

BOGUSŁAW CZUPRYŃSKI<sup>\*)</sup>, JOANNA LISZKOWSKA, JOANNA PACIOREK-SADOWSKA

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego  
Instytut Techniki  
ul. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz  
<sup>\*)</sup> e-mail: czupr@ukw.edu.pl

## Modyfikacja sztywnej pianki poliuretanowo-poliizocyjanurowej wybranymi napełniaczami proszkowymi

**Streszczenie** — Przedmiotem badań były sztywne pianki poliuretanowo-poliizocyjanurowe (PUR-PIR) zawierające 5–25 % mas. napełniaczy (wodorotlenek glinu, melamina, skrobia, talk, kreda i boraks); próbę odniesienia stanowiła pianka PUR-PIR bez napełniacza. Oceniano 13 właściwości użytkowych produktów, uwzględniając przy tym zwłaszcza cechy charakteryzujące palność (retencja, czas palenia, zasięg płomienia i szybkość spalania). Na tej podstawie określono wpływ rodzaju i udziału badanych napełniaczy na jakość uzyskiwanych pianek.

**Słowa kluczowe:** pianki poliuretanowo-poliizocyjanurowe, napełniacze proszkowe, palność, właściwości mechaniczne.

### MODIFICATION OF RIGID POLYURETHANE-POLYISOCYANURATE FOAM WITH SELECTED POWDER FILLERS

**Summary** — The rigid polyurethane-polyisocyanurate (PUR-PIR) foams containing 5–25 wt. % of the fillers (aluminum hydroxide, melamine, starch, talc, chalk or borax) were the subjects of investigations. A PUR-PIR foam without the filler was a standard control sample. Thirteen functional properties of the products were estimated, taking into account especially the features characterizing combustibility (retention, burning time, combustion range and rate). On this basis the effects of the type and part of the fillers studied on the quality of the foams obtained were determined.

**Key words:** polyurethane-polyisocyanurate foams, powder fillers, combustibility, mechanical properties.

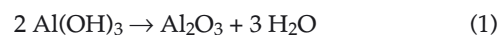
W celu zmniejszenia palności a także polepszenia charakterystyki wytrzymałościowej pianek poliuretanowo-poliizocyjanurowych stosuje się w toku ich syntezy dodatki w postaci niepalniaczy płynnych (np. produkt „Antiblaze TMCP” lub ciekłe związki boru) [1] bądź organicznych albo nieorganicznych napełniaczy proszkowych [2, 3]. Modyfikując zaś te dodatki ogranicza się ich niekorzystne oddziaływanie na tworzywo, takie jak pogorszenie właściwości dielektrycznych i przetwórczych lub wzrost absorpcji wilgoci kompozycji. W procesie przygotowywania niezbędna jest więc specjalna obróbka powierzchni i zwiększenie stopnia rozdrobnienia użytych dodatków.

Przykład nieorganicznego napełniacza proszkowego stanowi talk (krzemian magnezowy) zmniejszający podatność kompozycji na pękanie pod obciążeniem. Wprowadzony do polimerów termoplastycznych zwiększa on ich sztywność i odporność cieplną [4]. Innym przykładem jest węgiel wapnia, uzyskiwany głównie w wyniku rozdrobnienia skał (kredy, wapienia, marmuru, dolomitu). Znane jego odmiany to kalcyt i aragonit. Węgiel wapnia stosuje się do napełniania m.in. poli(chlorku winylu), polietylenu, poliuretanów

(m.in. pianek), mas uszczelniających (poliuretanowych, silikonowych, epoksydowych i in.) oraz gumy. Kompozycje zawierające CaCO<sub>3</sub> charakteryzują się bardzo małym zużyciem ciernym [4–7].

Palność wyrobów z poliuretanów (stanowiących przedmiot naszych badań) można polepszyć stosując zmodyfikowane krzemionki [8], talk [9] oraz wodorotlenki glinu [10] lub innych metali [11]. Mianowicie, w wyniku rozkładu np. Al(OH)<sub>3</sub> (temperatura rozkładu 205 °C), uwolniona para wodna przedostaje się do strefy spalania w płomieniu i tam — jako dodatkowy składnik — zmniejsza stężenie gazów palnych oraz tlenu. Obniża się zatem temperatura płomienia, a powstające tlenki metali tworzą na powierzchni materiału warstwę ochronną utrudniającą transport lotnych produktów do płomienia i tlenu do wnętrza tworzywa. Warstwa ta tłumi także wydzielanie się dymu.

