ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985
Seria: BUDOWNICTWO z. 62 Nr kol. 843

Ryszard MAĆKOWSKI

POROWATE TWORZYWO FENOLOWO-KERAMZYTOWE

Streszczenie. Spieniona żywica fenolowo-formaldehydowa wypełniona keramzytem o granulacji 10-40 mm jest nowym materiałem na rdzeń elementów warstwowych w budowlanych konstrukcjach odgradzających oraz do izolacji termicznej w temperaturach do 180°C. Wprowadzenie keramzytu do pianki fenolowo-formaldehydowej ogranicza do minimum jej skurcz technologiczny oraz zmienia własności wytrzymałościowe.

1. WSTĘP

Spienione tworzywa sztuczne stanowią podstawowy materiał do wykonywania rdzeni płyt warstwowych. Asortyment tych płyt dostępnych na rynku krajowym jest stosunkowo ubogi. Wspólną wadą płyt warstwowych jest niska odporność ogniowa, wynikająca z palności materiału rdzenia. Zarówno bowiem styropian jak i pianka poliuretanowa wykazują niedostateczną odporność ogniową w warunkach pożaru.

Możliwość poprawienia odporności ogniowej płyt warstwowych stwarza zastosowanie w nich rdzenia ze spienionej żywicy fenolowo-formaldehydowej. Wadą pianki fenolowo-formaldehydowej jest jej znaczny skurcz, co powoduje, że przyklejanie pianki do okładzin w trakcie porowania "in situ" wymaga specjalnego sezonowania [1]. Niekorzystnie kształtują się również właściwości wytrzymałościowe pianki fenolowo-formaldehydowej, zwłaszcza wytrzymałość na ścinanie i moduł odkształcenia postaciowego. Efektywnym sposobem przeciwdziałania wymienionym, niekorzystnym cechom pianki fenolowo-formaldehydowej jest zastosowanie do jej produkcji lekkich napełniaczy nieorganicznych, np. granulowanego szkła piankowego, keramzytu, perlitu, wermikulitu [2], [3], [4].

W dalszej części artykułu omówiono badania, których celem było opracowanie technologii wytwarzania porowatego tworzywa fenolowo-formaldehydowego wypełnionego keramzytem o granulacji 10-40 mm. Porowate tworzywo fenolowo-keramzytowe (PTFK) nadaje się przede wszystkim jako materiał na rdzeń elementów warstwowych o wysokiej odporności termicznej i ogniowej oraz do izolacji termicznej w temperaturach do 180°C. Wprowadzenie keramzytu o niskiej gęstości nasypowej obniża skurcz technologiczny pianki fenolowo-formaldehydowej, co pozwala na samoczynne przyklejenie się rdzenia do okładzin.

2. TECHNOLOGIA WYTWARZANIA POROWATEGO TWORZYWA FENOLOWO-KERAMZYTOWEGO (PTFK)

Podstawowymi składnikami PTFK są: żywica fenolowo-formaldehydowa typu rezolowego oraz keramzyt o granulacji 10-40 mm. Do porowania zastosowano żywicę F110 produkcji ZCh "Gamrat" w Jaśle. Proces utwardzania tej żywicy w temperaturze pokojowej katalizują kwaśne utwardzacze; zastosowano utwardzacz AG-techniczny produkt sulfonowania benzenu kwasem siarkowym. Jako poroforu użyto eteru naftowego. Środkiem powierzchniowo czynnym używanym w procesie porowania żywicy F110 był Rokanol Ł18 produkcji NZPO "Rokita" w Brzegu Dolnym. Do wykonywania PTFK stosowano keramzyt o różnych granulacjach dostarczony przez Zakład Produkcji Keramzytu w Mszczonowie. Produkowany u nas w kraju keramzyt charakteryzuje się dość dużą gęstością nasypową (tab. 1). Do wytwarzania PTFK najbardziej przydatny jest natomiast keramzyt o możliwie najmniejszej gęstości nasypowej. Istnieje możliwość produkcji keramzytu o mniejszych gęstościach nasypowych, lecz wymaga to drobnych zmian w technologii jego wytwarzania. Dotychczas nie było takiej potrzeby i technologię produkcji keramzytu ustawiono pod kątem jego zastosowania do betonów lekkich.

