



Mariusz Ożóg

Politechnika Rzeszowska

Al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, e-mail: mozog@prz.edu.pl

## BADANIA OTRZYMYWANIA MELEMU ORAZ ADDUKTU MELAMINA-MELEM I ZASTOSOWANIE TYCH ZWIĄZKÓW DO UNIEPALNIANIA ŻYWICY EPOKSYDOWEJ

**Streszczenie.** UNEP i Konwencja Sztokholmska w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych, obowiązująca w Polsce i Europie, zabroniły w 2009 r. stosowania niektórych halogenopochodnych retardantów palenia. Alternatywą wobec halogenopochodnych w niektórych zastosowaniach mogą być związki zawierające dużo azotu, np. pochodne triazyny i heptazyny. W niniejszej pracy przedstawiono metody otrzymywania melemu oraz adduktu melamina-melem (1:2)  $[\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6][\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6]_2$  i skonstruowane przez autora urządzenie służące do tego celu. Zbadano uniepalniający wpływ melemu oraz adduktu  $[\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6][\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6]_2$  dla żywicy Epidian 5 utwardzanej za pomocą utwardzacza Z-1 w temperaturze pokojowej. Wykazano, że część kompozycji była samogasnąca. Stwierdzono, że addukt melamina-melem (1:2) wykazuje lepsze własności uniepalniające niż czysty melem.

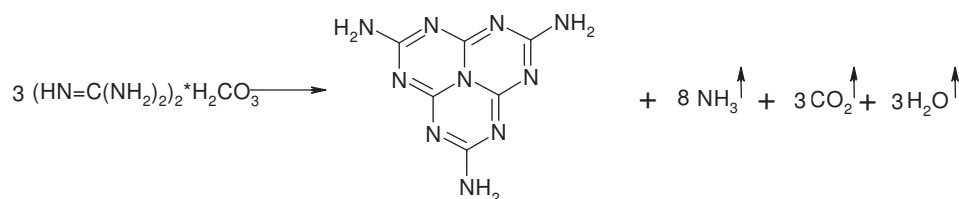
**Słowa kluczowe:** melem, addukt melamina-melem, żywica epoksydowa, pierścień cyjamelurowy, retarder palności.

### Wprowadzenie

Melem  $\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6$  o wzorze strukturalnym (I) jest amidem kwasu cyjamelurowego. Jego cząsteczka jest zbudowana z 3 skondensowanych pierścieni melaminy i 3 grup aminowych. Został on po raz pierwszy otrzymany przez niemieckiego chemika Justusa von Liebiga w I połowie XIX wieku podczas pirolizy równomolowej mieszaniny tiocyjanianu potasu i chlorku amonu [1]. Związek ten jest substancją stałą o barwie biało-beżowej. Nie ma temperatury topnienia ani wrzenia. Badania termiczne wskazują, że jest trwały do temperatury  $450^\circ\text{C}$ , a powyżej tej temperatury przechodzi w melon (II) w wyniku polikondensacji [2, 3]:



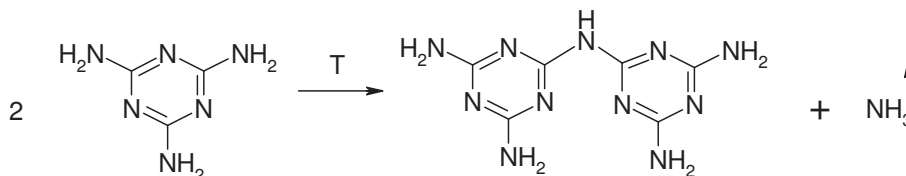
Patent [9] zawiera przepis otrzymywania melemu, wg którego podczas pirolizy węglanu guanidyny w temperaturze 390°C w czasie 40 minut ma powstawać melem o czystości około 99%, przy czym wydajność reakcji wynosić ma 80%:



Produktem ubocznym powstającym w procesie pirolizy węglanu guanidyny jest melamina.

Najczęściej stosowaną metodą otrzymywania melemu jest rozkład termiczny melaminy. W patencie [10] przedstawiono metodę wytwarzania melemu, która wymaga, aby wyjściowa mieszanina oprócz melaminy (30–90% wag.) zawierała także dodatek melemu o wielkości ziarna 1–100 μm. Poddaje się ją pirolizie metodą fluidyzacyjną w atmosferze azotu w temperaturze 370–400°C w czasie 0,5–10 godz. Inne patenty sugerują otrzymywanie melemu przez pirolizę mieszaniny mocznika (1 cz. wag.) z melaminą (0,5–2,0 cz. wag.) w ciągu 1 godz. w temp. 380–480 °C [11] lub pirolizę mieszaniny melaminy (4–5, 7 cz. wag.), melemu (1 cz. wag.) i mocznika (1,25–2,8 cz. wag.) w temperaturze 470–500 °C [12]. W literaturze istnieją rozbieżności dotyczące produktów powstających w wyniku rozkładu melaminy. W monografii [3] podano, że podczas pirolizy melaminy powyżej jej temperatury topnienia i przy usuwaniu gazowego amoniaku, powstają produkty kondensacji melaminy, takie jak: melam, melem i melon. Przypuszczalnie najpierw powstaje melam, a następnie melem w miarę podwyższania temperatury.