Proces rozkładu Al(OH)<sub>3</sub> przedstawia równanie (1) [12]:



Celem referowanej tu pracy były badania wpływu wybranych napełniaczy proszkowych na właściwości

użytkowe sztywnych pianek poliuretanowo-poliizocyjanurowych (PUR-PIR).

### CZEŚĆ DOŚWIADCZALNA

#### Materiały

##### Podstawowe składniki pianek

Sztywne pianki PUR-PIR otrzymywano z polieteru „Rokopol RF-55”, uzyskiwanego na drodze oksypropylenowania sorbitolu o  $L_{OH} = 495,0$  mg KOH/g, prod. Zakładów Chemicznych „Rokita” SA w Brzegu Dolnym oraz z technicznego poliizocyjanianu „Ongromat CR 20-30”, prod. węgierskiej, którego głównym składnikiem jest 4,4'-diizocyjanianodifenylometan; gęstość w temp. 25 °C — 1,23 g/cm<sup>3</sup>, lepkość w tej temperaturze — 200 mPa · s, zawartość grup — NCO 31,0 %.

Surowce te charakteryzowano wg następujących norm: polieter — ASTM D 2849-69 i poliizocyjanian — ASTM D 1638-70.

Katalizatorem reakcji syntezy pianek był bezwodny octan potasu (prod. POCh, Gliwice stosowany w postaci 33-proc. roztworu w glikolu dietylenowym, tzw. katalizator 12, oraz trietylenodiamina „Dabco 33LV”, prod. firmy Hüls, Niemcy) jako 33-proc. roztwór w glikolu dipropylenowym.

Stabilizator struktury pianek stanowił polisiloksanopolioksyalkilenowy środek powierzchniowo czynny „Silicone L-6900”, prod. firmy Witco, Szwecja.

Rolę poroforu pełnił ditlenek węgla powstający w wyniku reakcji wody z grupami izocyjananowymi.

Stałym składnikiem pianek był także ciekły środek uniepalniający — fosforan tri(2-chloro-1-metyloetoxylo) „Antiblaze TMCP”, prod. firmy Albright and Wilson, Wielka Brytania.

##### Napełniacze

Zastosowano następujące napełniacze proszkowe o właściwościach podanych przez producentów:

— skrobia ziemniaczana cz.d.a., prod. P.P.H. Polskie Odczynniki Chemiczne, pH 2-proc. roztworu w temp. 25 °C 4,5—6,0, temperatura zeszklenia  $T_g$  152 °C;

— talk [ $Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$  — zasadowy krzemian magnezu], biały proszek, prod. Luzenac Naintsch, Niemcy, gęstość 2,58—2,83 g/cm<sup>3</sup> (rozcieńczalnik przeciwpalny);

— wodorotlenek glinu, prod. Reachim, Rosja, ciało stałe barwy białej, bez zapachu, pH 8—9 (100 g/dm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O, temp. 20 °C), gęstość 2,4 g/cm<sup>3</sup>, ciężar nasypowy ok. 600 kg/m<sup>3</sup> (rozcieńczalnik przeciwpalny);

— kreda (CaCO<sub>3</sub>), „Socal N25”, producent Eben Seer Solvay-Werke, Austria, ciało stałe barwy białej, bez zapachu, proszkowy napełniacz mineralny (antypiren — zmniejsza palność i oddziaływanie płomienia);

— boraks [ $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$  — dziesięciowodny tetraboran sodu], produkcji czeskiej, bezbarwne, wietrzejące na powietrzu, słabo rozpuszczalne w wodzie

(w temp. 21 °C 2,7 g/100 cm<sup>3</sup>) krystaliczne ciało stałe, gęstość w temp. 20 °C 980 kg/m<sup>3</sup> (antypiren);

— melamina (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>N<sub>6</sub>) — biały proszek, producent POCh, Gliwice, substancja nietoksyczna i niepalna, pH w wodzie 7,5—8,5 (antypiren) [13—15].

