

Badanie materiałów opakowaniowych z polietylenu na zawartość metali w świetle obowiązujących aktów prawnych

Dorota Kolasa^{1), *)}, Anna Bajszczak¹⁾, Aneta Łukomska¹⁾, Justyna Dłubak¹⁾, Zbigniew Rogulski¹⁾, Sylwia Kowalska¹⁾, Andrzej Czerwiński¹⁾

DOI: dx.doi.org/10.14314/polimery.2016.098

Streszczenie: Przedstawiono wyniki oznaczania zawartości ołowiu, kadmu, rtęci i chromu w materiałach opakowaniowych wykonanych z polietylenu (elementy skrzynek na napoje) w kontekście obowiązujących przepisów dotyczących gospodarki opakowaniami i odpadami opakowaniowymi. Zaproponowano procedurę analityczną obejmującą mikrofalowe roztwarzanie próbek przy użyciu nowoczesnego mineralizatora UltraWAVE (Milestone) w połączeniu z techniką FAAS oraz badaniem za pomocą analizatora DMA-80 Direct Mercury Analyzer. Zastosowana metoda pozwala na szybkie i sprawne oznaczanie w polietylenie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi pierwiastków. Doboru odpowiednich warunków roztwarzania mikrofalowego dokonano na podstawie przeprowadzonej analizy składu pierwiastkowego badanych tworzyw metodą spektrometrii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (SEM/EDS).

Słowa kluczowe: opakowania, odpady opakowaniowe, polietylen, oznaczanie metali, mineralizacja próbek.

Analysis of metals content in polyethylene packaging materials in view of the existing legislation

Abstract: Results of lead, cadmium, mercury and chromium determination in packaging materials made of polyethylene (beverage box elements) with reference to the existing acts on packaging and packaging waste management has been presented. A microwave-assisted sample preparation analytical procedure for the determination of metals in polymers using a modern Milestone UltraWAVE digestion system combined with the FAAS technique and a Milestone DMA-80 Direct Mercury Analyzer has been proposed. The method is useful for the quick and efficient determination of hazardous metals in polyethylene. The selection of appropriate conditions for the microwave digestion process has been done on the basis of the results of an elemental composition analysis of polymers using the Energy Dispersive X-ray Spectrometry (SEM/EDS) method.

Keywords: packaging, packaging waste, polyethylene, metals content determination, sample digestion.

Prawodawstwo Unii Europejskiej zobowiązuje państwa członkowskie do podejmowania działań zapewniających wysoki poziom ochrony życia i zdrowia ludzi oraz jakości środowiska naturalnego. W tym celu konieczne jest przestrzeganie ustanowionych przepisów w zakresie polityki wodnej [1–3] oraz gospodarki odpadami [4], zakładających — zgodnie z realizowaną w UE polityką ochrony środowiska — całkowite wyeliminowanie bądź ograniczenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń do powietrza, środowiska wodnego i gleby. W wykazie szkodliwych substancji, w odniesieniu do których są ustanawiane dopuszczalne wartości emisji do środowiska natu-

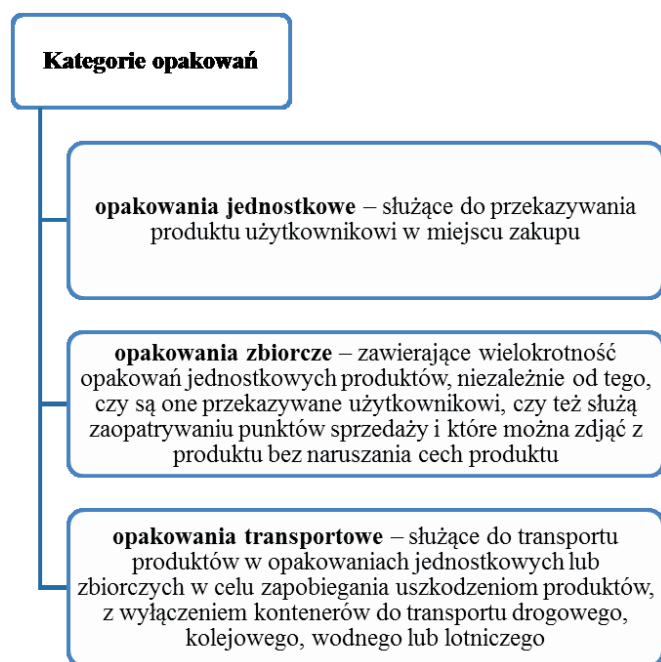
ralnego, dużą grupę stanowią metale [5]. Wśród nich, do szczególnie toksycznych substancji zalicza się kadm i rtęć — pierwiastki zidentyfikowane jako tzw. priorytetowe substancje niebezpieczne [1, 3], które powinny zostać całkowicie wyeliminowane ze środowiska wodnego ze względu na ich trwałość, dużą toksyczność i podatność na bioakumulację. Ustanowione środowiskowe normy jakości (EQS — *Environmental Quality Standards*) dla substancji priorytetowych i niektórych innych substancji zanieczyszczających określa dyrektywa 2013/39/UE (Załącznik II) [3].

