

Badanie wpływu promieniowania mikrofalowego na temperaturę pigmentów ceramicznych i powierzchni naczyń ceramicznych pokrytych barwnymi szklami

MGR INŻ. ROMAN GEBEL, MGR INŻ. BARBARA SYNOWIEC

INSTYTUT CERAMIKI I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH, ODDZIAŁ CERAMIKI I BETONÓW,
UL. POSTĘPU 9, 02-676 WARSZAWA

1. WSTĘP

Często spotykamy się ze zjawiskiem, że naczynie ogrzewane w kuchence mikrofalowej osiąga wysoką temperaturę, podczas gdy jego zawartość pozostaje chłodna. Dzieje się tak niejednokrotnie również w przypadku naczyń ceramicznych oznakowanych jako przeznaczone do stosowania w kuchenkach mikrofalowych. Można zaobserwować, iż wielkość tego efektu dla takiego samego modelu naczynia bywa uzależniona od barwy wyrobu ceramicznego. Dlatego biorąc pod uwagę, że wyroby pochodzą z jednej serii i od jednego producenta należy domniemywać, że za takie, a nie inne zachowanie wyrobu odpowiada użyty w dekoracji pigment ceramiczny.

Dostępna w momencie realizacji projektu literatura nie zawierała doniesień dotyczących oddziaływania mikrofal z pigmentami ceramicznymi. Producenci pigmentów również do tej pory nie odnoszą się do tych właściwości swoich wyrobów.

Możliwości przetwarzania ceramiki przez ogrzewanie mikrofalowe zostały opisane już ponad 60 lat temu przez Hippela (1954 r.), a badania eksperymentalne dotyczące przetwarzania mikrofalowego ceramiki rozpoczęto w połowie 1960 r. [1]. Od tego czasu publikowano wyniki badań odnośnie spiekania mikrofalowego i łączenia ceramiki [5, 6]. Aktywność badaczy w tym zakresie wzrosła w połowie lat 70. ubiegłego stulecia z powodu niedoborów gazu ziemnego, co ukierunkowało badania na spiekanie mikrofalowe niektórych materiałów ceramicznych w latach 1970–1980.

Celem pracy było zbadanie wpływu promieniowania mikrofalowego, generowanego przez mikrofalowe urządzenia grzewcze domowego użytku, na wybrane środki zdobnicze zawierające w składzie pigmenty ceramiczne produkowane w Zakładzie Doświadczalnym Środków Zdobniczych.

Wynikiem miała być odpowiedź na pytanie, czy można zaobserwować wpływ poszczególnych pigmentów ceramicznych, a więc pośrednio barwy dekoracji na parametry użytkowe naczyń przeznaczonych do stosowania w kuchenkach mikrofalowych.

SŁOWA KLUCZOWE

mikrofałe, ceramika, pigmenty, naczynia

KEYWORDS

microwaves, ceramics, pigments, dishes

mgr inż. Roman Gebel



Absolwent Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej na kierunku Technologia Chemiczna. Pracuje w Zakładzie Doświadczalnym Środków Zdobniczych Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

Zajmuje się m.in. opracowywaniem technologii pigmentów ceramicznych do barwienia szklów, emalii i mas ceramicznych. Pełni także funkcję Technologa i Specjalisty ds. Badań i Kontroli Jakości.
e-mail: r.gebel@icimb.pl

mgr inż. Barbara Synowiec



Technolog materiałowy, zastępca kierownika Zakładu Doświadczalnego Środków Zdobniczych ICiMB w Warszawie i kierownik Sekcji Produkcji Pigmentów, Fryt i Szklów. Specjalizuje się w technologii produkcji środków zdobniczych dla przemysłu ceramicznego i szklarskiego.

e-mail: b.synowiec@icimb.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu promieniowania mikrofalowego generowanego przez urządzenia grzewcze, w paśmie częstotliwości 2,40–2,48 GHz, na pigmenty ceramiczne wytworzone w Zakładzie Doświadczalnym Środków Zdobniczych, Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych. Praca oparta była na przesłance, że efekty cieplne wynikające z oddziaływania mikrofal na barwione wyroby ceramiczne w dużej mierze wynikają z zawartych w nich pigmentów ceramicznych.

