej, topniki oznaczone symbolami MSG12 i MSG14 w temperaturze 580°C są dość dobrze wybliszczone. Topnik MSG1 ma powierzchnię określoną jako satynowy mat, topniki MSG2, MSG6, MSG7, MSG11 i MSG13 oceniono jako niedopalone (ich powierzchnie można łatwo zarysować), pozostałe topniki można zaklasyfikować jako matowe. W temperaturze 650°C topniki MSG2, MSG7–MSG11 i MSG13 zaklasyfikowano jako matowe lub satynowy mat, pozostałe były wybliszczone. Topniki, które zaklasyfikowano jako wybliszczone w temperaturze 650°C, wypalone w temperaturze 700°C były bardzo dobrze wybliszczone, a stopień wybliszczenia przy wypalaniu w 700°C był znacznie wyższy niż przy wypalaniu w 650°C. Na powierzchni żadnego z nadrukowanych topników nie zaobserwowano wad typu siatka spękań włosowatych, pęcherzyki itp.

Topniki nadrukowane i wypalone w temperaturze 650°C/5min w piecu laboratoryjnym komorowym poddano pomiarom parametru nieprzezroczystości przy użyciu spektrofotometru Labscan XE. Parametr nieprzezroczystości jest to wyrażony procentowo stosunek współczynnika odbicia od powłoki leżącej na podłożu czarnym, pochłaniającym promieniowanie, do współczynnika odbicia na podłożu białym, odbijającym promieniowanie. Wartości nieprzezroczystości wynoszą 0–100%. Wartość 0% wskazuje na całkowitą transparentność topnika, zaś wartość 100% na całkowite krycie

(nieprzezroczystość, absorpcję promieniowania) [3]. Wyniki pomiarów zawarto w tabeli 4.

Tab. 4. Zestawienie wyników wartości parametru nieprzezroczystości dla badanych topników beżolowionych wypalonych w temperaturze 650°C/5min w piecu laboratoryjnym komorowym.

Lp.	Symbol topnika	Nieprzezroczystość
1	MSG1	10,3
2	MSG2	20,5
3	MSG3	9,0
4	MSG4	21,4
5	MSG5	10,6
6	MSG6	12,1
7	MSG7	21,8
8	MSG8	13,7
9	MSG9	8,4
10	MSG10	33,3
11	MSG11	59,9
12	MSG12	5,2
13	MSG13	49,9
14	MSG14	4,6

Z tabeli 4 wynika, że najniższą wartość parametru nieprzezroczystości ~5% prezentują dwa topniki MSG12 i MSG14. Pomiaru te są w zgodności z obserwacją wizualną, gdyż te dwa topniki są najbardziej transparentne. Topniki o symbolach MSG4, MSG7, MSG10, MSG11 i MSG13 mają wysoką wartość parametru nieprzezroczystości 21–59,9% i można je określić jako zabilone.

Badanie odporności chemicznej topników do farb na szkło wykonano w oparciu o normę ASTM C 724-81 „Acid resistance of ceramic decorations on architectural– type glass” (Kwasoodporność ceramicznych dekoracji na szkło architektonicznym) [4]. Wyniki badań zawarto w tabeli 5.

Tab. 5. Zestawienie odporności chemicznej (10% kwas cytrynowy/15 min) beżolowionych topników wypalonych w temperaturze 700°C/5min w piecu laboratoryjnym komorowym.

Lp.	Symbol topnika	Klasa odporności na działanie 10% kwasu cytrynowego
1	MSG1	C
2	MSG2	D
3	MSG3	D
4	MSG4	C
5	MSG5	D
6	MSG6	D
7	MSG7	C
8	MSG8	C
9	MSG9	C
10	MSG10	C
11	MSG11	D
12	MSG12	D
13	MSG13	D
14	MSG14	C

Niestety żaden z topników nie wykazał odporności chemicznej na kwas cytrynowy na poziomie klasy A lub B (odporne chemicznie), część topników wykazała odporność klasy C (taka klasyfikacja dopuszcza zastosowanie topnika do farb na szkło np. oświetleniowe), a niektóre powłoki intensywnie oddziaływały z roztworem kwasu cytrynowego i zostały przypisane do klasy D (brak odporności).