Kompozycję fenolowo-formaldehydową do porowania przygotowywano w sposób następujący [1]. Najpierw wykonywano mieszaninę porująco-utwardzającą, w skład której wchodziły: utwardzacz AG, Rokanol Ł18 i eter naftowy. Po całkowitej homogenizacji wszystkich składników dodawano odpowiednią ilość mieszaniny porująco-utwardzającej do żywicy F110 i intensywnie mieszano. Porowanie kompozycji fenolowo-formaldehydowej następuje po upływie 3-7 minut. Otaczanie keramzytu kompozycją fenolową przeznaczoną do porowania wykonywano w betoniarce wolnospadowej przez 2-3 minuty. Następnie masę wsypywano do form, które szczelnie zamykano. Drugi sposób wykonywania PTFK polegał na zalewaniu keramzytu ułożonego w formie lub między okładzinami kompozycję fenolową do porowania. Konieczne jest podgrzanie keramzytu do temperatury 40°C. Wystarcza to w zupełności do pełnego spienienia kompozycji, która szczelnie wypełnia wszystkie pustki między ziarnami keramzytu.

Dla każdego rodzaju PTFK ustalono optymalną ilość kompozycji fenolowej niezbędną do dokładnego zespolenia ziarn i całkowitego wypełnienia pustek w stosie okruchowym keramzytu. Przy wytwarzaniu PTFK z kermazytem podgrzewanym do temperatury 40°C, optymalny stosunek wagowy żywicy F110 do wypełniacza wynosi 0,18. Natomiast proporcje wagowe utwardzacza AG, Rokanolu Ł18 i eteru naftowego do żywicy wynoszą odpowiednio 0,21; 0,05; 0,12. Jeżeli keramzyt nie jest podgrzewany, to ilość żywicy F110 należy zwiększyć o 30-40%. Nie zawsze zapewnia to jednak całkowite wypełnienie pustek przez spieniającą się kompozycję.

Tabela 1

Skład porowatych tworzyw fenolowo-keramzytowych

Oznaczenie serii	Charakterystyka keramzytu			Ilość składników w kg/m³ PTFK					Stosunek żywicy do wypełniacza Ż/W
	uziarnienie mm	stosunki wagowe frakcji	gęstość nasypowa w stanie zagęszcz. kg/m³	keramzyt	żywica F110	utwardzacz AG	Rokenol	eter naftowy	
KL	10-20	-	552	520	93,8	19,7	4,70	11,4	0,18
KM	5-10	-	652	620	111,7	23,4	5,60	13,4	0,16
KO	5-20	5-10, 10-20 1:1	588	550	99,2	22,5	4,95	11,9	0,18
KP	10-40	10-20, 20-40; 1:1	413	440	79,2	16,7	3,96	9,5	0,18
KR	5-40	5-10, 10-20, 20-40; 1:1	490	460	83,0	17,5	4,15	10,0	0,18
KSI	20-40	-	425	390	78,0	16,4	3,92	9,4	0,20
KSII	20-40L	-	358	350	70,0	14,7	3,50	8,4	0,20

