Fire barrier based on expanded perlite composites

R. Kusiorowski¹, J. Witek¹, I. Majchrowicz¹, A. Jirsa-Ociepa², A. Kleta²

¹ Institute of Ceramics and Building Materials, Refractory Materials Division in Gliwice, Toszecka 99, 44-100 Gliwice, Poland

² Kadet Izolacje Ogniotrwałe Andrzej Kleta, Leśna 48, 44-100 Gliwice, Poland

Abstract

Decreased strength of building materials as a result of flame impingement (e.g. during a fire) is one of major threats in the construction branch. For these reasons, the effectiveness of fire safety systems in various kinds of facilities or structures is extremely important. One of the determinants of this effectiveness is so-called fire insulation, i.e. time expressed in minutes after which an increase in the temperature of a protected structure or facility exceeds a certain admissible value (140°C).

The results of investigations presented in the article concern the determination of the effect of various mineral binders used in the manufacture of insulation slabs from expanded perlite on fire resistance and, in consequence, on extending the time of fire insulation in the conditions of cellulose and hydrocarbon fire. The conducted research has revealed that the fire resistance of perlite products can be modelled by selecting adequate mineral binders, with respect to specific applications and economic considerations. Insulation slabs based on expanded perlite – depending on the binder used – were characterized by a fire insulation ranging (with a slab thickness of 50 mm) from 50 to 100 minutes in the conditions of cellulose fire and from 20 to 30 minutes in the conditions of hydrocarbon fire.

Keywords: expanded perlite, thermal insulation, fire barrier composite, mineral binders

1. Introduction

Zastosowanie materiałów do izolacji cieplnej związane jest bezpośrednio z oddziaływaniem niskiej bądź wysokiej temperatury. Jedną z zalet termoizolacyjnych materiałów budowlanych jest ich stosunkowo dobra odporność na działanie wysokiej temperatury, co wynika z niskiego współczynnika przewodzenia ciepła. Oddziaływanie wysokiej temperatury na materiał izolacyjny może mieć miejsce poprzez przewodzenie w postaci bezpośredniego kontaktu z rozgrzanym elementem konstrukcji lub poprzez wymianę radiacyjną przy pewnym oddaleniu od źródła ciepła. Możliwa jest również bezpośrednia ekspozycja na działanie ognia.

Wszystkie wyroby budowlane winny posiadać klasyfikację ogniową. Zgodnie z klasyfikacją, materiały dzieli się na siedem klas pod względem reakcji na ogień (klasy: A1, A2, B, C, D, E, F) wraz z kryteriami dodatkowymi, uwzględniającymi wydzielanie dymu oraz występowanie płonących kropli (Tab. 1 i 2) [1]. Najbardziej bezpieczne są materiały budowlane oznaczone klasą A1, kolejne to klasy A2 i B. Wyroby znajdujące się w klasach C, D, E i F mogą doprowadzać do rozgorzenia, czyli gwałtownego, wybuchowego rozprzestrzeniania się ognia, za którym idzie skokowy wzrost temperatury. Dlatego zastosowanie wyrobów klasy C, D, E czy F powinno być ograniczone.

Klasa	Właściwości	Ryzyko rozgorzenia	Przykładowe wyroby
A1	niepalne	brak rozgorzenia, minimalna wartość ciepła spalania	beton, stal, wełna skalna, wełna szklana
A2	niepalne	brak rozgorzenia, niska wartość ciepła spalania	płyty gipsowo- kartonowe, wełna mineralna o dużej gęstości
в	zapalność małym płomieniem przez 60s Fs < 150 mm, ograniczony udział w pożarze	brak rozgorzenia	PVC twarde
с	zapalność małym płomieniem przez 60s Fs < 150 mm, ograniczony, lecz zauważalny udział w pożarze	rozgorzenie nie wcześniej niż po 10 min przy strumieniu cieplnym 300 kW	niektóre pianki poliuretanowe, płyta gipsowo-kartonowa z tapetą papierową
D	zapalność małym płomieniem przez 60s Fs <	rozgorzenie nie wcześniej niż po 2 min	większość pianek poliuretanowych,

Tab. 1. Klasyfikacja ogniowa materiałów budowlanych

	150 mm, istotny udział w pożarze	przy strumieniu cieplnym 100 kW	drewno bez zabezpieczeń
E	zapalność małym płomieniem przez 20 s Fs <150 mm, bardzo duży udział w pożarze	rozgorzenie przed upływem 2 min przy strumieniu cieplnym 100 kW	spienione tworzywa sztuczne o zmniejszonej palności
F	bardzo duży udział w pożarze lub brak wymagań	nie badany lub nie spełnia żadnych kryteriów	spienione tworzywa sztuczne