Potwierdzono znaczący wpływ mikrofal na pigmenty ceramiczne. Jednak w gotowym wyrobie udział pigmentów jest częścią całej masy i wobec złożoności zjawisk fizycznych zachodzących w czasie ogrzewania mikrofalowego ich wpływ może zostać niezauważony. Pomimo tego wytypowano spośród posiadanego asortymentu pigmenty predysponowane do stosowania w wyrobach przeznaczonych do kuchenek mikrofalowych i takie, których zastosowanie jest niewskazane.

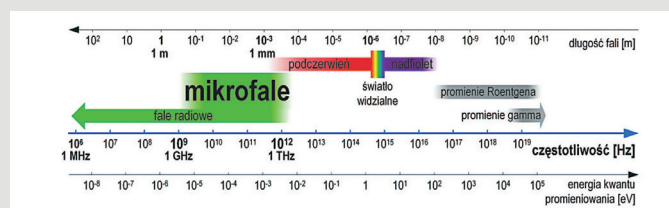
SUMMARY

Studying the impact of microwave radiation on the temperature of ceramic pigments and surfaces of colour-enameled ceramics

The article presents the results of studies on the impact of microwave radiation, generated by heating devices in the 2.40-2.48 GHz frequency band, on ceramic pigments produced at the Laboratory for Decorative Materials of the Institute of Ceramics and Building Materials. This work has been based on the premise that thermal effects resulting from the impact of microwaves on coloured ceramic products are mainly caused by ceramic pigments contained in them. A significant impact of microwaves on ceramic pigments has been confirmed. However, in a finished product a pigments' share is a part relative to the entire mass and due to complexity of physical processes occurring during the microwave heating, their impact may go unnoticed. In spite of this, pigments predisposed to be applied in products intended for microwave ovens and pigments the use of which is not recommended have been selected from among the offer held in stock.

1.1. Promieniowanie mikrofalowe

Mikrofałe to fale elektromagnetyczne o długości w zakresie od 1 m do 1 mm, które odpowiadają częstotliwości od 0,3 do 300 GHz. Ten zakres częstotliwości leży, w zakresie widma elektromagnetycznego tuż nad falami radiowymi i poniżej światła widzialnego [1].



Rys. 1. Umieszczenie promieniowania mikrofalowego wśród innych fal elektromagnetycznych [2].

Częstotliwości z tego zakresu są używane przez telefonię komórkową, radary i łączność satelitarną. Oddziaływanie pola elektromagnetycznego mikrofal z materiałem może wywołać szereg efektów, a mikrofałe mogą być: odbijane, absorbowane i/lub przepuszczone przez materiał. W przewodnikach elektrony poruszają się pod wpływem mikrofal, co skutkuje przepływem prądu elektrycznego. Przepływ elektronów nagrzewa materiał rezystancyjnie. Jednak w dużej mierze mikrofałe są odbijane od metali, zatem takie materiały nie są skutecznie podgrzewane przez mikrofałe.

W izolatorach elektrony nie płyną swobodnie, ale reorientacja i zniekształcenia indukowanych lub stałych dipoli prowadzą do ogrzania materiału. Ponieważ mikrofałe generują szybko zmieniające się pole elektryczne, dipole w nieprzewodnikach szybko zmieniają kierunki. Jeśli zmiana pola elektrycznego ma miejsce z częstotliwością bliską częstotliwości naturalnej, przy której może wystąpić reorientacja, maksymalna ilość energii mikrofal jest zużywana do podniesienia temperatury.