W oparciu o przeprowadzone badania – topliwości wartości

parametru nieprzezroczystości, chemoodporności i oceny wizualnej powierzchni nadrukowanych sitodrukiem bezpośrednim topników wypalonych w trzech różnych warunkach temperaturowych – do dalszych prac wytypowano dwa topniki MSG1 i MSG14.

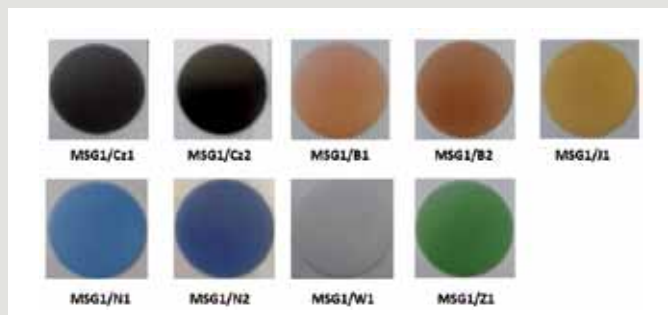
Dla dwóch wytypowanych topników MSG1 i MSG14 wyznaczono metodą dylatometryczną wartości współczynnika rozszerzalności cieplnej w zakresie temperatur 30–440°C. Wartość współczynnika rozszerzalności cieplnej w temperaturze 30–440°C dla topnika MSG1 wynosi  $102,2 \times 10^{-7}$  1/K, zaś dla MSG14 wynosi  $101,5 \times 10^{-7}$  1/K.

Z zastosowaniem wytopionych topników MSG1 i MSG14 sporządzono farby w kolorach żółtym (12% pigmentu), białym (12% bieli tytanowej), zielonym (12% pigmentu), brązowym (12% i 17% pigmentu), czarnym (15% i 20% pigmentu) i niebieskim (15% i 20% pigmentu).

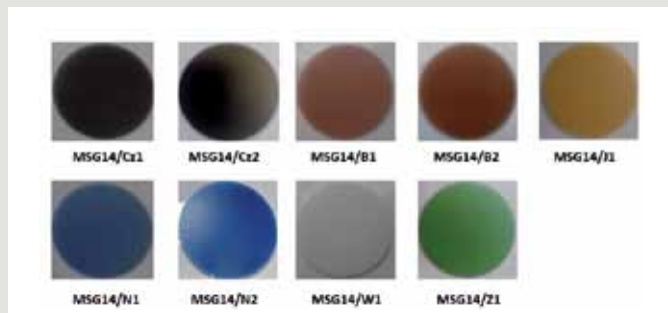
Wytworzone farby drukowano techniką sitodruku bezpośredniego na podłożu szklanym i wypalano w analogicznych warunkach do tych, w których wcześniej wypalano topniki.

Uzyskane barwne powierzchnie farbowe na podłożu szklanym oceniono wizualnie. Powierzchnie farbowe przygotowane zarówno na topniku MSG1, jak i MSG14 wypalone w najniższej temperaturze 580°C miały powierzchnię, którą określono jako satynowy mat, natomiast powierzchnie barwnych farb wypalanych w temperaturze 650°C i 700°C były wybyszczone.

Na rysunku 1 przedstawiono farby ceramiczne do wytwarzania barwnych dekoracji na szkle oparte na topniku MSG1, a na rysunku 2 farby ceramiczne do wytwarzania barwnych dekoracji na szkle oparte na topniku MSG14.



Rys. 1. Farby ceramiczne do wytwarzania barwnych dekoracji na szkle oparte na topniku MSG1.



Rys. 2. Farby ceramiczne do wytwarzania barwnych dekoracji na szkle oparte na topniku MSG14.

Farba czarna wykonana była z udziałem pigmentu w ilości 15 i 20%. Farba z udziałem 15% pigmentu nadrukowana na podłożu szklanym nie była w pełni kryjąca, lecz półtransparentna, zwiększenie ilości pigmentu do 20% poprawiło krycie do wystarczająco dobrego poziomu i nie odbiło się to negatywnie na stopniu wybyszczenia powierzchni farby. Podobnie wyglądała sytuacja z farbą niebieską i brązową.