Ze względu na ryzyko powstania zagrożeń życia i zdrowia ludzi, istotne znaczenie w dziedzinie ochrony środowiska ma odpowiednie zagospodarowanie odpadów. Prowadzona w krajach UE polityka w zakresie gospodarki odpadami [4] jest jednoznacznie nakierowana na

¹⁾ Instytut Chemii Przemysłowej, ul. Rydygiera 8, 01-793 Warszawa.

^{*)} Autor do korespondencji; e-mail: dorota.kolasa@ichp.pl

ograniczanie ilości składowanych odpadów (w tym odpadów polimerowych). Obecna strategia zagospodarowania tworzyw polimerowych zakłada, by proces odzysku obejmował m.in. pełne wykorzystanie tych produktów jako surowców chemicznych lub energetycznych [6]. Przepisy unijne [7, 8] określają wymagania odnośnie emisji szkodliwych substancji (w tym także związków metali ciężkich) w procesach spalania i współspalania odpadów oraz składowania odpadów na składowiskach. Niezwykle ważna jest więc kontrola zawartości szkodliwych pierwiastków w materiałach i produktach polimerowych – nie tylko w kontekście zapewnienia przyjaznego dla środowiska odzysku i unieszkodliwiania odpadów, ale także ze względu na obowiązujące w Polsce i całej Unii Europejskiej prawo w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa konsumentów [9, 10]. Szereg przepisów określa szczegółowe wymagania dotyczące bezpieczeństwa określonych grup produktów dopuszczonych do sprzedaży. Wśród nich istotną grupę stanowią wyroby wykonane z tworzyw polimerowych lub – w przypadku wyrobów wielomateriałowych – zawierających elementy tworzywa. Zaliczyć do nich należy m.in. wszelkiego rodzaju opakowania. Legislacja unijna oraz odpowiednie krajowe akty prawne [11–22] definiują warunki konieczne do spełnienia w ramach procedury dopuszczania tych produktów do obrotu, regulują jednocześnie kwestie środowiskowe związane z odpadami opakowaniowymi (odpadami opakowaniowymi są opakowania wycofane z użycia, stanowiące odpady w rozumieniu ustawy [19], z wyjątkiem odpadów powstających w procesie produkcji opakowań).



Rys. 1. Kategorie opakowań zgodnie z ustawą o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi [13]

Fig. 1. Classification of packaging according to the Act on packaging and packaging waste management [13]

Zgodnie z art. 4 ustawy z dnia 13 czerwca 2013 r. o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi [13] wyróżnia się trzy kategorie opakowań: opakowania jednostkowe, zbiorcze i transportowe (rys. 1).

Ustawa [13] określa podstawowe wymagania, jakie powinny spełniać opakowania wprowadzane do obrotu. Zgodnie z art. 11 ustawy, opakowania nie mogą zawierać szkodliwych substancji w ilościach stwarzających zagrożenie dla produktu, środowiska lub zdrowia ludzi, a suma zawartości ołowiu, kadmu, rtęci i chromu sześciowartościowego w opakowaniu nie może przekraczać 100 mg/kg (wśród produktów opakowaniowych osobną grupę stanowią materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z żywnością, do których mają zastosowanie odrębne przepisy [20–22]). Opakowaniami wykonanymi z tworzyw sztucznych, zwolnionymi warunkowo, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 stycznia 2015 r. [16], z wymagań dotyczących nieprzekraczania sumarycznej zawartości metali ciężkich na poziomie 100 mg/kg, są opakowania w postaci skrzyń i palet z tworzyw sztucznych, używane w cyklach produkcyjnych w zamkniętym i kontrolowanym procesie. Muszą być przy tym jednak spełnione określone warunki, m.in. w zakresie recyklingu takich opakowań, konieczne jest także zamieszczenie na nich w sposób widoczny i trwały informacji, że zawartość metali ciężkich w opakowaniu przekracza 100 mg/kg [16].

W świetle przytoczonych aktów prawnych niezbędna jest kontrola materiałów opakowaniowych (m.in. pod kątem zawartości w nich szkodliwych metali) w ramach oceny jakości wytwarzanych produktów oraz, w dalszej perspektywie, zapewnienia bezpiecznej, przyjaznej dla środowiska utylizacji odpadów. W badaniach materiałów i odpadów polimerowych (przed końcowym etapem oznaczania w nich zawartości metali metodą ICP-MS, ICP-OES bądź AAS) powszechnie stosuje się technikę mikrofalowego roztwarzania próbek, która znacznie przyspiesza i usprawnia badanie tego typu wyrobów.

Jednym z najnowocześniejszych sposobów przygotowania roztworu do badań jest roztwarzanie mikrofalowe za pomocą mineralizatora UltraWAVE (patrz rys. 5). Urządzenie to (pracujące w technologii SRC – *Single Reactor Chamber*) znacznie różni się pod względem konstrukcyjnym od klasycznych mineralizatorów mikrofalowych z naczyniami zamkniętymi. Dzięki swej budowie (komora reaktora z wkładem teflonowym, wykonana ze stali kwasoodpornej, umożliwiająca utrzymanie wewnątrz ekstremalnych warunków temperatury i ciśnienia – do 300 °C i $199 \cdot 10^3$ hPa) zapewnia wysoką jakość mineralizacji próbek oraz pozwala na równoczesne roztwarzanie próbek o najbardziej zróżnicowanych matrycach [23]. Naczynia (próbówki ze szkła, kwarcu lub teflonu) są w komorze reaktora zanurzone w cieczy, dzięki czemu wszystkie mineralizowane równolegle próbki znajdują się w takich samych warunkach temperatury i ciśnienia. Prowadzenie procesu mineralizacji w atmosferze gazu obojętnego (zapobiegające wrzeniu próbek) pozwala na