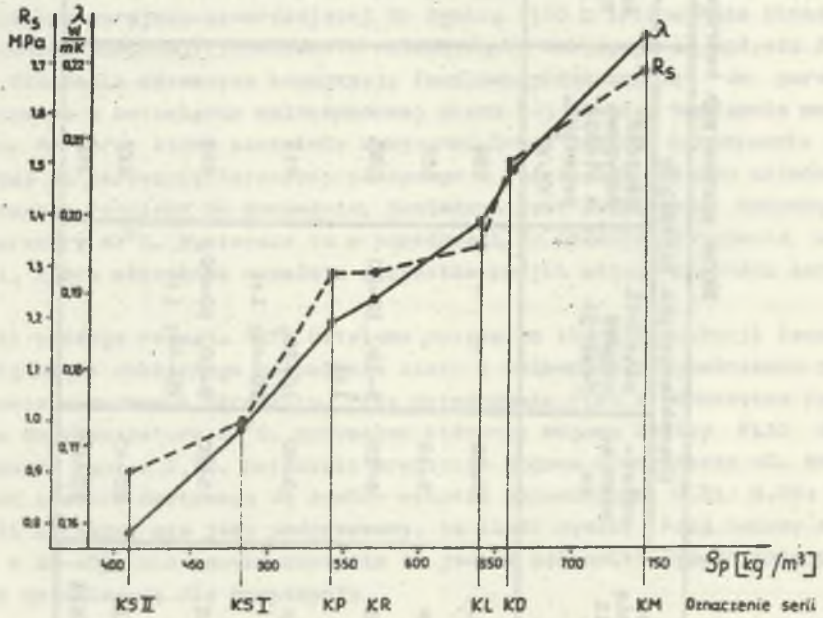
3. PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI PTFK

Ocena przydatności PTFK jako materiału rdzenia elementów warstwowych do przegród budowlanych wymagała określenia podstawowych cech tego materiału. Oznaczono następujące właściwości: gęstość pozorną, chłonność wody, współczynnik przewodności cieplnej, palność, wytrzymałość na ściskanie i ścinanie, moduł sprężystości przy ściskaniu i moduł odkształcenia postaciowego.

Rozrzut wyników uzyskanych podczas określania poszczególnych własności oceniano przez wyznaczenie średniej arytmetycznej ($\bar{x}$), średniego odchylenia standardowego (s) oraz współczynnika zmienności (v) według znanych wzorów analizy statystycznej [5].

Podstawowym oznaczeniem przy ocenie jakości PTFK jest określenie gęstości pozornej. Znając tę cechę można w przybliżeniu określić inne właściwości tego materiału. Gęstość pozorna PTFK zawiera się w granicach 410-750 kg/m^3. Wysokie gęstości pozorna PTFK są spowodowane wysoką gęstością nasypową produkowanego w kraju keramzytu.

Nasiękliwość objętościowa PTFK - określana stosunkiem objętości wody wchłoniętej w trakcie moczenia do objętości próbki - mieści się w przedziale 5,8-6,8%. Tak duża nasiękliwość spowodowana jest znaczną ilością porów otwartych w poroplaście fenolowym.



Rys. 1. Współczynnik przewodności cieplnej oraz wytrzymałość na ściskanie PTFK o różnych gęstościach pozornych

Współczynniki przewodności cieplnej PTFK określano na 3 próbkach o wymiarach 8 x 25 x 25 cm w aparacie Bocka. Wyniki badań przewodności cieplnej potwierdzają przydatność PTFK jako materiału izolacyjnego. Odnosi się to szczególnie do materiału wytwarzanego z keramzytu o małej gęstości nasypowej. W przypadku stosowania dostępnego w kraju keramzytu należy się liczyć z tym, że współczynnik przewodności cieplnej PTFK będzie mieścić się w przedziale 0,16-0,20 $\frac{W}{mK}$. Obniżenie gęstości nasypowej keramzytu do 300 kg/m^3 umożliwiłoby uzyskanie materiału izolacyjnego o współczynniku przewodności cieplnej λ = 0,14-0,16 $\frac{W}{mK}$.

Dzięki wprowadzeniu keramzytu do pianki fenolowej PTFK powinno charakteryzować się znaczną odpornością na działanie podwyższonych temperatur i otwartego ognia. W celu prawidłowego określenia tej bardzo istotnej właściwości zastosowano następujące sposoby oceny palności PTFK:

- zgodnie z normą ASTM-D-1692-59T [6],
- metodą "rury ogniowej" [7],
- metodę kalorymetryczną [7].