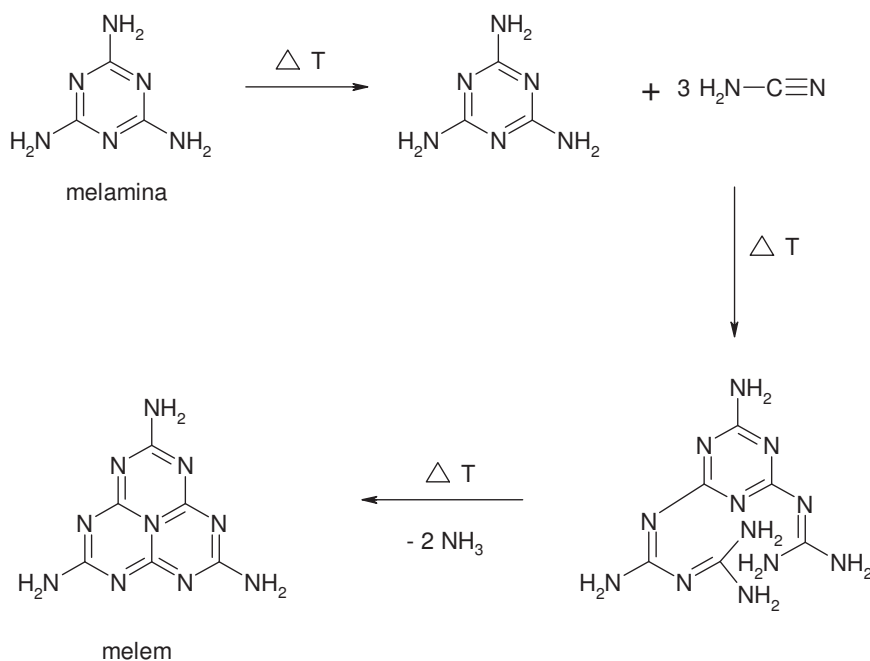
W pracy [14] badano pirolizę melaminy w zatopionych próżniowo, szklanych ampułkach i stwierdzono, że po 10 godz. pirolizy w temperaturze 360 ± 0,5°C otrzymuje się produkt o składzie elementarnym zbliżonym do melamu, a uwolniony amoniak stanowi 0,52 mola/mol melaminy, co sugerowałoby następujący przebieg reakcji:



Inni autorzy [15] stwierdzają natomiast, że podczas pirolizy melaminy, melam tworzy się w bardzo małych ilościach i może być wydzielony tylko za pomocą metod chromatografii jonowymiennej.

Najnowsze badania produktów pirolizy melaminy za pomocą temperaturowo programowanej rentgenowskiej dyfraktometrii proszkowej (TP XRD) [16] w przedziale temperatury 25 do 660°C wykazały, że w temperaturze 317°C tworzy się faza stabilna do ok. 357°C (faza I). W temp. 357°C ulega ona przemianie w fazę II. Analiza fazy I i II za pomocą spektrometrii masowej wykazała występowanie 2 sygnałów o wartościach  $m/z$  126 i 218, co odpowiada melaminie i melemowi. Bazując na wynikach analizy elementarnej, stwierdzono, że fazę I stanowi głównie addukt melaminy z melem o stosunku molowym 2:1, a fazę II addukt 1:2. Podczas ogrzewania melaminy można otrzymać także addukty melaminy z melem o składzie 1:1 oraz 1:3 [17]. Melem jako odrębna faza krystaliczna zaczyna się formować w temperaturze 380°C [16].

Niektórzy autorzy sugerują, że podczas sublimacji melaminy, która zaczyna się w temperaturze ok. 350°C, zachodzi w niewielkim stopniu rozkład melaminy do cyjanamidu, który może reagować następnie z melaminą, prowadząc do melemu [7]:



UNEP i Konwencja Sztokholmska w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych, obowiązująca w Polsce i Europie, zabroniły w 2009 r. stosowania niektórych halogenopochodnych retardantów palenia. Alternatywą mogą być związki zawierające dużo azotu, np. takie pochodne triazyny i heptazyny jak melem [18-20] oraz addukt melamina-melem (1:2). Podjęto badania w celu opracowania prostych i tanich metod otrzymywania powyższych związków na skalę laboratoryjną. W pracy przedstawiono także wyniki badań uniepalniającego wpływu melemu oraz adduktu  $[C_3N_6H_6][C_6N_{10}H_6]_2$  dla żywicy Epidian 5 utwardzanej za pomocą utwardzacza Z-1 w temperaturze pokojowej.