## 5. PODSUMOWANIE

W ramach badań zaprojektowano i wykonano serię czternastu niskotopliwych topników MSG, stanowiących bazę dla farb ceramicznych do uzyskiwania barwnych dekoracji na szkle. Na wytopionych topnikach wykonano badania parametrów procesu topliwości, wyznaczając temperatury charakterystycznych punktów topliwości. Następnie wytopione topniki zmielono do uziarnienia wyrażonego wartością średnicy zastępczej  $D(v,09)$  poniżej 15  $\mu\text{m}$ . Zmielone i wysuszone topniki zaprawiano zaprawiaczem ZD2 do postaci pasty i nanoszono na płytki szklane za pomocą sitodruku przy zastosowaniu siatki 100T, a następnie wypalano w brzegowych temperaturach założonych w projekcie: 580°C w cyklu 1 h z przetrzymaniem 15 min w maksymalnej temperaturze, 650°C w cyklu 5 min, 700°C w cyklu 5 min. Uzyskane powierzchnie nadrukowanych topników poddano ocenie wizualnej. Nadrukowane i wypalone topniki w temperaturze 650°C/5min w piecu laboratoryjnym komorowym poddano pomiarom wartości parametru nieprzezroczystości. Wykonano badanie odporności na działanie 10% roztworu kwasu cytrynowego.

W oparciu o przeprowadzone badania topliwości wartości parametru nieprzezroczystości, chemoodporności i oceny wizualnej powierzchni nadrukowanych sitodrukiem bezpośrednim topników, wypalonych w trzech różnych warunkach do dalszych prac wytypowano dwa topniki MSG1 i MSG14. Dla dwóch wytypowanych topników MSG1 i MSG14 wyznaczono wartości współczynnika rozszerzalności cieplnej w zakresie temperatur 30–440°C. Wartość współczynnika rozszerzalności cieplnej w zakresie temperatur 30–440°C dla topnika MSG1 wynosi  $102,2 \times 10^{-7}$  1/K, zaś dla MSG14 wynosi  $101,5 \times 10^{-7}$  1/K.

Na bazie wytypowanych topników MSG1 i MSG14 wykonano farby do sporządzania barwnych dekoracji na szkle. W tym celu do zmielonego topnika dodawano pigmenty ceramiczne, a następnie mieszano za mokro w agatowym młynku planetarnym, suszono i pulweryzowano. Wysuszony proszek farbowy zaprawiano do postaci pasty przy użyciu zaprawiacza ZD2. Uzyskane pasty drukowano sitodrukiem bezpośrednim na powierzchni szklanej płytki i wypalano w warunkach takich jak wcześniej topniki. Uzyskano barwne powierzchnie farbowe na podłożu szklanym, które oceniono wizualnie. Farby oparte zarówno na topniku MSG1, jak i MSG14 w najniższej temperaturze wypalania 580°C miały powierzchnię, którą określono jako satynowy mat, natomiast powierzchnie barwnych farb wypalane w temperaturze 650 i 700°C były wybyszczone.

## 6. WNIOSKI

- Spośród zaprojektowanych wytopionych i przebadanych topników wytypowano dwa topniki MSG1 i MSG14, które mogą być używane jako bazy farb ceramicznych do wytwarzania barwnych dekoracji na szkle, wypalanych w temperaturze 580–700°C.
- Odporność chemiczna wytypowanych topników została przypisana do klasy C, co oznacza, że otrzymane farby mogą być zastosowane do wytwarzania dekoracji dla szkła oświetleniowego lub innych, gdzie chemoodporność nie jest wymagana.

## LITERATURA:

- [1] Taylor J. R., Bull A. C., *Ceramics Glaze Technology*, Pergamon Press, 1986
- [2] Kleinrok D., Kordek M., *Technologia ceramiki*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 1981
- [3] Synowiec B., *Sprawozdanie z projektu „Opracowanie metodyki pomiaru barwy dla farb szklarskich”*, 2003
- [4] ASTM C 724-81 „Acid resistance of ceramic decorations on architectural-type glass”, 2000
- [5] Shinkareva V., Eremet'ko N. V., *Low-melting lead-free fluxes for enamels deposited on glass*, „Steklo i Keramika”, 6, 29–31, 2006
- [6] Appen A. A., *Żaroodporne powłoki nieorganiczne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1967