Podsumowując wyniki badań palności można stwierdzić, że PTFK stanowi najbardziej odporny na działanie ognia materiał budowlany wytwarzany przez spienianie żywic syntetycznych.

Tabela 2

Palność PTFK

Rodzaj testu	Ocena palności materiału
ASTM-D-1692-59T	niepalny
"Rura ogniowa"	niepalny
Metoda kalorymetryczna	trudno palny

Wytrzymałość na ściskanie PTFK mieści się w przedziale 0,9-1,7 MPa. Zniszczeniu ulega porowana żywica i tylko w niewielkim stopniu wykorzystana jest wytrzymałość keramzytu.

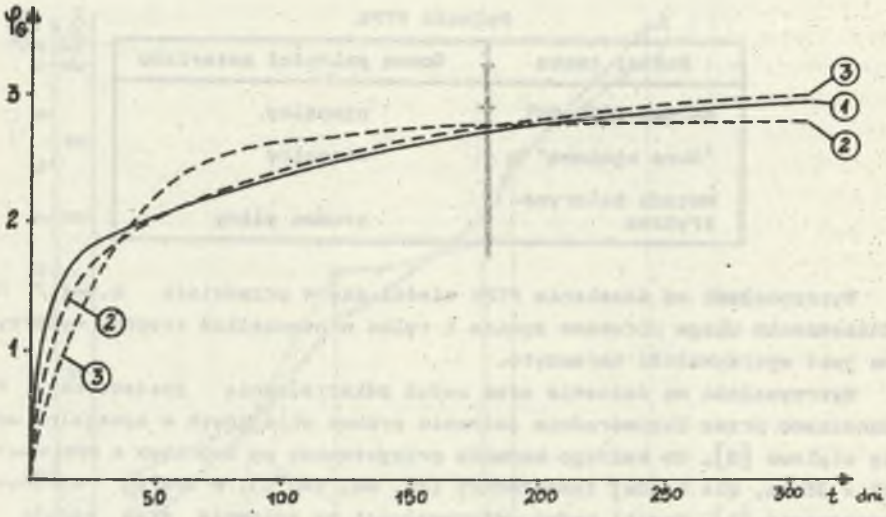
Wytrzymałość na ścinanie oraz moduł odkształcenia postaciowego PTFK oznaczano przez bezpośrednie ścinanie próbek wklejonych w specjalne uchwyty stalowe [8]. Do każdego badania przygotowano po 5 próbek o wymiarach 4 x 12 x 35 cm, dla każdej temperatury (20, 80, 180°C), w której wykonywano oznaczenia [2]. Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie oraz modułu odkształcenia postaciowego świadczą o wysokiej odporności termicznej PTFK. Moduł odkształcenia postaciowego nie ulega zmniejszeniu w temperaturze 80°C, natomiast w temperaturze 180°C pomimo znacznego spadku, jest jeszcze stosunkowo wysoki. O dużej sztywności PTFK świadczy również moduł sprężystości przy ściskaniu. W zakresie obciążeń 0,1-0,4 σ_{max} zależność σ - ε ma charakter liniowy.

Tabela 3

Wytrzymałość na ścinania i odkształcalność PTFK

Oznaczenie serii	Temperatura badania °C	Wytrzymałość na ścinanie R_t MPa	Moduł odkształcenia postaciowego G MPa	Moduł sprężystości przy ściskaniu E MPa
KR	20	0,36	368	816
	80	0,35	356	-
	180	0,22	133	-
KSII	20	0,32	292	746
	80	0,30	294	-
	180	0,20	89	-

Przebieg pełzania PTFK (seria KO) przy ścinaniu określano przez zginanie beleczek warstwowych i wykorzystanie sił poprzecznych do wywoływania naprężeń stycznych w rdzeniu [9]. Pełzanie przy ścinaniu ma charakter asymptotyczny, a więc odkształcenia reologiczne płyt warstwowych spowodowane pełzaniem rdzenia z PTFK będą wykazywać tendencję do stabilizacji na pewnym poziomie.