## Część doświadczalna

### Materiały

Melamina – cz., prod. Zakłady Azotowe "Puławy", Polska; węglan guanidyny – cz., prod. BOREALIS, Polska; mocznik – cz. POCH, Polska; kwas izocyjanurowy – cz., prod. Fluka, Szwajcaria; żywica epoksydowa Epidian 5 i utwardzacz Z-1, prod. Zakłady Chemiczne „Organika Sarzyna”, Polska.

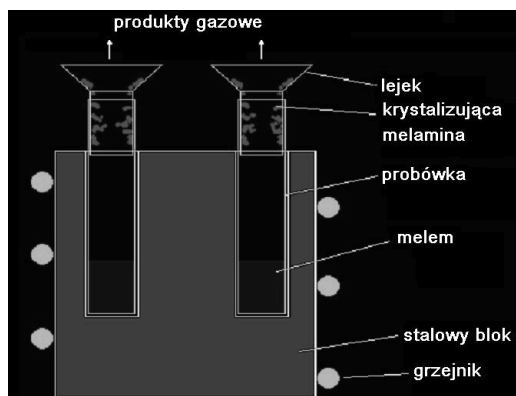
### Synteza melemu

#### *Piroliza w piecu muflowym*

Do nagrzanej komory pieca muflowego FCF7SM (produkcji polskiej firmy Czylok z mikroprocesorowym sterownikiem temperatury) wstawiano tygiel porcelanowy z surowcem. Pirolizę prowadzono w zadanym czasie (tabela 1). Po zakończeniu reakcji gorący tygiel wyciągano z komory pieca i pozostawiano do ostygnięcia.

#### *Piroliza w piecu z termostatowanym blokiem metalu PTB*

Idea pirolizy za pomocą pieca z termostatowanym blokiem została zobrazowana na rys. 1. Pirolizę prowadzono w próbkach wykonanych ze szkła SIMAX (długość 150 mm, średnica zewnętrzna 15 mm) zaopatrzonych u góry w małe, dopasowane szklane lejki (długość nóżki 40 mm, średnica zewnętrzna nóżki 12 mm, wysokość stożka 13 mm, średnica max stożka 25 mm). Po ostygnięciu ostrożnie usuwano lejki zawierające melaminę, która osiadła w wyniku sublimacji. Następnie melem wysypywano z próbek za pomocą podłużnej łopatkii wykonanej z nierdzewnej stali.



Rys. 1. Schemat pieca PTB z umieszczonymi próbkami

Czysty melem otrzymywano w piecu skonstruowanym przez autora niniejszej pracy (rys. 1), metodą trójstopniowej pirolizy melaminy (tabela 1, nr 8). Opis pieca: piec z termostatowanym blokiem metalu (PTB) (rys. 2) ma stalową konstrukcję; izolację stanowi wełna mineralna, moc grzejnika wynosi 2 kW; układ sterowania pieca stanowi moduł złożony z regulatora temperatury ESM-3711-H sprzężony z triakowym regulatorem mocy. Czujnikiem temperatury jest termopara typu J. W stalowym bloku wykonane zostały komory o głębokości 110 mm do umieszczania próbek oraz otwór na termoparę. Dokładność regulacji temperatury pieca wynosi  $\pm 1^\circ\text{C}$  przy pracy do  $450^\circ\text{C}$ , maksymalna temperatura pracy wynosi  $800^\circ\text{C}$ .

### Synteza adduktu melamina-melem

Addukt melamina-melem  $[\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6][\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6]_2$  syntezowano metodą pirolizy melaminy w piecu PTB, stosując takie same próbki ze szklanymi lejkami jak w przypadku melemu.



Rys. 2. Piec elektryczny skonstruowany przez autora

## **Wykonywanie beleczek żywicy epoksydowej z dodatkiem retardantów**

Do plastikowego pojemnika wsypywano naważkę retardera, następnie dodawano odpowiednią ilość żywicy epoksydowej Epidian 5 i utwardzacza Z-1. Mieszaninę dokładnie mieszano ręcznie za pomocą szklanej bagietki. Po zhomogenizowaniu mieszaninę wylewano do gniazd form wykonanych z tektury impregnowanej za pomocą kleju silikonowego. Żywica utwardzała się w temperaturze pokojowej. Po kilku dniach ostrożnie rozcinano formy i wydobywano belecзки. Wykonane w ten sposób belecзки zawierały od 0 do 20% wag. retardera. Stosunek wag. żywicy Epidian 5 do utwardzacza Z-1 wynosił 100:12.