uniknięcie wzajemnej kontaminacji próbek. W ostatnich latach opublikowano szereg prac dotyczących zastosowania mineralizatora UltraWAVE w analizie śladowej metali, w badaniach próbek o różnorodnych matrycach (produkty spożywcze [24–26], tkanki zwierzęce [26–27], materiał roślinny [26, 28], osad morski [29]). Inną możliwością aplikacyjną mineralizatora stanowi wykorzystanie aparatu w badaniach matrycy polimerowej. W niniejszej pracy przedstawiono badanie wyrobów z polietylenu (skrzynki na napoje) na zawartość śladowych ilości metali ciężkich z zastosowaniem procedury analitycznej obejmującej mikrofalowe roztwarzanie próbek za pomocą aparatu UltraWAVE.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiał do badań

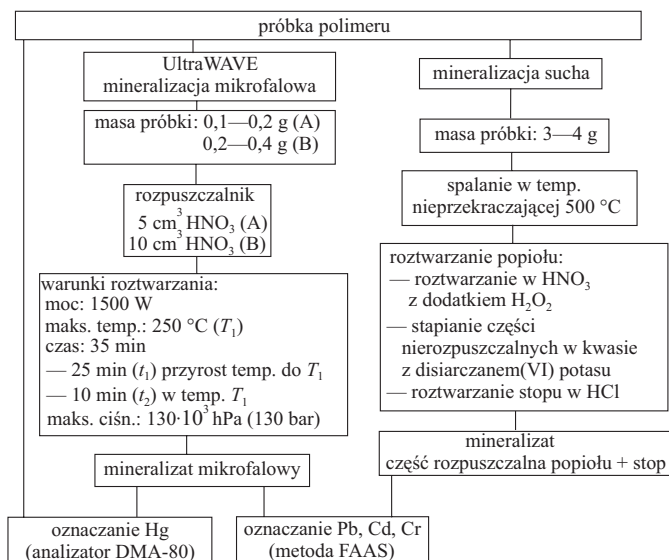
Przedmiotem badań były opakowania transportowe (skrzynki na napoje) wykonane z polietylenu (PE). Próbkę pobrano z ośmiu różnych skrzynek przeznaczonych do transportu szklanych butelek. Pobrane próby, oznaczone symbolami PE1–PE8, zawierały, w odpowiedniej proporcji, elementy opakowań o barwie jednolitej oraz elementy pokryte białą farbą (napis firmowy na skrzynkach).

Metodyka badań

Oznaczenie metali

– Zawartość ołowiu, kadmu i chromu oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją w płomieniu (technika FAAS) przy użyciu spektrometrów AAnalyst 300 i AAnalyst 800 (PerkinElmer). Roztwory do badań przygotowywano, stosując dwa sposoby mineralizacji próbek (rys. 2): roztwarzanie przy użyciu mineralizatora mikrofalowego UltraWAVE (Milestone) oraz kontrolnie – mineralizację na sucho (w naczyniach platynowych, w temperaturze nieprzekraczającej 500 °C) z późniejszym całkowitym roztwarzaniem otrzymanego popiołu. Druga z procedur badawczych, wielokrotnie testowana w ramach udziału laboratorium IChP w badaniach biegłości (PT) [30], uzyskująca pozytywną ocenę w zakresie kontroli jakości badań (oznaczanie ołowiu, kadmu i chromu), stanowiła podstawę weryfikacji poprawności procedury analitycznej obejmującej mikrofalowe roztwarzanie tworzyw. Każdą z próbek badano z co najmniej trzech równoległych odważek.

– Zawartość rtęci w próbkach PE oznaczano przy użyciu analizatora DMA-80 Direct Mercury Analyzer (Milestone) metodą standardową, obejmującą wstępne suszenie próbki o masie 50–100 mg w temp. 200 °C (1,5 min) oraz spalanie w temp. 650 °C (3,5 min). Do badań użyto kuwet niklowych. Pomiar (trzy oznaczenia dla każdej z próbek) wykonano bezpośrednio w próbkach stałych (polimer). Poprawność uzyskanych wyników oznaczania weryfikowano na podstawie wykonanej rów-



Rys. 2. Schemat zastosowanej w badaniach procedury analitycznej (mineralizacja mikrofalowa, mineralizacja sucha)