##### Synteza sztywnych pianek PUR-PIR

Pianki otrzymywano w skali laboratoryjnej metodą jednostopniową z układu dwuskładnikowego (A i B), w stosunku równoważnikowym grup -NCO do -OH równym 3:1. Składnik A uzyskiwano w wyniku dokładnego wymieszania (szybkość obrotów mieszadła — 1800 obr./min, czas mieszania 10 s) odpowiednich ilości (por. dalszy tekst) „Rokopolu RF-55”, napełniaczy, katalizatorów, środka zmniejszającego palność i środka powierzchniowo czynnego. Składniki A i B („Ongromat CR 30-20”) mieszano (1800 obr./min, czas mieszania 10 s) w odpowiednim stosunku masowym i wlewano do otwartej formy prostopadłościenną o wymiarach 195 × 195 × 240 mm. Powstające pianki po wyjęciu z formy termostatowano w ciągu 4 h w temp. 120 °C, po czym sezonowano w ciągu 48 h w temp. 20 ± 4 °C, cięto i oznaczano podstawowe właściwości według obowiązujących norm.

##### Metodyka badań [1—3, 12, 16—18]

##### Parametry przetwórcze

— Czas startu — czas od momentu zmieszania komponentów do chwili, gdy mieszanina zaczyna zwiększać swoją objętość;

— czas wzrostu — zaczyna się w chwili ekspansji objętościowej mieszaniny reakcyjnej a kończy, gdy pianka osiągnie maksymalną objętość;

— czas żelowania — czas przejścia mieszaniny reakcyjnej ze stanu półpłynnego w stały polimer (powierzchnia pianki przestaje się przyklejać do szklanej bagietki).

##### Charakterystyka pianek

Oceniano następujące typowe właściwości użytkowe:

— wytrzymałość na ściskanie (maszyna wytrzymałościowa 5544 firmy Instron, norma PN-EN ISO 604);

— kruchość (urządzenie do badania kruchości zgodnie z normą ASTM C-421-61);

— odporność cieplną (temperatura mięknięcia według Vicata, aparat Vicat, norma PN-93/C-89024; ISO 306:1987);

— gęstość (według normy PN-EN ISO 604);

— zmianę wymiarów liniowych, ubytek masy, zmianę objętości (po termostatowaniu w temp. 120 °C w ciągu 48 h, norma ISO 1923:1981);

— współczynnik przewodnictwa cieplnego (aparat „FOX 200” firmy Lasercomp);

— zawartość komórek zamkniętych (norma PN ISO 4590:1994);

— chłonność wody (norma DIN 53433).

Ponadto charakteryzowano:

— Palność badaną w teście poziomym (norma PN-78/C-05012), zgodnie z którym określano czas palenia, zasięg płomienia i szybkość spalania w teście pionowym (ASTM D 3014-73) polegającym na oznaczaniu retencji (pozostałości po spalaniu).

— Skład produktów gazowych w toku rozkładu oceniany za pomocą chromatografu gazowego „Trace 2200” firmy Laboservice wyposażonego w detektor płomienio-jonizacyjny FID (kolumna DB5, prędkość grzania 60 °C/min, temperatura kolumny 50–160 °C, temperatura detektora 250 °C, temperatura komory nastrzykowej 180 °C, nastrzyk próbki strzykawką gazoszczelną pojemności 0,5 ml). Analizy wyników dokonano przy użyciu analitycznej stacji komputerowej zaopatrzonej w oprogramowanie „Chrom-Card”. Rozkład pianki prowadzono w kolbie w temp. 300 °C.

— Widma IR rejestrowano spektrofotometrem „Vector” firmy Bruker, technika KBr, w zakresie od 400 cm<sup>-1</sup> do 4000 cm<sup>-1</sup>.

#### WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W skład spienianych przez nas mieszanin reakcyjnych wchodziły poniższe, stałe ilości następujących składników: „Rokopol RF-55” — 60 g, „Ongromat 20-30” — 284 g, „Silicone L-6900” — 5,16 g, „Dabco 33LV” — 3,1 g, katalizator 12 — 7,2 g, „Antiblaze TMCP” — 51,6 g oraz woda destylowana — 3,78 g. Zmienne były natomiast ilości poszczególnych napełniaczy wynoszące w każdym wypadku 5 % mas. (17,2 g), 10 % mas. (34,4 g), 15 % mas. (51,6 g), 20 % mas. (68,8 g) lub 25 % mas. (86,0 g).