Fs – rozprzestrzenianie się płomieni, w mm

Tab. 2. Kryteria dodatkowe euroklasyfikacji ogniowej wyrobów, uwzględniające emisję dymu oraz wydzielanie płonących kropli

Podklasa	Właściwości	Przykładowe wyroby
s1	prawie bez dymu	płyty gipsowo-kartonowe
s2	średnia emisja dymu	drewno ze środkami ogniochronnymi
s3	intensywna emisja dymu	spienione tworzywa poliuretanowe
d0	brak płonących kropli	wełna skalna
d1	niewiele płonących kropli	sklejka
d2	wiele płonących kropli, które mogą powodować poparzenia lub rozprzestrzenianie się pożaru	styropian

Właściwości pożarowe wyrobów budowlanych i materiałów stosowanych do wyposażania wnętrz mają ogromne znaczenie szczególnie w pierwszej fazie rozwoju pożaru. Ich odpowiedni dobór może zapewnić bezpieczeństwo ludziom, umożliwiając skuteczną ewakuację, a także zmniejszyć prędkość rozprzestrzeniania się pożaru, a w konsekwencji zmniejszyć wielkość strat związanych z niszczycielskim działaniem ognia. Pożar w budynku może rozprzestrzeniać się w bardzo szybkim tempie, powodując znaczne straty materialne i stwarzając zagrożenie dla przebywających tam osób. Z tych też powodów bierna ochrona przeciwpożarowa nabiera coraz większego znaczenia. Polega ona na zwiększeniu bezpieczeństwa oraz minimalizacji strat na wypadek powstania pożaru.

Choć każdy niekontrolowany proces spalania materiałów palnych określa się mianem pożaru, to wielkość i charakter pożaru zależy od wielu czynników – rodzaju materiału

palnego, wentylacji, czynników tłumiących itp. Aby mieć pewien punkt odniesienia określono tzw. krzywe temperaturowe (Rys. 1), opisujące zmiany temperatury w czasie. Wyróżnia się m. in. dwa typy pożarów – celulozowy i węglowodorowy [2]:

- (a) pożar celulozowy, to ten z którym spotyka się najczęściej, jego ofiarą padają budynki komercyjne i infrastruktura, materiałem palnym są tworzywa wykorzystywane na co dzień papier, drewno, tekstylia. W tego typu pożarze temperatura układu rośnie stosunkowo powoli i do 900°C dochodzi dopiero po około godzinie, jakkolwiek temperatura 500°C osiągana jest po około 5 minutach od zaprószenia ognia. Ostatecznie temperatura może dojść do poziomu ok. 1100°C
- (b) pożar węglowodorowy jest dużo bardziej niebezpieczny i związany jest głównie z dużymi instalacjami przemysłowymi, wybucha najczęściej na platformach wydobywczych, zakładach petrochemicznych, instalacjach gazowych, a paliwem są łatwopalne oleje, gazy, chemikalia. Ten typ pożaru charakteryzuje się niezwykle szybkim przyrostem temperatury, gdzie w zaledwie kilka minut w układzie osiągana jest temperatura ok. 1000°C. Ogień rozprzestrzenia się błyskawicznie, a pojawiający się płomień jest gwałtowny i niespokojny.



Rys. 1. Modelowe krzywe przyrostu temperatury dla pożaru celulozowego oraz węglowodorowego

W aspekcie badań ogniowych dla materiałów budowlanych, istotna jest odporność ogniowa, którą definiuje się jako zdolność elementu budynku do spełnienia określonych wymagań w warunkach odwzorowujących przebieg pożaru. Miarą odporności ogniowej jest wyrażony w minutach czas od momentu rozpoczęcia pożaru do chwili osiągnięcia przez element budynku jednego z trzech granicznych kryteriów tj. nośności ogniowej (R), szczelności ogniowej (E) bądź izolacyjności ogniowej (I) [3]:

- Nośność ogniowa (R) jest to stan, w którym element próbny przestaje spełniać swoją funkcję nośną wskutek zniszczenia mechanicznego, utraty stateczności, przekroczenia granicznych wartości przemieszczeń lub odkształceń.
- Szczelność ogniowa (E) to stan, w którym element próbny przestaje spełniać swoją funkcję oddzielającą na skutek pojawienia się na powierzchni nienagrzewanej płomieni, powstania pęknięć lub szczelin o wymiarach przekraczających wartości graniczne, przez które przenikają płomienie, gazy, lub w którym element próbny odpadnie od konstrukcji.
- Izolacyjność ogniowa (I) jest to czas wyrażony w minutach, po którym element budynku w warunkach pożaru przestaje spełniać funkcję bezpiecznego oddzielenia na skutek osiągnięcia na powierzchni nie nagrzewanej zbyt wysokiej temperatury.