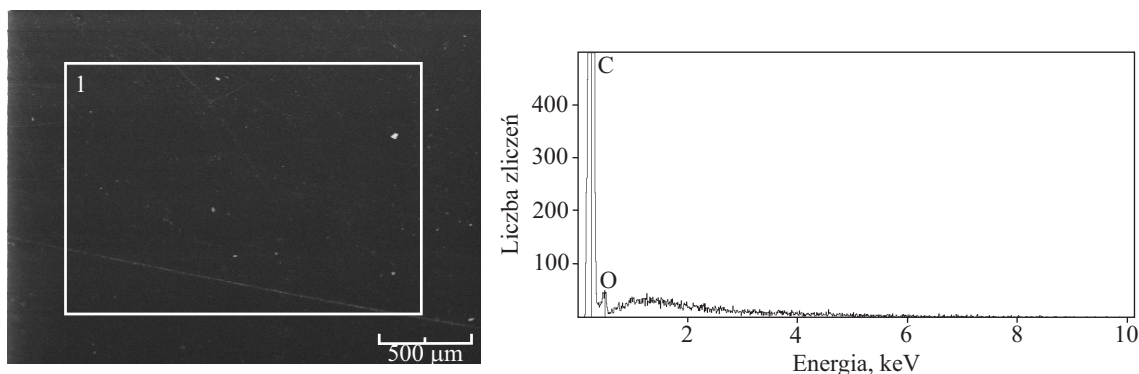
Fig. 2. Flow chart of analytical procedure used (microwave digestion, dry ashing digestion)

noległe analizy materiału odniesienia ERM-EC680k (polietylen PE-LD o certyfikowanej zawartości rtęci), obejmującej pomiar stężenia analitu bezpośrednio w próbce polimeru oraz w roztworze uzyskanym po mineralizacji mikrofalowej tworzywa. W przypadku próbek PE, pominięto etap oznaczania rtęci w mineralizatach mikrofalowych z uwagi na stwierdzony bardzo niski poziom zawartości tego pierwiastka w próbkach (w przypadku badania mineralizatu – podwyższenie granicy oznaczalności metody wskutek rozcieńczenia matrycy próbki). Rtęci nie oznaczano również w roztworach otrzymanych po suchej mineralizacji próbek, ze względu na przewidywane straty powodowane lotnością tego pierwiastka w trakcie spalania próbek w wysokiej temperaturze [31].

Analizę próbek PE wykonano zgodnie z podanym schematem (rys. 2). Do mineralizacji mikrofalowej zastosowano szklane bądź kwarcowe naczynia (stanowiące wyposażenie mineralizatora) o poj. 15 cm³ (wariant A) lub 40 cm³ (wariant B). Doboru odpowiedniego rozpuszczalnika w procesie roztwarzania tworzyw dokonano na podstawie badania jakościowego składu pierwiastkowego próbek metodą SEM/EDS przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego JSM-6490 LV (JEOL) z mikroanalizatorem dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego.

Badanie metodą SEM/EDS

Rysunki 3 i 4 przedstawiają przykładowe obrazy SEM oraz widma EDS zarejestrowane z różnych mikroobszarów badanych próbek PE (w przypadku wszystkich próbek PE otrzymano podobne widma EDS, świadczące o zbliżonym składzie pierwiastkowym badanych tworzyw). Na podstawie otrzymanych widm, stwierdzono



Rys. 3. Obraz SEM i widmo EDS z zaznaczonego obszaru badanej próbki PE4

Fig. 3. SEM image and EDS spectrum recorded from the marked area of the analyzed PE4 sample

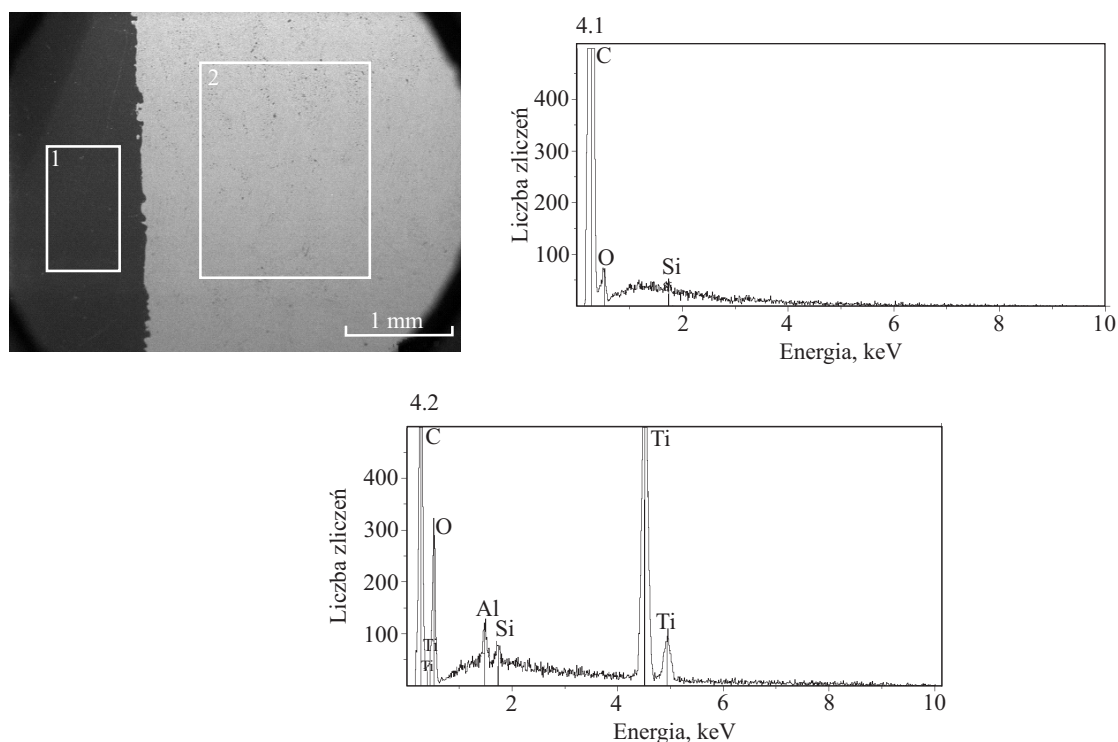
w próbkach obecność pierwiastków, takich jak: węgiel (C), tlen (O), krzem (Si) oraz w obszarach próbki pokrytych białą farbą — dodatkowo tytan (Ti) i glin (Al). Analiza jakościowa za pomocą EDS ma ograniczenie limitu detekcji: w odniesieniu do pierwiastków o liczbie atomowej większej od liczby atomowej sodu przyjmuje się wartość 0,3 % mas., natomiast w przypadku pierwiastków lekkich: od boru do sodu — 0,5 % mas.