Symbol każdej próbki składa się z oznaczenia literowego odpowiadającego rodzajowi napełniacza (T — talk, S — skrobia, K — kreda, B — boraks, A — wodorotlenek glinu, M — melamina) oraz z liczby określającej zawartość napełniacza w % mas. Tak więc próbka K15 oznacza piankę zawierającą w charakterze napełniacza 15 % mas. kredy. Próbkę wzorcową złożoną wyłącznie ze składników stałych (bez napełniacza) mają symbol W.

Wykonaliśmy po pięć spienień każdego systemu. Wyniki badań zebrano w tabeli 1.

Parametry przetwórcze, tj. czasy startu, wzrostu i żelowania mierzone podczas syntezy pianek zawierających napełniacz, ulegały przedłużeniu w porównaniu z odpowiednimi parametrami dotyczącymi pianki wzorcowej (W); wyjątek stanowiły czasy startu serii pianek z talkiem — 10 s.

Maksymalne wartości tych czasów, w zależności od rodzaju napełniacza, wynoszą:

— czas startu (pianka wzorcową 15 s) — 22 s, napełniacz kreda, próbka K15;

— czas wzrostu (pianka wzorcową 18 s) — 74 s, napełniacz kreda, próbka K20;

— czas żelowania (pianka wzorcową 36 s) — 125 s, napełniacz talk, próbka T25.

Gęstość pozorną otrzymanej pianki wzorcowej (W) wynosi 36,96 kg/m<sup>3</sup>. W przypadku pianek z dodatkiem wodorotlenku glinu rośnie ona od 41,3 kg/m<sup>3</sup> do 54,7 kg/m<sup>3</sup>, pianek zawierających kredę od 40,5 kg/m<sup>3</sup> do 52,7 kg/m<sup>3</sup> i pianek z talkiem zaś z 39,4 kg/m<sup>3</sup> do 50,1 kg/m<sup>3</sup>. Maleje natomiast w piankach z boraksem z 21,5 kg/m<sup>3</sup> do 12,7 kg/m<sup>3</sup>, ze skrobią też wyraźnie maleje z 37,6 kg/m<sup>3</sup> do 30,0 kg/m<sup>3</sup>, z melaminą zmniejsza się jedynie nieznacznie z 36,97 kg/m<sup>3</sup> do 35,10 kg/m<sup>3</sup>. Powyższe dane świadczą o wyraźnym wpływie tych modyfikatorów na procesy spieniania, a w konsekwencji — na zmianę charakterystyki modyfikowanych pianek.

Wymiary liniowe i objętość oraz ubytek masy ulegają bardzo niewielkim zmianom, z wyjątkiem zmiany objętości próbek zawierających skrobię (S).

Retencja, w porównaniu z wartością odpowiadającą próbce wzorcowej rośnie, a ponadto rośnie wraz ze zwiększaniem udziału napełniacza; wyjątek stanowi tu tylko boraks. Mianowicie, retencja pianki wzorcowej wynosi 76,6 % a retencje pianek z maksymalną zawartością poszczególnych napełniaczy (25 % mas.) to: 86,87 % — z melaminą, 86,57 % — z talkiem, 95,4 % — z Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oraz 86,7 % — ze skrobią a jedynie w przypadku boraksu obserwuje się zjawisko odwrotne — zmniejszenie retencji, najwyraźniejsze w próbce B20 (67,76 %).

Wyznaczony w teście poziomym czas palenia po odsunięciu płomienia, w odniesieniu do pianek z udziałem kredy, boraksu i wodorotlenku glinu wynosił 0 sekund; pianki takie określa się jako samogasnące. Pianki z melaminą, talkiem i skrobią po odsunięciu płomienia nadal się paliły, mierzono zatem czas i szybkość ich spalania. Stwierdzono, że czas ten był na ogół krótszy niż pianki wzorcowej.

Zasięg płomienia pianek z melaminą i skrobią zwiększa się wraz ze wzrostem zawartości napełniacza, a w przypadku pianek z pozostałymi napełniaczami zależność jest odwrotna.

Uogólniając powyższe wyniki można stwierdzić, że najkorzystniejszym dodatkiem uniepalniającym okazał się wodorotlenek glinu, gdyż czas palenia pianki z jego udziałem wynosi 0 s, a pozostałość po spalaniu (retencja) równa jest niemal 100 % (A25).