## **Metody analityczne**

Analizę elementarną produktów wykonywano w analizatorze elementarnym EA 1108, Carlo-Erba oznaczając zawartość węgla, wodoru i azotu. Widma IR wykonywano w postaci pastylek z KBr w spektrometrze PARAGON 1000 FT IR, Perkin Elmer. Obrazy powierzchni melemu wykonano za pomocą wysokorozdzielczego elektronowego mikroskopu skaningowego JEOL JSM-7500F. Do rentgenografii proszkowej melemu zastosowano dyfraktometr rentgenowski proszkowy Siemens D5005 (Bruker/AXS). Badania właściwości adsorpcyjnych melemu wykonano za pomocą urządzenia AUTOSORB-1 firmy Quantochrome. Badania odporności termicznej wykonano za pomocą termowagi TGA/DSC 1 (Mettler). Badania palności utwardzonych próbek żywicy wykonywano zgodnie z normą [21].

## **Dyskusja wyników**

### **Opracowanie laboratoryjnej metody syntezy melemu**

Badania rozpoczęto od możliwości adaptacji kilku opisanych w literaturze metod syntezy melemu. Pominięto metody polegające na pirolizie w zatopionych, szklanych ampułkach cyjanamidu, dicyjanamidku amonu, dicyjanodiamidu i melaminy, które pozwalają na otrzymanie zaledwie kilkudziesięciu mg produktu z jednej ampułki [7]. Zastosowano bardziej efektywne metody opisane w patentach [9–13], wykorzystując tanie i łatwo dostępne surowce, takie jak: węglan guanidyny, melamina, mocznik i kwas izocyjanurowy (tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie metod otrzymywania melemu i analiza produktów pirolizy

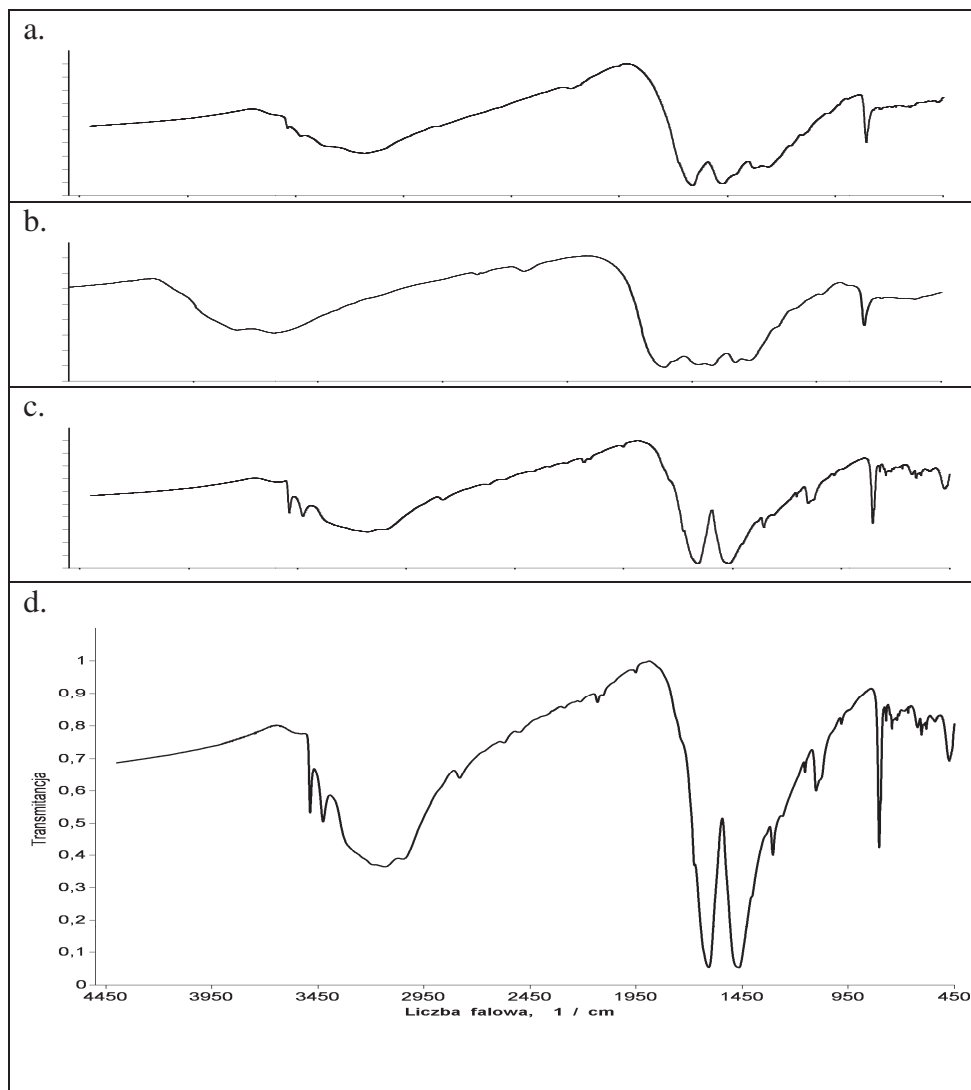
Nr	Substrat	Metoda	Wydajność [%]	Skład elementarny
1	Węglan guanidyny	Piroliza w tyglu porcelanowym w piecu muflowym w temp. 390°C w ciągu 1 h	59,3	%C = 33,27; %H = 1,60; %N = 62,17; C/N = 0,535
2	Węglan guanidyny	Piroliza w piecu PTB w temp. 390°C w ciągu 1h	86,5	%C = 32,76; %H = 1,47; %N = 62,16 C/N = 0,527
3	Mieszanka 33% mocznika, 67% melaminy	Piroliza w piecu PTB, 380 °C w ciągu 1h	–	%C = 32,96; %H = 2,00; %N = 61,27; C/N = 0,538
4	Mieszanka 70% kwasu izocyjanurowego, 30% melaminy	Piroliza w piecu PTB, 200–450°C w ciągu 1h	–	%C = 29,85; %H = 2,24; %N = 47,04; C/N = 0,635
5	Melamina	Piroliza w PTB w temp. 470°C w ciągu 1 h	47,4	%C = 33,16; %H = 2,23; %N = 63,81; C/N = 0,520
6	Melamina	Piroliza w PTB w temp. 450°C w ciągu 1 h	56,6	%C = 32,96; %H = 2,01; %N = 63,75; C/N = 0,517
7	Melamina	Piroliza w piecu PTB, 400°C w ciągu 1 h	74,0	%C = 32,42; %H = 2,69; %N = 64,04; C/N = 0,506
8	Melamina	Trzystopniowa piroliza w piecu PTB, 3h w 350°C, nagrzanie do 400°C z szybkością 2,5°C/min i 2,5 h w 400°C	88,5	%C = 32,72; %H = 2,56; %N = 63,60; C/N = 0,514