Rys. 2. Odkształcenia reologiczne porowatego tworzywa fenolowo-keramzytowego przy ścinaniu

1 - krzywa doświadczalna, 2 - krzywa teoretyczna o równaniu $\varphi_G = 2,8 (1 - e^{-0,03t})$, 3 - krzywa teoretyczna o równaniu $\varphi_G = 1,6 (2 - e^{-0,07t} - e^{-0,1 \cdot 0,07t})$

6. WNIOSKI

PTFK charakteryzuje się prostym sposobem wytwarzania, dobrymi własnościami mechanicznymi, dużą odpornością termiczną oraz znaczną odpornością na działanie ognia.

Stosowanie keramzytu o niskiej gęstości nasypowej (ok. 300 kg/m^3) którego produkcja jest możliwa w kraju, w niewielkim stopniu pogorszy własności mechaniczne PTFK, a pozwoli na uzyskanie materiału porowatego o gęstości pozornej ρ_p = 350-380 kg/m^3 i współczynniku przewodności cieplnej λ = 0,14-0,16 $\frac{W}{mK}$.

Samoczynne przyklejenie się rdzenia do okładzin w trakcie porowania kompozycji fenolowo-formaldehydowej upraszcza i ułatwia produkcję płyt warstwowych.

Wadą PTFK, wytwarzanego z produkowanego obecnie w kraju keramzytu jest wysoka gęstość pozorna i stosunkowo wysoki współczynnik przewodności cieplnej.

LITERATURA

[1] Kapko J., Piątkowski A., Maciejewska W.: Konstrukcyjne elementy warstwowe z rdzeniem ze spienionego tworzywa sztucznego. Inżynieria i Budownictwo, nr 3, 1971.

[2] Maćkowski R.: Lekkie zlepieńce polimerowe jako materiał izolacyjno-konstrukcyjny do przegród budowlanych. Rozprawa doktorska. Gliwice 1974.

[3] Jünger H., Weissenfels F.: Phenolharzgebundener Kunststoff-Leichtbeton. Kunststoffe im. Bau. 17, 1970.

[4] Bajarstanowa Ż.Ż., Erdenowa Sz.E., Imangazina R.O.: Pienopłasty iz fienoformolitow i fienoformaldegidnych smoł. Chimja monomerow i polimerow. Akademia Nauk Kazachskiej SRR. Ałma-Ata 1980. Część 13.

[5] Romanienko I.G.: Ocenka rassiejanija fizyko-mechaniczeskich charakteristyk pienopłastow. Płasticzeskije massy, nr 3, 1967.

[6] Broniewski T. i inni: Metody badań i ocena własności tworzyw sztucznych. WNT, Warszawa 1970.

[7] Worobiew W.A., Andrianow R.A.: Polimiernyje tiepłoizolacjonnyje materiały. Izd. Lit. po Stroit, Moskwa 1972.

[8] Maćkowski R., Majewski St., Ostrowski K.: Porowate tworzywo fenolowo-polistyrenowe. Polimery, nr 3, 1978.

[9] Maćkowski R., Majewski St.: Pełzanie spienionych tworzyw sztucznych stosowanych jako rdzeń płyt warstwowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 3, 1975.

ПЕНОФЕНОПЛАСТ С КЕРАМЗИТОМ (ПФК)

Р е з ю м е

Вспенённая феноло-формальдегидная смола с керамзитом о грануляции 10-40 мм это новый утеплитель трёхслойных плит. ПФК может быть использован как теплоизоляционный материал в температурах до 180°C. Введение керамзита в пенофенопласт ограничивает его технологическую усадку и изменяет механические свойства.

PHENOLIC FOAM WITH EXPANDED CLAY

S u m m a r y

Phenolic foam with an expanded clay (10-40 mm) is a new material for laminate cores and to heat insulation in temperature to 180°C. Introduction of the expanded clay to phenolic foam limits a technological shrinkage and modifies a strenght property.