Dodatek do pianki wzorcowej maksymalnej ilości kredy powoduje wzrost kruchości z 41,09 % (W) do 54,79 % (K25), melaminy — mniejszy wzrost (do 51,17 %) (M25), natomiast dzięki dodaniu maksymalnych ilości wodorotlenku glinu, boraksu, skrobi lub talku kruchość pianek maleje odpowiednio do: 26,6 % (A25), 5,34 % (B25), 6,6 % (S25) i 18,0 % (T25).

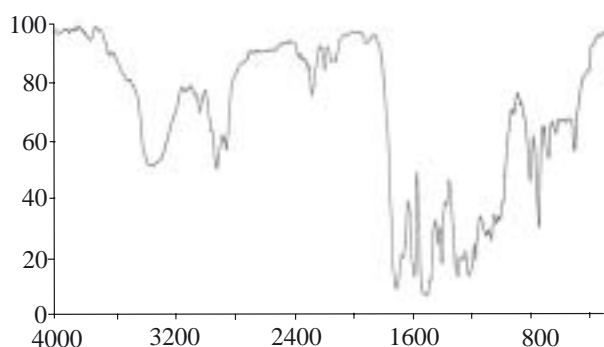
W miarę wzrostu udziału napełniaczy w piankach (od 5 % do 25 %) maleje ich temperatura mięknięcia z 230 °C (W) do 216 °C (A25), 194 °C (K25), 22 °C (B25), 190 °C (M25) i do 145 °C (S25) a jedynie w przypadku talku temperatura ta rośnie do 246 °C (T25).

Zastosowanie w charakterze napełniaczy maksymalnej ilości (25 % mas.) wodorotlenku glinu, kredy lub talku powoduje zwiększenie wytrzymałości pianek na

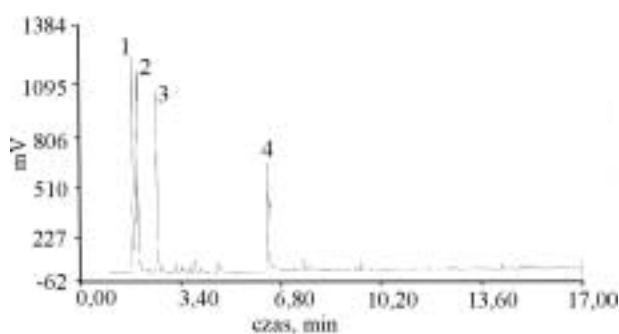
T a b e l a 1. Właściwości pianek: wzorcowej (W) i zawierających melaminę (M), talk (T), kredę (K), boraks (B), wodorotlenek glinu (A) lub skrobię (S)  
 T a b l e 1. Properties of the foams: standard one (W) and those containing melamine (M) talc (T), chalk (K), borax (B), aluminum hydroxide (A) or starch (S)