Obliczony skład elementarny melemu:

$C_6H_6N_{10}$ : %C 33,03; %H 2,75; %N 64,22; C/N = 0,514.

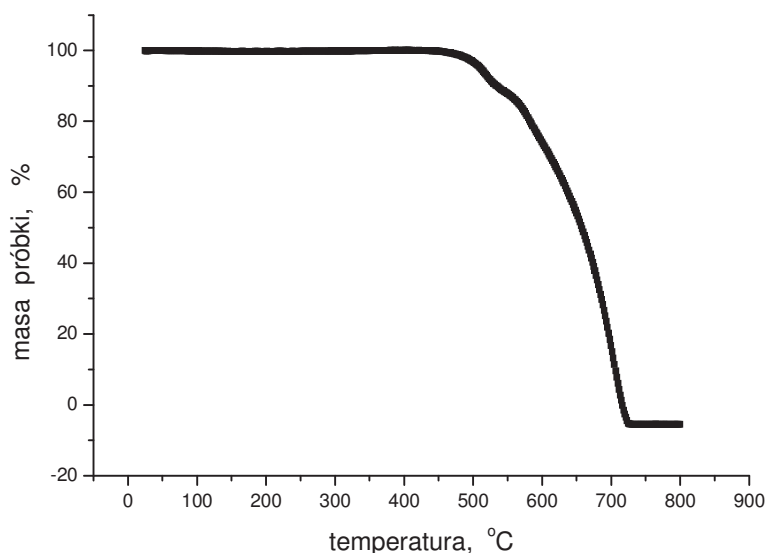
Pierwsze próby otrzymania melemu polegały na pirolizie węglanu guanidyny w tyglu porcelanowym w temp. 390°C w ciągu 1 godz. na podstawie metody opisanej w patencie [9]. Analiza elementarna otrzymanego produktu wykazała, że z węglanu guanidyny nie można otrzymać czystego melemu, niezależnie od pieca, w którym prowadzi się proces pirolizy. Ponadto wadą stosowania pieca muflowego jest konieczność otwierania drzwiczek pieca na 30 sekund co 20 minut w celu odpędzania gazowych produktów oraz zatykanie się szpar pomiędzy drzwiczkami a komorą przez resublimującą melaminę.





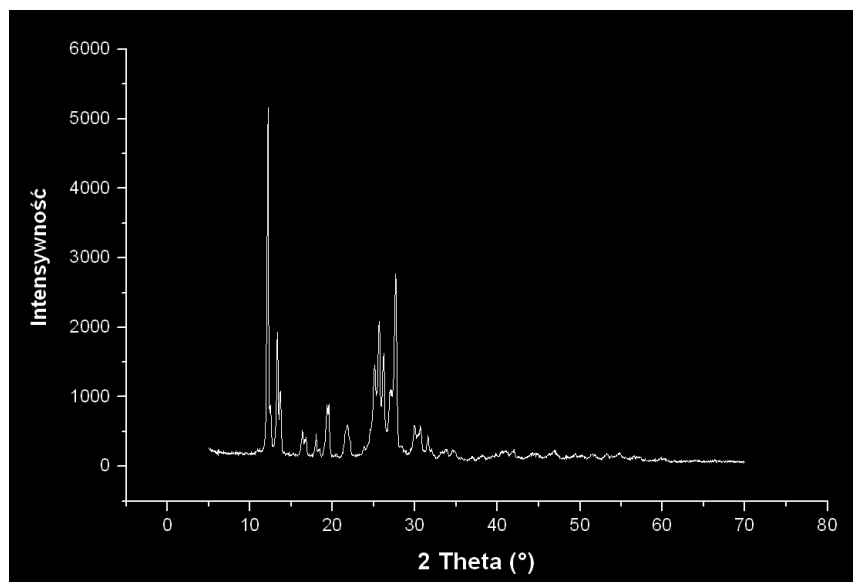
Rys. 3. Widma IR niektórych produktów pirolizy prowadzącej do otrzymania melemu z węglanu guanidyny w temperaturze 390°C w piecu muflowym (a); mieszaniny mocznika z melaminą o stosunku wagowym 1:3 w temperaturze 200–450 °C, 1 h w piecu PTB (b); melaminy w temperaturze 450°C, 1 h w piecu PTB (c); melaminy, metodą trzystopniową w temperaturze 350–400°C w piecu PTB (d)