Mineralizacja mikrofalowa

W przypadku materiałów o dużej zawartości związków krzemu (np. kompozytów napęcznionych talkiem lub krzemionką), zalecanym rozpuszczalnikiem w procesie

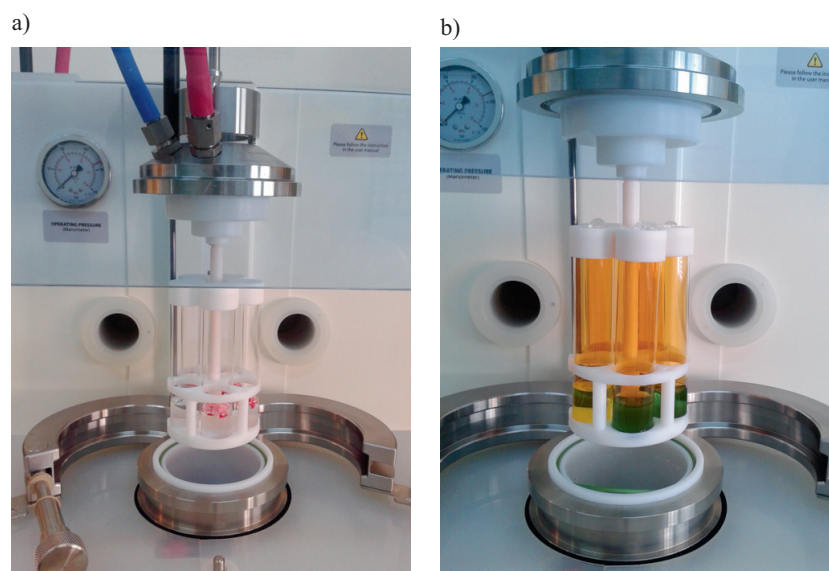
mikrofalowego roztwarzania jest mieszanina stężonych kwasów HNO_3/HF . Ze względu na stwierdzony brak obecności znaczących ilości krzemu w badanych próbkach (rys. 3, 4), uznano, że odpowiednim rozpuszczalnikiem będzie stężony kwas azotowy(V), bez dodatku kwasu fluorowodorowego.

Wyznaczono optymalne warunki roztwarzania próbek w mineralizatorze, zapewniające pełne rozтворzenie polimeru (rys. 5). Wartości poszczególnych parametrów pracy mineralizatora: temperatury T_1 i czasu przyrostu temperatury w komorze reaktora (t_1) do wartości T_1 , czasu utrzymywania temperatury T_1 w komorze (t_2), temperatury płaszcza komory (T_2), mocy oraz ciśnienia w komorze reaktora (p) podano w tabeli 1.



Rys. 4. Obraz SEM i widma EDS z zaznaczonych obszarów badanej próbki PE8: obszar 1 — widmo 4.1, obszar 2 — widmo 4.2

Fig. 4. SEM image and EDS spectra recorded from the marked areas of the analyzed PE8 sample: area 1 — spectrum 4.1, area 2 — spectrum 4.2



Rys. 5. Próbkki PE umieszczone w aparacie UltraWAVE, Milestone: a) przed mineralizacją mikrofalową, b) po mineralizacji
 Fig. 5. PE samples placed in Milestone UltraWAVE system: a) — before microwave digestion, b) — after microwave digestion

T a b e l a 1. Warunki mikrofalowego rozpuszczania próbek PE (aparat UltraWAVE, Milestone)

T a b l e 1. Microwave digestion conditions for PE samples (Milestone UltraWAVE system)

	Masa próbki	Rozpuszczalnik	t_1 , min	t_2 , min	Moc, W	T_1 , °C	T_2 , °C	p , hPa
A	0,1–0,2 g	5 cm ³ HNO ₃	25	10	1500	250	60	130 · 10 ³
B	0,2–0,4 g	10 cm ³ HNO ₃						

Mineralizacja sucha

Proces suchej mineralizacji próbek PE prowadzono zgodnie z podanym schematem (rys. 2). Otrzymany popiół roztworzano w rozcieńczonym kwasie azotowym(V) z dodatkiem roztworu ditlenku wodoru, części nierozpuszczalne w kwasie stapiano z odpowiednim

topnikiem w celu przeprowadzenia substancji nierozpuszczalnych do roztworu. Ze względu na stwierdzoną obecność tytanu w badanych próbkach, przy jednoczesnej małej zawartości krzemu (rys. 4), w procesie rozpuszczania popiołu otrzymanego w wyniku suchej mineralizacji próbek zastosowano topnik kwasowy – disiarczan(VI) potasu. Otrzymany stop rozpuszczano w roz-