2. Część doświadczalna

Odnosnie badań wyrobów ceramicznych w kuchenkach mikrofalowych stosuje się normę dotyczącą badań gotowych wyrobów w oddziaływaniu z mikrofalami (PN-EN 15284:2008 „Materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z produktami spożywczymi – Metody badań odporności ceramicznych, szklanych, z tworzywa szklano-ceramicznego i tworzywa sztucznego naczyń kuchennych nagrzewanych mikrofalowo”) [3].

2.1. Aparatura zastosowana do badań

W badaniach przedstawionych w niniejszym opracowaniu zastosowano kuchenkę mikrofalową o parametrach zestawionych w poniższej tabeli.

Moc znamionowa kuchenki	800 W
Częstotliwość mikrofal	2450 MHz
Stopniowanie mocy kuchenki	10 poziomów co 10%
Pojemność kuchenki	~22 l

Tab. 1. Zestawienie istotnych parametrów stosowanej w pracy kuchenki mikrofalowej (dane producenta).

Do pomiaru temperatury badanych wyrobów, norma zaleca stosowanie przyrządu do pomiaru temperatury powierzchniowej, zawierającego termometr elektryczny z czujnikiem metalowym o nieznaczącej pojemności cieplnej (dokładność przyrządu co najmniej $\pm 1^\circ\text{C}$).

W opisanych badaniach zastosowano jednak pomiar za pomocą „laserowego termometru bezdotykowego” BESTONE BE1150 o następujących parametrach:

- Zakres pomiaru: $-50\text{--}1150^\circ\text{C}$
- Rozdzielczość wyświetlacza: $0,1^\circ\text{C}$
- Dokładność: $0\text{--}1150^\circ\text{C} \pm 1,5^\circ\text{C}$
- Czas pomiaru: 0,5 sekundy
- Optyka: 20:1

Ten termometr radiacyjny umożliwia bezdotkowy pomiar temperatury obiektu. Dzięki temu można mierzyć temperaturę ciał szybko przemieszczających się, o bardzo wysokiej temperaturze lub trudnodostępnych.

2.2. Metody badawcze

I etap prac zawierał badanie samych pigmentów ceramicznych wybranych z palety produkowanej w ICiMB, przez pomiar przyrostu temperatury pigmentów po określonym czasie oddziaływania mikrofal.

II etap to zbadanie wpływu pigmentów na zachowanie szkliwa porcelitowego na wyrobach ceramicznych podczas ogrzewania w urządzeniu mikrofalowym. Kryterium oceny były wymagania normy PN-EN 15284:2008, odnoszące się do maksymalnej temperatury powierzchni ceramiki.

Badanie wyrobów ceramicznych stosowanych w kuchenkach mikrofalowych przeprowadza się wg metodyki opisanej we wspomnianej normie. Naczynie jest poddawane nagrzewaniu mikrofalowemu przez krótki i długi okres, w obecności wody znajdującej się w tylnym rogu kuchenki, na zewnątrz próbki.

Celem normy badań jest wyeliminowanie:

- naczyń, które mogłyby spowodować uszkodzenie kuchenki mikrofalowej (niemetalowe naczynia z metalowymi ozdobami mogą spowodować powstanie łuku elektrycznego; porowate naczynia ceramiczne mogą wchłaniać wodę, która wewnątrz czerepu nagrzewałaby się bardzo szybko podczas gotowania w kuchence mikrofalowej i osiągając wysoką temperaturę oraz ciśnienie mogłoby spowodować rozerwanie naczyń);
- naczyń, które mogą być uszkodzone podczas nagrzewania mikrofalowego;
- naczyń z uchwytami, których temperatura podczas krótkiego okresu nagrzewania wzrasta powyżej wartości pozwalającej na bezpieczne trzymanie. Temperatury umożliwiające bezpieczne trzymanie naczyń przez 1 min zostały określone w EN ISO 13732-1: „Ergonomia środowiska termicznego – Metody oceny reakcji człowieka na dotknięcie powierzchni – Część 1: Powierzchnie gorące” [4] i wynoszą: dla ceramiki, tworzywa szklano-ceramicznego lub szkła 56°C , a dla tworzyw sztucznych 60°C .