Prażenie mieszaniny melaminy z mocznikiem lub kwasem izocyjanurowym także nie prowadzi do uzyskania melemu o odpowiedniej czystości. Z kolei podczas pirolizy melaminy w temperaturze 470°C występują bardzo duże straty użytego substratu (tabela 1, nr 5), spowodowane jego intensywną sublimacją. Zdecydowanie najlepszym sposobem otrzymania melemu jest metoda trzystopniowej pirolizy melaminy, zachodząca w piecu PTB, najpierw w temperaturze 350°C w ciągu 3 godz., następnie próbka jest nagrzewana do 400°C z szybkością 2,5°C/min, po czym przez 2,5 godz. w temperaturze 400°C. Wskazuje na to analiza elementarna (por. tabela 1, nr 8), widmo IR (rys. 3) oraz analiza termiczna, w której na termogramie (rys. 4) ubytek masy występuje dopiero w temperaturze powyżej 450°C.

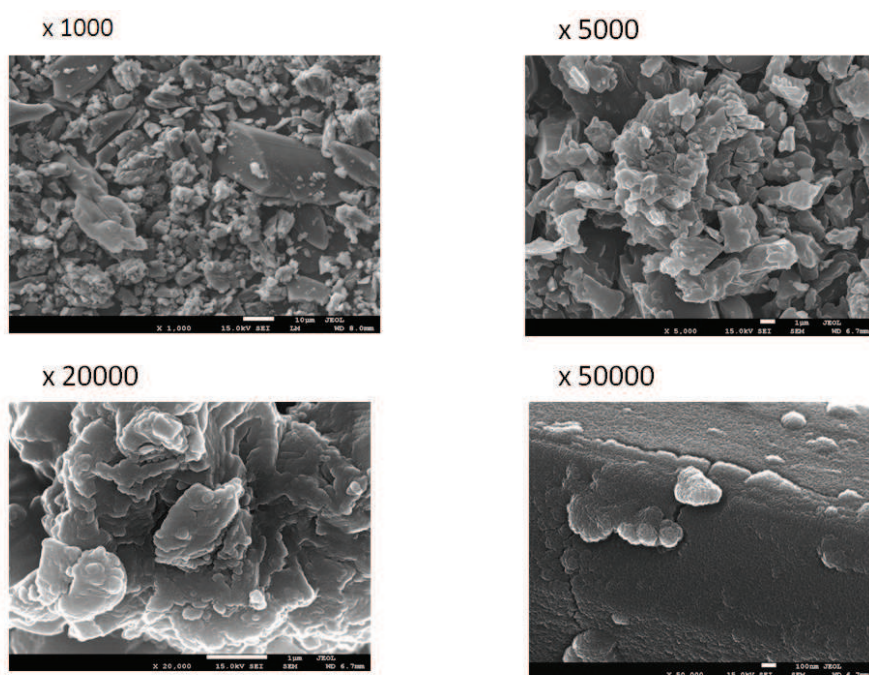


Rys. 4. Analiza termiczna otrzymanego melemu

Widmo IR produktu o najlepszej czystości wykazuje bardzo dobrą zgodność z widmem literaturowym melemu [8]. Można na nim zauważyć cztery charakterystyczne pasma od drgań pierścienia cyjamelurowego: bardzo silne przy 1609 i 1466 oraz silne przy 1306 i 805  $\text{cm}^{-1}$  [2, 7]. Również rentgenogram proszkowy jest zgodny z literaturowym (rys. 5). Badania powierzchni melemu za pomocą mikroskopu skaningowego (rys. 6) oraz badania właściwości adsorpcyjnych wykazały, że otrzymany melem ma słabo rozwiniętą powierzchnię, nie ma mikro- ani mezoporów. Oznaczona powierzchnia właściwa melemu wynosi 5,14  $\text{m}^2/\text{g}$ .