T a b e l a 2. Zawartość ołowiu, kadmu i chromu w próbkach PE poddanych mineralizacji mikrofalowej i mineralizacji suchej

T a b l e 2. Lead, cadmium and chromium content in the PE samples for two sample digestion methods (microwave digestion, dry ashing digestion)

Próbka	Zawartość, mg/kg					
	Pb		Cd		Cr	
	mineralizacja					
	mikrofalowa	sucha	mikrofalowa	sucha	mikrofalowa	sucha
PE1	30,2 ± 3,0	29,7 ± 3,0	60,9 ± 6,1	59,2 ± 5,9	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}
PE2	53,6 ± 5,4	51,8 ± 5,2	< 5 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}
PE3	< 25 ^{*)}	< 25 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}
PE4	< 25 ^{*)}	< 25 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}
PE5	< 25 ^{*)}	< 25 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}
PE6	< 25 ^{*)}	< 25 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}
PE7	29,5 ± 3,0	29,3 ± 2,9	18,4 ± 1,8	16,9 ± 1,7	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}
PE8	< 25 ^{*)}	< 25 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 5 ^{*)}	< 15 ^{*)}	< 15 ^{*)}

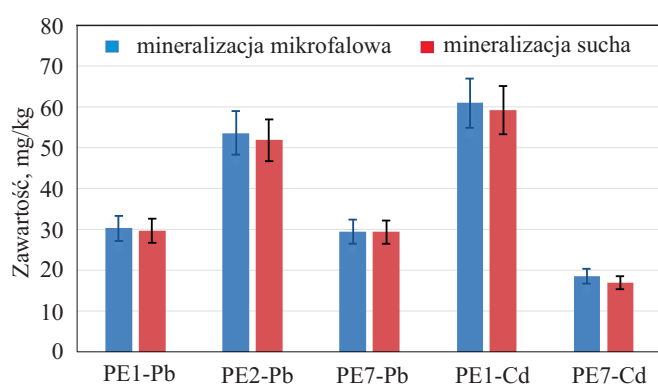
^{*)} Granica oznaczalności zastosowanej metody badania.

^{*)} Limit of quantification for the analysis method used.

cieńczonym kwasie chlorowodorowym. Odpowiednio dobrany topnik (w przypadku obecności w popiele dużych ilości krzemionki, należałoby stąpić osad z topnikiem zasadowym bądź usuwać krzem w postaci lotnego SiF_4 przed stąpieniem z disiarczanem(VI) potasu [32]) pozwolił na uzyskanie pełnego rozтворzenia popiołu otrzymanego po suchej mineralizacji próbek PE.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W tabeli 2 przedstawiono wyniki oznaczania zawartości ołowiu, kadmu i chromu w badanych próbkach PE. W części z nich stwierdzono śladowe ilości ołowiu i kadmu na poziomie ok. 20–60 mg/kg. Zawartość chromu



Rys. 6. Zawartość ołowiu i kadmu w próbkach PE poddanych mineralizacji mikrofalowej i mineralizacji suchej

Fig. 6. Lead and cadmium content in the PE samples for two sample digestion methods (microwave digestion, dry ashing digestion)

we wszystkich analizowanych próbkach mieściła się poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody badania. Wyniki oznaczania ołowiu i kadmu uzyskane z zastosowaniem dwóch sposobów mineralizacji tworzą, w odniesieniu do poszczególnych próbek, zbliżone

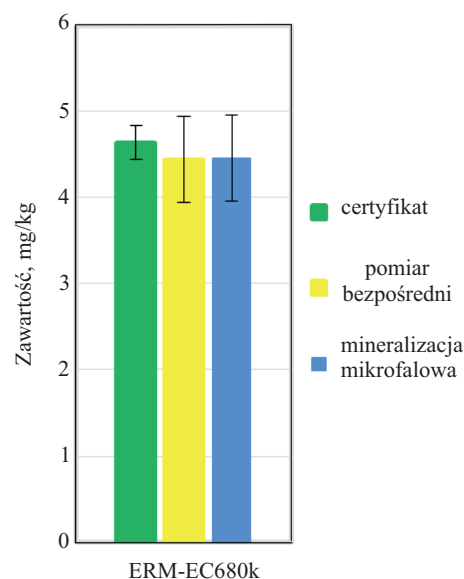
T a b e l a 3. Zawartość rtęci w próbkach PE

T a b l e 3. Mercury content in the PE samples

Próbka	Zawartość Hg, mg/kg
PE1	0,023 ± 0,002
PE2	< 0,020*
PE3	< 0,020*
PE4	< 0,020*
PE5	< 0,020*
PE6	< 0,020*
PE7	< 0,020*
PE8	< 0,020*

*) Granica oznaczalności zastosowanej metody badania.

*) Limit of quantification for the analysis method used.