Symbol pianki	Czas startu s	Czas wzrostu s	Czas zelowania s	Kruchość %	Wytrzymałość na ściskanie kPa	Temperatura mięknięcia °C	Retencja %	Czas palenia s	Zasięg płomienia mm	Szybkość spalania mm/s	Zmiana masy, % mas.	Zmiana objętości % obj.	Chłonność wody % obj.	Gęstość kg/m <sup>3</sup>	Zawartość komórek zamkniętych % obj.	Współczynnik przewodzenia ciepła mW/mK
W	15	18	36	41,09	221,70	230	76,60	4	36	9,00	0	0	1,80	36,96	91,5	35,54
M5	17	48	41	23,05	200,80	230	79,56	7	42	6,00	-4,23	-0,87	1,05	36,97	82,2	34,23
M10	17	53	49	25,70	197,34	227	81,09	6	40	6,66	-7,80	-3,23	1,90	35,87	78,6	34,54
M15	17	52	49	58,24	186,98	208	83,25	4	32	8,00	-1,30	-0,54	2,00	35,60	75,5	35,43
M20	18	56	49	30,02	154,70	198	86,40	6	47	7,80	-3,30	-7,00	2,30	35,40	67,4	35,23
M25	17	61	53	51,17	150,32	190	86,87	6	52	8,66	-0,98	-2,30	2,40	35,10	63,3	34,98
T5	10	42	44	34,74	276,0	230	75,4	10	32	3,20	0	-0,42	0,3	39,40	98,5	33,6
T10	10	52	55	32,37	286,0	235	78,5	8	31	3,90	0	-0,69	0,4	41,24	98,1	34,8
T15	10	35	38	31,06	297,2	238	78,9	7	30	4,30	-1,80	-0,51	0,9	44,80	98,3	35,2
T20	10	59	103	27,21	304,0	241	81,8	6	25	4,20	-0,90	-0,42	1,0	47,87	98,0	34,2
T25	10	65	125	18,00	330,0	246	86,5	5	20	4,00	-0,30	-0,46	1,1	50,10	97,9	34,9
K5	18	45	43	32,93	232,6	201	88,6	0	40	0,67	0	-0,15	2,4	40,50	95,7	34,4
K10	18	54	51	41,38	272,5	196	88,6	0	36	0,60	0	-0,16	1,9	48,10	95,2	35,1
K15	22	69	65	45,48	255,8	193	88,4	0	29	0,48	0	-0,15	1,2	50,60	94,8	33,2
K20	20	74	64	49,54	224,3	195	87,7	0	27	0,45	0	-0,13	0,9	51,30	95,1	34,6
K25	19	48	45	54,79	237,2	194	87,6	0	25	0,42	0	-0,22	0,9	52,70	94,6	35,3
B5	17	47	38	28,49	80,2	150	68,9	0	24	0,40	0,31	4,69	9,5	22,0	66,2	34,5
B10	20	55	50	19,56	52,6	81	68,0	0	25	0,42	0,32	1,94	12,4	15,55	65,9	34,2
B15	21,5	56	55	9,33	33,1	48	66,6	0	22	0,36	1,28	1,67	12,1	13,70	65,0	35,5
B20	20	55	51	7,33	25,8	40	60,8	0	19	0,31	-1,79	-4,66	13,2	12,70	64,0	34,3
B25	20	45	40	5,34	32,9	22	63,8	0	13	0,21	0,45	-18,42	13,8	15,20	63,8	35,3
A5	19	51	45	39,7	164,6	231	86,3	0	41	0,68	0	-0,26	1,7	41,30	93,5	35,1
A10	19	53	50	35,7	195,6	243	96,3	0	40	0,66	0	-0,17	1,5	42,50	92,9	34,2
A15	19	54	55	29,2	285,8	220	88,9	0	48	0,80	0	-0,44	1,3	49,40	92,2	35,3
A20	19	54	55	29,7	289,7	222	95,5	0	38	0,63	0	-0,22	1,3	49,60	92,2	34,4
A25	19	55	58	26,6	389,8	216	95,4	0	29	0,48	0	-0,36	1,0	54,70	91,6	34,5
S5	17	47	45	37,9	206,6	201	83,3	10	30	3,0	0	18,90	1,4	37,60	87,0	34,8
S10	17	54	50	19,9	152,1	182	80,0	5	31	6,2	0	20,89	1,6	34,90	87,8	34,2
S15	17	56	50	15,1	129,1	163	81,6	3	35	11,6	0	16,52	1,9	31,90	87,1	34,1
S20	17,5	56	50	9,5	112,4	149	80,6	2	36	18,0	0	24,75	2,0	31,30	86,6	33,9
S25	17	65	59	6,6	99,3	145	86,7	2	37	18,5	0	37,98	2,2	30,00	86,2	33,5





Rys. 1. Widmo IR wzorcowej pianki PUR-PIR  
Fig. 1. IR spectrum of standard PUR-PIR foam



Rys. 2. Chromatogram produktów rozkładu pianki wzorcowej:  
1 — acetonitryl, 2 — akrylonitryl, 3 — benzen, 4 — styren  
Fig. 2. Chromatogram of the products of standard foam decomposition:  
1 — acetonitrile, 2 — acrylonitrile, 3 — benzene, 4 — styrene

ściskanie z 221,7 kPa (W) do, odpowiednio, 389,8 kPa, 237,4 kPa i 330,0 kPa. Natomiast wytrzymałość na ściskanie pianek z maksymalnym udziałem boraksu maleje do 32,9 kPa, skrobi — do 99,3 kPa a melaminy — do 150,32 kPa.