Przed wykonaniem badania określa się moc wyjściową mikrofal w warunkach określonych w normie. Pomiar polega na ogrzaniu 1000 g wody, w standardowym pojemniku, przez określony czas i obliczeniu, z różnicy temperatur, mocy emitowanej przez kuchenkę mikrofalową.

Po określeniu mocy wyjściowej oblicza się czas potrzebny do uzyskania wartości energii określonej w normie, to jest 72 000 J dla krótkiego okresu ogrzewania i 468 000 J dla długiego okresu ogrzewania, za pomocą następującego wzoru:

$$t = \frac{E}{P} \quad (1)$$

gdzie:

t – wymagany czas w sekundach;

P – moc wyjściowa kuchenki mikrofalowej w watach;

E – uzyskana energia w dżulach.

2.3. Opis wykonania

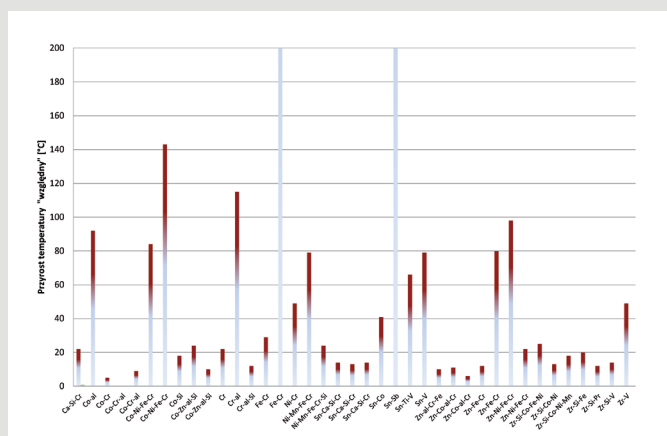
2.3.1. Badanie oddziaływania mikrofal na pigmenty ceramiczne

Pierwsza seria badań wykazała efekty oddziaływania samych pigmentów z mikrofalami. Próby przeprowadzone zostały poprzez umieszczenie 100 g badanego pigmentu na płaskiej powierzchni w kształcie koła o średnicy 11 cm. Próbkę, po umieszczeniu w centrum kuchenki mikrofalowej, poddano działaniu pełnej mocy mikrofal przez 120 s. Natychmiast po zakończeniu ogrzewania dokonano pomiaru temperatury za pomocą termometru optycznego w ośmiu losowo wybranych punktach próbki.

Uzyskane uśrednione wyniki pomiarów zestawione są w tabeli 2.

Tab. 2. Przyrost temperatury pigmentu, od temperatury pokojowej, pod wpływem oddziaływania mikrofal w czasie 120 s.