Rys. 7. Zawartość rtęci w materiale odniesienia PE-LD (pomiar bezpośredni i po mineralizacji mikrofalowej) w porównaniu z wartością certyfikowaną

Fig. 7. Mercury content in the PE-LD reference material (before/after microwave sample digestion) compared with the certified value

(rys. 6), a różnice mieszczą się w granicach niepewności wyniku oznaczania (tabela 2).

W tabeli 3 przedstawiono wyniki oznaczania zawartości rtęci w próbkach PE (pomiar bezpośredni). W przypadku wszystkich próbek, z wyjątkiem PE1, uzyskane wyniki mieszczą się poniżej granicy oznaczalności metody.

T a b e l a 4. Zawartość rtęci w materiale odniesienia PE-LD (ERM-EC680k)

T a b l e 4. Mercury content in the PE-LD reference material (ERM-EC680k)

Zgodnie z certyfikatem	Zawartość Hg, mg/kg	
	Wynik oznaczania	
	pomiar bezpośredni	pomiar po mineralizacji mikrofalowej
4,64 ± 0,20	4,44 ± 0,50	4,46 ± 0,50

Wyniki badania materiału odniesienia (polietylen PE-LD o certyfikowanej zawartości rtęci) zamieszczono w tabeli 4 i na rys. 7. Stwierdzono, że wszystkie porównywane wartości są do siebie zbliżone. Wyniki oznaczania rtęci, zarówno w próbce stałej (pomiar bezpośredni), jak i po mineralizacji mikrofalowej, charakteryzują się odpowiednią dokładnością.

Suma zawartości ołowiu, kadmu, rtęci i chromu w badanych próbkach PE nie przekracza 100 mg/kg, co oznacza, że ustanowiona dla opakowań norma [13] nie została przekroczona. Zbliżone wyniki oznaczania zawartości

poszczególnych pierwiastków w próbce (poddanej mineralizacji mikrofalowej i klasycznej mineralizacji suchej) potwierdzają poprawność zaproponowanej procedury analitycznej obejmującej mikrofalowe roztwarzanie próbek polimerowych. Należy podkreślić, że zastosowanie mineralizatora mikrofalowego zapewnia wysoką jakość mineralizacji próbek i dzięki znacznemu zautomatyzowaniu pracy, w istotnym stopniu skraca i usprawnia proces wstępnego przygotowania roztworów do badań w porównaniu z wieloetapowym, wielogodzinnym i pracochłonnym procesem mineralizacji na sucho.

WNIOSKI

– Zastosowanie nowoczesnego mineralizatora mikrofalowego UltraWAVE umożliwia znaczne przyspieszenie i usprawnienie prac analitycznych w zakresie przygotowania roztworu do oznaczania zawartości metali w próbkach polimerowych.

– Potwierdzono poprawność oznaczania ołowiu, kadmu i rtęci w próbkach PE przy użyciu zaproponowanej procedury mikrofalowego roztwarzania próbek polimerowych za pomocą kwasu azotowego(V).

– W badanych elementach opakowań transportowych z PE nie stwierdzono przekroczenia ustanowionej maksymalnej sumy zawartości metali ciężkich w opakowaniach [13].

LITERATURA

- [1] Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnego działania w dziedzinie polityki wodnej (Ramo- wa Dyrektywa Wodna).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/105/WE z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie środowiskowych norm jakości w dziedzinie polityki wodnej, zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy Rady 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG i 86/280/EWG oraz zmieniająca dyrektywę 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady.
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2013/39/UE z dnia 12 sierpnia 2013 r. zmieniająca dyrektywy 2000/60/WE i 2008/105/WE w zakresie substancji priorytetowych w dziedzinie polityki wodnej.
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.
- [5] Kolasa D., Arndt B., Bajszczak A.: *Przemysł Chemiczny* 2013, 92, 606.
- [6] Kijęński J., Błędzki A.K., Jeziórska R.: „Odzysk i recykling materiałów polimerowych”, PWN SA, Warszawa 2011, str. 19.
- [7] Dyrektywa 2000/76/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 4 grudnia 2000 r. w sprawie spalania odpadów.
- [8] Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów.
- [9] Ustawa z dnia 12 grudnia 2003 r. o ogólnym bezpieczeństwie produktów (Dz.U. 2003.229.2275).
- [10] Dyrektywa 2001/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 grudnia 2001 r. w sprawie ogólnego bezpieczeństwa produktów.
- [11] Dyrektywa 94/62/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 1994 r. w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych, zmieniona dyrektywami Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/12/WE z dnia 11 lutego 2004 r. i 2005/20/WE z dnia 9 marca 2005 r. oraz dyrektywą Komisji 2013/2/UE z dnia 7 lutego 2013 r.
- [12] Decyzja Komisji 2009/292/WE z dnia 24 marca 2009 r. ustanawiająca warunki odstępstwa dla skrzyń i palet z tworzyw sztucznych w odniesieniu do poziomów stężenia metali ciężkich ustanowionych w dyrektywie 94/62/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych.
- [13] Ustawa z dnia 13 czerwca 2013 r. o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi (Dz.U. 2013.888).
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2013 r. w sprawie przykładowego wykazu wyrobów, które uznaje się albo nie uznaje się za opakowanie (Dz.U. 2013.1274).
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 kwietnia 2003 r. w sprawie sposobu ustalenia sumy zawartości ołowiu, kadmu, rtęci i chromu sześciowartościowego w opakowaniach (Dz.U. 2003.66.619).
- [16] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 stycznia 2015 r. w sprawie opakowań, do których nie stosuje się wymagań dotyczących zawartości ołowiu, kadmu, rtęci i chromu sześciowartościowego w opakowaniach (Dz.U. 2015.137).
- [17] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 marca 2014 r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych pochodzących z gospodarstw domowych (Dz.U. 2014.412).
- [18] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie minimalnych rocznych poziomów odzysku i recyklingu dla opakowań wielomateriałowych oraz dla opakowań po środkach niebezpiecznych, w poszczególnych latach, poniżej których nie mogą zostać określone poziomy w porozumieniu zawierającym z marszałkiem województwa (Dz.U. 2014.618).
- [19] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013.0.21).
- [20] Rozporządzenie (WE) Nr 1935/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 października 2004 r. w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością oraz uchylające dyrektywy 80/590/EWG i 89/109/EWG.
- [21] Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 10/2011 z dnia 14 stycznia 2011 r. w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych przeznaczonych do kontaktu z żywnością.
- [22] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz.U. 2006.171.1225, z późn. zm.).
- [23] <http://spectro-lab.pl/mineralizator-ultrawave.html> (data dostępu: 23.01.2015)