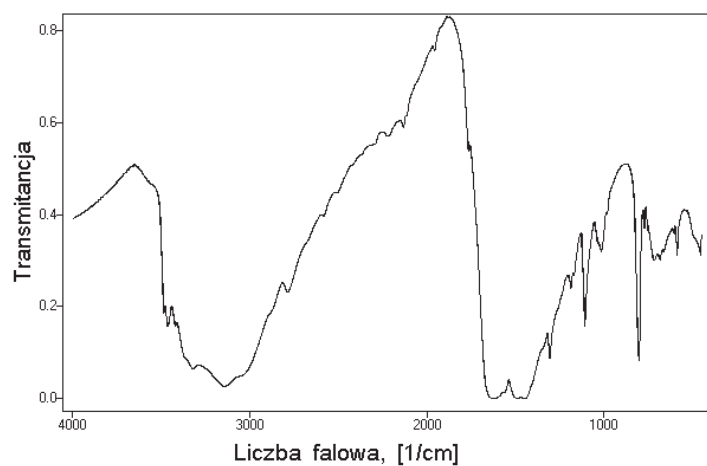
Rys. 5. Proszkowy dyfraktogram rentgenowski otrzymanego melemu



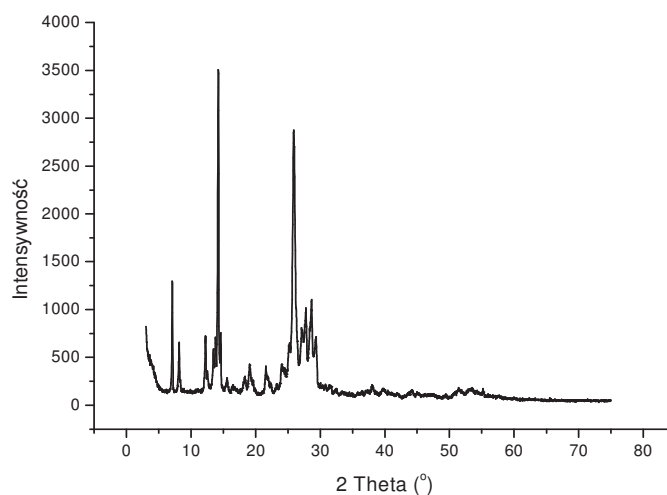
Rys. 6. Obrazy otrzymanego melemu wykonane za pomocą mikroskopu skaningowego

### Opracowanie laboratoryjnej metody syntezy adduktu melamina-melemu $[\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6][\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6]_2$

Prace zmierzające do opracowania metody syntezy czystego melemu przyczyniły się w dużym stopniu do opracowania metody syntezy adduktu melamina-melemu  $[\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6][\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6]_2$ . Aby otrzymać ten addukt, melaminę poddawano pirolizie w temp.  $350^\circ\text{C}$  w czasie 5 godz. Wyniki analizy elementarnej oznaczone: %C 31,40; %N 65,33; %H 2,892; C/N = 0,481; obliczone: %C 32,03; %N 64,74; %H 3,23; C/N = 0,495.



Rys. 7. Widmo IR otrzymanego adduktu  $[\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6][\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6]_2$



Rys. 8. Proszkowy dyfraktogram rentgenowski otrzymanego adduktu  $[\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6][\text{C}_6\text{N}_{10}\text{H}_6]_2$

Widmo IR (rys. 7) oraz rentgenogram proszkowy adduktu (rys. 9) wykazują dobrą zgodność z danymi literaturowymi [16].

### Wyniki badań palności próbek żywicy

Próbki żywicy zawierające od 5 do 20 % wag. retardera są samogasnące (tabela 2). W przypadku melemu najlepsze okazały się próbki o zawartości 12,5–15% melemu, spalaniu ulega 35–39 mm tworzywa w czasie 105–109 s. W przypadku próbek z adduktem najlepsze są dla zawartości 10% przy czasie palenia 102 s i długości spalonej próbki 32 mm. Można zauważyć wyraźnie silniejsze działanie uniepalniające adduktu przy małych zawartościach w żywicy (5–7,5%), gdyż znacznie mniej tworzywa próbek się spaliło i czas palenia był znacznie krótszy (tabela 2, nr 1 i 2). W przypadku adduktu nie zachodzi tak wyraźna zależność długości spalonej próbki od zawartości retardera, jak to jest w przypadku melemu.

Tabela 2. Wyniki badania palności żywicy epoksydowej Epidian 5 z dodatkiem melemu oraz adduktu melamina-melem (1:2) prowadzone wg PN-82/C-89023

Nr	Zaw. retardera [% wag.]	Dla próbek zawierających melem		Dla próbek zawierających addukt melamina-melem (1:2)	
		Czas palenia [s]	Długość spalonej próbki [mm]	Czas palenia [s]	Długość spalonej próbki [mm]
1	5,0	240	60	94	38
2	7,5	213	58	162	37
3	10,0	130,5	47	102	32
4	12,5	109	35	109	38
5	15,0	105	39	122	38
6	20,0	73,5	43	64	31

Próbka o zawartości 0% wag. retardera nie była samogasnąca. Spaliła się na całej długości 80 mm średnio w czasie 113 s. Podczas spalania próbek zazwyczaj spadało kilka płonących fragmentów tworzywa.