W widmach IR wzorcowej pianki PUR-PIR stwierdzono obecność charakterystycznych pasm wiązań izocyjanurowych ( $1710\text{--}1690\text{ cm}^{-1}$  i  $1410\text{ cm}^{-1}$ ) oraz uretanowych ( $1740\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ ) (rys. 1).

Badanie produktów rozkładu pianki W metodą chromatografii gazowej wykazało, że w wyniku tego procesu z próbki o masie 2 g wydobywa się ok. 150 ml substancji gazowych zawierających m.in. acetonitryl, akrylonitryl, benzen oraz styren (rys. 2).

Współczynnik przewodzenia ciepła badanych pianek waha się, niezależnie od rodzaju napełniacza, w wąskim przedziale 33,5—35,5 mV/mK.

Zawartość komórek zamkniętych zmienia się w zależności od rodzaju użytego napełniacza: maleje z 91,5 % obj. (próbka W) do 63,3 % obj. (melamina, próbka M25), 63,8 % obj. (boraks, próbka B25) lub 86,2 % obj.

(skrobia, próbka S25), rośnie do 98,0 % obj. (talk, próbka T5), bądź też niemal nie ulega zmianie — serie z kredą (K) oraz z wodorotlenkiem glinu (A).

Oceniana przez nas chłonność wody mieści się w przedziale 0,3—2,4 % obj. w odniesieniu niemal do wszystkich pianek; wyjątek stanowi seria z boraksem.

Warto również podkreślić, że pory w otrzymanych piankach miały jednakowe wymiary, co świadczy zarówno o właściwym doborze zastosowanego środka powierzchniowo czynnego oraz poroforu, jak i o braku wpływu zastosowanych napełniaczy na tę cechę.

Podsumowując przedstawione w niniejszej publikacji wyniki można stwierdzić, że dodatek zbadanych napełniaczy w procesie otrzymywania sztywnych pianek PUR-PIR poprawia niektóre ich właściwości użytkowe.

#### LITERATURA

1. Czupryński B., Liszkowska J., Paciorek-Sadowska J.: *J. Polym. Eng.* 2006, **26**, nr 6, 589.
2. Czupryński B., Paciorek-Sadowska J., Liszkowska J.: *Inżynieria i aparatura chemiczna* 2005, **44** (36), nr 3s, 18.
3. Paciorek-Sadowska J., Czupryński B., Liszkowska J.: *Polimery* 2007, **52**, 461.
4. Szlezzyngier W.: „*Tworzywa sztuczne*”, t. II, str. 619, 624—625.
5. Fu Q., Zhang Y., Wang G.: *Chin. J. Polym. Sci.* 1994, **12**, nr 4, 309.
6. Wang Y., Li R., Wang G.: *Polym. Plast. Technol. Eng.* 1994, **33**, nr 6, 769.
7. Przygoda M., Pawlak A., Gałęski A.: *Polimery* 1995, **40**, 289.
8. Torro-Palau A. M., Fernandez-Garcia J. C., Orgiles-Barcelo A. C., Martin-Martinez J. M.: *Int. J. Adhes. Adhes.* 2001, **21**, nr 1, 1.
9. Noel O. F.: „142nd Meeting, Fall 1992, Conference Proceedings”, Nashville, 3—6 listopada 1992, **72**, str. 25.
10. Furukawa M., Yokoyama T.: *J. Polym. Sci.* 1994, **53**, 1723.
11. Samujło B.: *Polimery* 2004, **49**, 191.
12. Czupryński B.: „Zagadnienia z chemii i technologii poliuretanów”, Wydawnictwo AB, Bydgoszcz 2004.
13. Wilpszewska K., Spychaj T.: *Polimery* 2006, **51**, 325.
14. Hornby P. R.: *Fire Mat.* 1994, **18**, 269.
15. Grabski J., Fabijański M.: *Tworzywa Sztuczne i Chemia* 2006, **2** (15), 12.
16. Paciorek-Sadowska J., Czupryński B.: *J. Appl. Polym. Sci.* 2006, **102**, 5918.
17. Czupryński B., Liszkowska J., Paciorek-Sadowska J.: *J. Appl. Polym. Sci.* 2006, **102**, 768.
18. Zgł. pat. RP 339 038 (2006).

Otrzymano 4 I 2007 r.