- [24] Nobrega J.A., Pirola C., Fialho L.L., Rota G. i in.: *Talanta* **2012**, 98, 272.
http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2012.06.079
- [25] Muller C.C., Muller A.L.H., Pirola C. i in.: *Microchemical Journal* **2014**, 116, 255.
http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2014.04.013
- [26] Laird B.D., Chan H.M.: *Food and Chemical Toxicology* **2013**, 58, 381. http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.04.033
- [27] Jiang J., Feng L., Li J. i in.: *Molecules* **2014**, 19 (4), 4452.
http://dx.doi.org/10.3390/molecules19044452
- [28] Oviedo J.A., Fialho L.L., Nobrega J.A.: *Spectrochimica Acta Part B* **2013**, 86, 142.
http://dx.doi.org/10.1016/j.sab.2013.02.005
- [29] Brady J.P., Ayoko G.A., Martens W.N., Goonetilleke A.: *Marine Pollution Bulletin* **2014**, 89, 464.
http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.030
- [30] Polskie Centrum Akredytacji. DA-05 Polityka dotycząca uczestnictwa w badaniach biegłości, wyd. 5, Warszawa 17.11.2011 r.
http://www.pca.gov.pl (data dostępu: 23.01.2015).
- [31] Minczewski J., Chwastowska J., Dybczyński R.: „Analiza śladowa. Metody rozdzielania i zagęszczania”, WNT, Warszawa 1973, str. 100.
- [32] Minczewski J., Marczenko Z.: „Chemia Analityczna. Tom 2. Chemiczne metody analizy ilościowej”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, str. 28–34.

Otrzymano 23 I 2015 r.

INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH I BARWNIKÓW w TORUNIU

ODDZIAŁ FARB I TWORZYW w GLIWICACH

zaprasza do udziału w XII Międzynarodowej Konferencji



ADVANCES IN COATINGS TECHNOLOGY

(POSTĘPY W TECHNOLOGII FARB I LAKIERÓW)

ACT'16

która odbędzie się w Sosnowcu, w dniach 8–10 listopada 2016 r.

Tematyka Konferencji:

- **Nowości w zakresie bazy surowcowej dla wyrobów lakierowych:**
 - żywice (nowe polimery, polimery „inteligentne”, biopolimery, systemy hybrydowe)
 - pigmenty
 - napełniacze (w tym funkcjonalne)
 - środki pomocnicze i modyfikatory (w tym biocydy)
- **Nowoczesne i przyjazne środowisku technologie wytwarzania wyrobów lakierowych:**
 - wodorozcieńczalne, high solids, proszkowe, utwardzane radiacyjnie (UV/EB), funkcjonalne: przeciwporostowe i antykorozyjne, powłoki „inteligentne”: higieniczne, nanostrukturalne, samoczyszczące, anty-graffiti, biopowłoki, nanotechnologie
- **Analiza i badania wyrobów lakierowych oraz powłok**
- **Aparatura do produkcji wyrobów lakierowych**
- **Zagadnienia ekologiczne (uwarunkowania legislacyjne)**
- **Kierunki rozwojowe rynku**

Językiem konferencji będzie język angielski/polski, z symultanicznym tłumaczeniem.

Czas prezentacji referatu — 20 minut.

Tytuł referatu, plakatu wraz z jego skrótem oraz biografią osoby prezentującej powinny być dostarczone w terminie do **31 maja 2016 r.**

Opłata konferencyjna dla osoby wygłaszającej referat lub prezentującej plakat wynosi 1000 zł + 23 % VAT.

Miejsce konferencji: Centrum EXPOSILESIA, Sosnowiec, ul. Braci Mieroszewskich 124.

Informacje: mgr inż. Anna Pająk — Komitet Organizacyjny Konferencji ACT'16, tel. +48 (32) 231 9043, fax: +48 (32) 231 2674, e-mail: a.pajak@impib.pl, Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Oddział Zamiejscowy Farb i Tworzyw, ul. Chorzowska 50A, 44-100 Gliwice

www.impib.pl