L.p.	Symbol pigmentu	Temperatura powierzchni próbki [°C]	Przyrost temperatury od temp. otoczenia 26°C [°C]	Różnica od najmniej ogrzanej próbki (11107) [°C]	Podstawowy skład pierwiastkowy
1	11008	56	30	22	Cr
2	11107	34	8	0	Co-Cr-Al
3	11131	39	13	5	Co-Cr
4	11165	56	30	22	Ca-Si-Cr
5	11182	83	57	49	Ni-Cr
6	12204	58	32	24	Co-Zn-Al-Si
7	12205	52	26	18	Co-Si
8	12209	43	17	9	Co-Cr-al
9	12212	44	18	10	Co-Zn-Al-Si
10	12217	48	22	14	Zr-Si-V
11	12250	75	49	41	Sn-Co
12	12257	45	19	11	Zn-Co-al-Cr
13	12259	40	14	6	Zn-Co-Al-Cr
14	13608	83	57	49	Zr-V
15	13615	113	87	79	Sn-V
16	13618	100	74	66	Sn-Ti-V
17	13670	46	20	12	Zr-Si-Pr
18	14808	118	92	84	Co-Ni-Fe-Cr
19	14810	177	151	143	Co-Ni-Fe-Cr
20	14823	63	37	29	Fe-Cr
21	14840	113	87	79	Ni-Mn-Fe-Cr
22	15008	47	21	13	Zr-Si-Co-Ni
23	15707	59	33	25	Zr-Si-Co-Fe-Ni
24	15720	52	26	18	Zr-Si-Co-Ni-Mn
25	15735	>500	>500	>500	Sn-Sb
26	16336	44	18	10	Zn-Al-Cr-Fe
27	16360	46	20	12	Zn-Fe-Cr
28	16362	58	32	24	Ni-Mn-Fe-Cr-Si
29	16372	132	106	98	Zn-Ni-Fe-Cr
30	16375	56	30	22	Zn-Ni-Fe-Cr
31	17502	54	28	20	Zr-Si-Fe
32	18100	48	22	14	Sn-Ca-Si-Cr
33	18102	47	21	13	Sn-Ca-Si-Cr
34	18520	48	22	14	Sn-Ca-Si-Cr
35	26004	114	88	80	Zn-Fe-Cr
36	31008	149	123	115	Cr-Al
37	31009	46	20	12	Cr-Al-Si
38	32201	126	100	92	Co-Al
39	34119	>500	>500	>500	wFe-Cr



Rys. 2. Temperatura pigmentów pogrupowanych wg składu pierwiastkowego.

Dwa pigmenty: szary o symbolu 15735 i czarny o symbolu 34119 rozgrzewały się w centrum warstwy do temperatury jasnego żaru. W tym przypadku zarówno sama temperatura pigmentu, jak i nierównomierne ogrzanie warstwy pigmentu nie pozwalały na dokładny pomiar, dlatego w tych dwu przypadkach podano temperaturę jako – powyżej 500 °C.

Pogrupowanie pigmentów wg składu pierwiastkowego (rys. 2.) nie ujawnia wyraźnej zależności wzrostu temperatury od obecności poszczególnych pierwiastków, pod wpływem mikrofal. Daje się zauważyć podatność lub pasywność niektórych struktur na oddziaływanie promieniowania mikrofalowego. Tak np. wyróżnić można pigmenty oparte na dwutlenku cyny jako uzyskujące wysokie lub jak w przypadku pigmentu Sn-Sb (15735) ekstremalnie wysokie temperatury, czy pigmenty o strukturze malayaitu Sn-Ca-Si albo spinele cynk-glin niewrażliwe na oddziaływanie mikrofal.

Jednak uzyskanych tu wyników nie można generalizować. Przykład dwóch pigmentów brązowych 16360 (20 °C) i 26004 (88 °C), które mają jednakowy skład jakościowy, a różnią się nieznacznie składem ilościowym surowców, udowadnia, że zasadnicze znaczenie ma tutaj zapewne struktura sieci krystalicznej pigmentów. A na strukturę wpływ mają zarówno podstawowy skład pigmentu, jak i dodatek pierwiastków barwiących i modyfikatorów.

2.3.2. Badanie wpływu pigmentów ceramicznych na nagrzewanie naczyń porcelitowych

Do drugiej serii badań przygotowano próbki w postaci naczyń porcelitowych pokrytych szkliwami zawierającymi po 5% wagowych każdego pigmentu. Szkliwo naniesiono równomiernie aerografem na powierzchnie kubków biskwitowych, uzyskując około 100 g przyrostu masy po tej operacji i wysuszeniu. Naczynia zostały wypalone w temperaturze maksymalnej 1230 °C, w piecu komorowym. Otrzymano w ten sposób odpowiedniki próbek wszystkich zbadanych w pierwszej serii pigmentów.



Rys. 3. Widok surowych kubków porcelitowych po naniesieniu szkliwa przed wypaleniem i po wypaleniu.