## Podsumowanie

Opracowano proste i tanie metody otrzymywania melemu oraz adduktu melamina-melem (1:2) na skalę laboratoryjną. Badania palności próbek żywicy epoksydowej Epidian 5 utwardzanej za pomocą utwardzacza Z-1 w temp. pokojowej z dodatkiem tych retardantów wykazały działanie uniepalniające. W przypadku melemu najlepszy efekt uniepalniający zachodził przy zawartości 12,5–15,0% wag. melemu, natomiast w przypadku adduktu  $[C_3N_6H_6][C_6N_{10}H_6]_2$  przy 10% zawartości w kompozycji. Stwierdzono silniejsze działanie uniepalniające w przypadku adduktu, gdyż małe dodatki 5–7,5% w kompozycji powodowały lepsze efekty uniepalniania żywicy.

## Podziękowania

Autor składa serdeczne podziękowania Pani dr Elżbiecie Bielańskiej za badania skaningowe melemu, Panu prof. dr hab. Wiesławowi Łasosze za wykonanie rentgenogramów proszkowych melemu i adduktu melamina-melem, oraz Panu prof. dr hab. Ryszardowi Grabowskiemu za badania właściwości adsorpcyjnych melemu.

Praca współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, projekt pn. „Podkarpacki fundusz stypendialny dla doktorantów”.

## Literatura

- [1] Liebig J., Ann. Chem. 10, 1834, 1.
- [2] Schwarzer A., Saplinova T., Kroke E., Coordination Chemistry Reviews, 257, 2013, s. 2032–2062.
- [3] Smolin E., Rapoport L., The chemistry of heterocyclic compounds, Interscience Publishers Inc., New York, 1967, s. 329.
- [4] Sattler A., Seyfarth L., Senker J., Schnick W., Z. Anorg. Allg. Chem., 631, 2005, s. 2545.
- [5] Sattler A., Schnick W., Z. Anorg. Allg. Chem., 634, 2008, s. 457.
- [6] Sattler A., Schnick W., Z. Anorg. Allg. Chem., 632, 2006, s. 238.
- [7] Jürgens B., Irran E., Senker J., Kroll P., Müller H., Schnick W., J. Am. Chem. Soc., 2003, 125, s. 10288.
- [8] Bidevkina M.V., Ivanov N.G., Toksikologicheskii Vestnik, (3), 2003, 49.
- [9] Patent ZSRR 1775402 (1992).
- [10] Patent japoński 2001172282.
- [11] Patent ZSRR 956481 (1982).
- [12] Patent ZSRR 707917 (1980).

- [13] Patent ZSRR 1294806 (1987).  
[14] May H., J. Appl. Chem., 1959, 9, s. 340.  
[15] Galperin V.A., Finkelsztejn A.I., Gavrilova N.K., Zh. Org. Khim., 7, 1971, s. 2431.  
[16] Lotsch B.V., Schnick W., Chem. Eur. J., 13, 2007, s. 4956.  
[17] Sattler A., Pagano S., Zeuner M., Zurawski A., Gunzelmann D., Senker J., Müller-Buschbaum K., Schnick W., Chem. Eur. J., 2009, 15, s. 13161.  
[18] Patent USA 2005/0101707.  
[19] Patent USA 2002/0010237.  
[20] Patent USA 7332534 (2008).  
[21] Norma PN-82/C-89023. Badanie zapalności tworzyw sztucznych w postaci beleczek.

Mariusz Ożóg  
*Politechnika Rzeszowska*

## RESEARCH OF METHODS OF OBTAINING OF MELEM AND MELAMINE-MELEM ADDUCT AND APPLICATION OF THESE COMPOUNDS FOR FLAME RETARDANCY OF EPOXY RESIN

### Abstract

UNEP and Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, ratified by Poland and European countries, forbade using of some halogenated flame retardants since 2009. Alternatively, compounds containing much nitrogen, e.g. triazine and heptazine derivatives can be applied in a few applications instead of halogen derivatives. The paper presents methods of obtaining of melem and melamine-melem adduct (1:2)  $[C_3N_6H_6][C_6N_{10}H_6]_2$  and also the equipment used for it constructed by the author. Flame retardancy of melem and adduct  $[C_3N_6H_6][C_6N_{10}H_6]_2$  in epoxy resin Epidian 5 with hardener Z-1 hardened in room temperature was researched. Some compositions were self-extinguishing. Melamine-melem adduct (1:2) is better flame retardant, than pure melem.

**Keywords:** melem, melamine-melem adduct, epoxy resin, cyamelure ring, flame retardant.