Na rynku istnieje wiele materiałów termoizolacyjnych – wyroby styropianowe, z wełny mineralnej bądź szklanej. Jednym z takich materiałów jest także perlit ekspandowany. Sam perlit jest przeobrażoną skałą wylewną zbudowaną z kwaśnego wulkanicznego szkliwa, zawierającą w swoim składzie od 2 do 5% obj. wody zamkniętej w zastygłej lawie. Pod względem chemicznym perlit jest uwodnionym glinokrzemianem potasowo-sodowym, zawierającym głównie krzemionkę SiO₂ (65–75%) i tlenek glinu Al₂O₃ (10–18%), a ponadto tlenki sodu i potasu K₂O + Na₂O (6–9%), magnezu i wapnia MgO + CaO (2–6%) oraz żelaza Fe₂O₃ (1–5%). Skład chemiczny surowca perlitowego zmienia się nieznacznie w zależności od źródła jego pochodzenia [4,5].

Przy szybkim ogrzaniu surowca perlitowego do temperatury powyżej 850–870°C jego ziarna pęcznieją, co związane jest z gwałtownym przejściem w stan pary zamkniętej wody w strukturze perlitu. Powoduje to 10–40-krotne zwiększenie objętości i zmniejszenie gęstości materiału – jest to tak zwany proces ekspandowania. Stopień ekspandowania zależy od zawartości cząsteczek wody uwięzionych w skale perlitowej. Gęstość surowego perlitu wynosi od 2,23 do 2,40 g/cm³, podczas gdy dla perlitu ekspandowanego już tylko 0,05–0,15 g/cm³. Proces ekspandowania jest nieodwracalny i w jego wyniku tworzą się wewnątrz

materiału puste, szkliste pęcherzyki o nieregularnych kształtach, które zawierają w sobie zamknięte powietrze. Ze względu na specyficzny sposób otrzymywania i otrzymywaną formę perlit ekspandowany charakteryzuje się korzystnymi właściwościami izolacyjnymi. Współczynnik przewodzenia ciepła λ dla granulatu perlitu ekspandowanego wynosi 0,04–0,06 W/(mK) [4,5].

Przedstawione w artykule badania koncentrowały się na określeniu wpływu różnych spoiw mineralnych zastosowanych do wiązania płyt izolacyjnych z perlitu ekspandowanego, w kierunku podwyższenia ich odporności ogniowej poprzez wydłużenie czasu izolacyjności ogniowej w warunkach pożaru celulozowego bądź węglowodorowego.

2. Experimental

2.1. Materials and methods

Przedmiotem badania były płyty izolacyjne o wymiarach 800x400x50 [mm³] wyprodukowane przez zakład Kadet Izolacje Ogniotrwałe Andrzej Kleta, według technologii opracowanej w ramach realizowanego Projektu pt. Opracowanie technologii i uruchomienie produkcji innowacyjnych wyrobów perlitowych oraz systemów ochrony cieplnej i ogniowej wybranych obiektów i konstrukcji budowlanych". Na potrzeby badań wytworzono cztery partie płyt, oznakowanych literami A, B, C i D, wg technologii stanowiącej "know-how" zakładu, przy czym w wytworzeniu ich stosowano jednakowe parametry operacji jednostkowych procesu takich jak: czas mieszania składników masy perlitowej, ciśnienie formowania i parametry suszenia. Czynnikiem różnicującym technologię ich wykonania było użycie spoiw, które charakteryzowały się zróżnicowanym udziałem molowym substancji alkalicznych. W wariancie A był on największy i zmniejszał się w kolejnych wariantach B i C do wartości około 0,2 w wariancie D.

2.2. Methods

Zakres badań dla czterech wariantów płyt perlitowych obejmował: (a) oznaczanie własności fizycznych płyt w tym: gęstość pozorna, porowatość otwarta, nasiąkliwość, wytrzymałość na ściskanie, współczynnik przewodnictwa cieplnego w temperaturze otoczenia, 150°C i 300°C oraz mikrostruktura. Wszystkie oznaczania wykonano wg norm i obowiązujących procedur badawczych; (b) badanie odporności ogniowej, które wykonano na specjalnym stanowisku doświadczalnym, składającym się z pieca sylitowego w którym

zasymulowane były parametry wzorcowych krzywych temperaturowych, zgodne z krzywymi przyrostu temperaturowego pożaru celulozowego i węglowodorowego.

Przed przystąpieniem do badań, płyty perlitowe zostały pocięte do wymaganych oznaczeniem wymiarów, a następnie wysuszone w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 105°C przez 8 h. Wybraną płytę poddano również obserwacjom mikrostruktury w elektronowym mikroskopie skaningowym (SEM).