Naczynia pokryte szkliwami poddano testom opartym na normie PN-EN 15284:2008 [3]. Na wstępie została określona wyjściowa moc (w zaokrągleniu do pełnych 50 W) mikrofal kuchenki mikrofalowej. Przy temperaturze otoczenia 26 °C ogrzano w kuchenke mikrofalowej 1 kg wody umieszczone w określonym w normie naczyniu (krystalizator 190×90) od temperatury 14 °C do 38 °C. Stąd obliczona wg normy moc mikrofal wynosiła:

$$P = \frac{4,187 \times \Delta T}{t} \times (m_w + 0,55 + m_c) [W] \quad (2)$$

Gdzie:

- P – moc wyjściowa kuchenki mikrofalowej, w watach;
- ΔT – między początkową a końcową temperaturą wody;
- T – czas, w sekundach;
- m_w – masa wody, w gramach;
- m_c – masa pojemnika, w gramach.

$$P = \frac{4,187 \times 24}{193} \times (1000 + 0,55 + 471) [W] \quad (3)$$

$$P=650 W$$

W zaleceniach normy jest uwaga, że dalsze badania powinny być wykonywane przy mocy wyjściowej ustawionej na 525 do 675 watów. Obliczona wartość mocy mieści się w podanym zakresie. Dalsze badania naczyń ceramicznych były wykonywane przy maksymalnej nastawie mocy. Przed badaniami konieczne jest określenie czasu działania mikrofal w stosowanej kuchence mikrofalowej. Krótki i długi czas badania został obliczony ze wzoru (1).

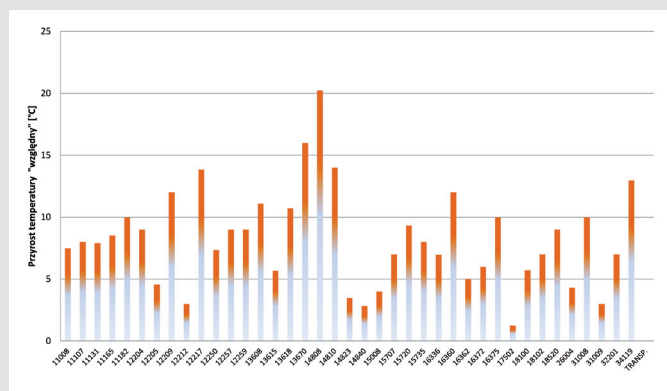
Dla krótkiego czasu: Dla długiego czasu:
 $t=72000/650$ [J/W] $t=468000/650$ [J/W]
 $t=111$ s; $t=1$ min 51 s $t=720$ s; $t=12$ min

Badania barwnych naczyń wykonano w oparciu o normę, stosując krótki czas badania (odpowiednik podgrzewania potraw). Próby prowadzone były w obecności obciążenia termicznego kucharki w postaci dwóch naczyń zawierających po 125 g wody umieszczonych w tylnych rogach kucharki.

Wyniki pomiarów temperatury wyrobów ceramicznych zawierających pigmenty w żaden sposób nie odzwierciedlają temperatur zmierzonych dla próbek proszkowych. Nie wykazano więc prostego przełożenia zachowania się pigmentów w postaci proszku na ich zastosowanie w wyrobach do kuchenek mikrofalowych.

Ciekawym wynikiem tych badań jest to, że wszystkie badane naczynia pokryte barwnymi szklami osiągają temperaturę bliską dopuszczalnej w normie dla ceramiki temperatury 56°C. Stąd może wynikać losowość odczuwanej temperatury jeśli chodzi o wspomniane na wstępie wyroby przemysłowe. Temperatura 56°C została w normie uznana za graniczną, po przekroczeniu której wyjęcie i utrzymanie naczyń w rękach jest niekomfortowe.

Względem tej temperatury pigmenty produkowane w Zakładzie Doświadczalnym Środków Zdobniczych podzielono na dwie grupy (tab. 3.), jakkolwiek ta właściwość ma charakter wyłącznie informacyjny i w świetle przeprowadzonych badań nie może mieć ścisłego zastosowania.



Rys. 4. Wyniki ogrzewania naczyń porcelitowych pokrytych barwnymi szklami. Przyrost temperatury względem bezbarwnego szkła.

3. Podsumowanie

Efektom badań jest tylko przybliżenie zachowania się pigmentów ceramicznych i zawierających je wyrobów pod wpływem promieniowania mikrofalowego. Były to jednak wstępne prace wynikające z działalności statutowej Zakładu Środków Zdobniczych. Dogłębne badania mogły by powiązać temperaturę pigmentów z ich strukturą krystaliczną. Przede wszystkim z rozmiarami komórek elementarnych kryształów.

Jakkolwiek wpływ promieniowania mikrofalowego na pigmenty ceramiczne nie jest bez znaczenia to w ogólnym oddziaływaniu na barwiony wyrób ceramiczny zdają się mieć charakter pomijalny. Szczególnie

Tab. 3. Podział pigmentów na dwie grupy pod względem zastosowania w kuchenkach mikrofalowych.

L.p.	Naczynia (pigmenty), które nie osiągnęły temp. granicznej		Naczynia (pigmenty), które osiągnęły i przekroczyły temp. graniczną	
	Symbol pigmentu zawartego w szklivi	Temperatura naczyń [°C]	Symbol pigmentu zawartego w szklivi	Temperatura naczyń [°C]
1	17502	48	11165	56
2	14840	50	12204	56
3	12212	50	12257	56
4	31009	50	12259	56
5	14823	50	18520	56
6	15008	51	15720	56
7	26004	51	11182	57
8	12205	52	16375	57
9	16362	52	31008	57
10	13615	53	13618	58
11	18100	53	13608	58
12	16372	53	12209	59
13	16336	54	16360	59
14	15707	54	34119	60
15	18102	54	12217	61
16	32201	54	14810	61
17	12250	54	13670	63
18	11008	54	14808	67
19	11131	55	15735	55
20	11107	55		

w porównaniu z podstawowym zastosowaniem kuchenek mikrofalowych jakim jest podgrzewanie żywności. Procesy zachodzące w czasie nagrzewania naczyń z żywnością mają, wbrew pozorom, bardzo złożony i dynamiczny charakter. Mamy tu do czynienia z pochłanianiem i odbijaniem mikrofal w proporcjach zależnych od rodzaju materiałów, ich masy, kształtu czy umiejscowienia w kuchence mikrofalowej.

Wynikiem praktycznym badań jest wytypowanie z palety wytwarzanych pigmentów ceramicznych tych szczególnie predysponowanych do zdobienia wyrobów do zastosowań w urządzeniach mikrofalowych.

LITERATURA

- Menezes Romualdo R., Pollyane M., Soutoand R., Kiminami H.G.A.: *Microwave Fast Sintering of Ceramic Materials*, <http://cdn.intechopen.com>
- Modelski J. W., *Mikrofałe – co przyniosły cywilizacji?*, tekst wykładu z okazji nadania tytułu doktora honoris causa Politechniki Łódzkiej, www.ire.pw.edu.pl
- Norma PN-EN 15284:2008: Materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z produktami spożywczymi. Metody badań odporności ceramicznych, szklanych, z tworzywa szklano-ceramicznego i tworzywa sztucznego naczyń kuchennych nagrzewanych mikrofalowo
- PN-EN ISO 13732-1:2009: Ergonomia środowiska termicznego – Metody oceny reakcji człowieka na dotknięcie powierzchni – Część 1: Powierzchnie gorące
- Bykov Yu V., Rybakov K. I., Semenov V. E., *High-temperature microwave processing of materials – Journal of physics, "Applied physics"*, 34 (2001), ss. 55–75
- Bykov Yu. V., Egorov S. V., Ereemeev A. G., Rybakov K. I., Semenov V. E., Sorokin A. A., *Evidence for microwave enhanced mass transport in the annealing of nanoporous alumina membranes, "Journal Of Materials Science"*, 36 (2001), ss. 131–136