Gęstość pozorną wyznaczano w dwojaki sposób, zarówno metodą objętościową jako stosunek masy próbki po wysuszeniu do jej objętości poprzez zwymiarowanie próbki z zastosowaniem suwmiarki cyfrowej, jak również metodą ważenia hydrostatycznego przy zastosowaniu wody jako cieczy roboczej. Drugi sposób, w której oznaczono masy próbki wysuszonej, nasyconej cieczą (metodą moczenia) oraz nasyconej cieczą i ważonej w cieczy roboczej, pozwoliło na wyznaczenie również porowatości otwartej i nasiąkliwości tworzywa.

Badania wytrzymałości na ściskanie wykonano na próbkach w kształcie kostek o boku 50 mm i prowadzono na prasie hydraulicznej. Próbka o znanych wymiarach poddawana była wzrastającemu równomiernie obciążeniu ściskającemu, aż do momentu jej zniszczenia. Wytrzymałość na ściskanie obliczono znając maksymalne obciążenie wskazywane w momencie zniszczenia próbki oraz powierzchnię pola do którego przyłożono obciążenie.

Współczynnik przewodnictwa cieplnego został wyznaczony metodą tzw. gorącego drutu w układzie równoległym, w oparciu o normę PN-EN 993-15. Jest to dynamiczny sposób pomiaru oparty na określeniu wzrostu temperatury w funkcji czasu w określonym miejscu i odległości od liniowego źródła ciepła umocowanego między dwoma elementami próbki do badań. Próbkę ogrzewa się w piecu do określonej temperatury i się ją utrzymuje. Dalsze miejscowe nagrzewanie prowadzi się za pomocą gorącego drutu umieszczonego w próbce, umieszczony jest termoelement. Miarą przewodności cieplnej materiału, jest wzrost temperatury w funkcji czasu mierzony od chwili włączenia zasilania. Badania wykonano na analizatorze przewodności cieplnej firmy Netzsch TCT-426. The microstructure of selected perlite board was observed by a scanning electron microscope (Mira III, Tescan) in combination with the Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) system with AZtec Automated software (Oxford Instruments).

Badania odporności ogniowej przeprowadzono na specjalnym stanowisku doświadczalnym, które pozwalało zasymulować w komorze pieca parametry wzorcowych krzywych temperaturowych (w oparciu o normę PN-90/B-02851 Metoda badania odporności ogniowej elementów budynków), zgodnie z krzywymi przyrostu temperaturowego pożaru celulozowego bądź węglowodorowego. Stanowisko badawcze stanowił laboratoryjny piec

sylitowy (Rys. 2), który wstępnie rozgrzewano do odpowiednio wysokiej temperatury tj. 650°C w przypadku odtwarzania pożaru celulozowego; bądź 950°C w przypadku symulowania pożaru węglowodorowego. W momencie osiągnięcia wymaganej temperatury w piecu, otwierano drzwi pieca i w ich miejsce przykładano badaną płytę perlitową, oraz rozgrzewano dalej piec do temperatury 1100°C. Od tego momentu liczono czas pomiaru. W trakcie trwania oznaczenia rejestrowano temperaturę panującą w piecu, jak również mierzono czas, po którym temperatura na zewnętrznej ścianie próbki (nie mającej bezpośredniego kontaktu z wnętrzem rozgrzewanego pieca) osiągała wartość graniczną tj. przyrost temperatury o 140°C względem temperatury otoczenia.



perlite insulation board with marked place of temperature measurement

Rys. 2. Stanowisko badawcze do oznaczania odporności ogniowej z widoczną płytą perlitową zamontowaną w miejsce drzwi pieca i punktem miejsca rejestracji temperatury.

W przypadku pomiaru odwzorowującego pożar węglowodorowy, po osiągnięciu wartości granicznej przyrostu temperatury pomiar przerywano, natomiast w przypadku symulowania pożaru celulozowego, badania kontynuowano do momentu, aż temperatura w piecu osiągnęła wartość 1100°C. Miało to na celu próbę określenia zachowania materiału perlitowego pod wpływem stosunkowo długotrwałego kontaktu z wysoką temperaturą (pożarem). Pomiaru temperatury na nienagrzewanej powierzchni wyrobu perlitowego dokonywano z zastosowaniem pirometru optycznego Raynger PM firmy Raytek, przy współczynniku emisyjności 0,80. Pomiar temperatury zbierano z centralnego punktu płyty (Rys. 2).

3. Results and discussion

Wyniki własności fizycznych badanych płyt perlitowych zebrano w Tabeli 3 oraz na Rys. 3. Jak można zauważyć, płyty perlitowe otrzymane z udziałem spoiw A, B, C i D są lekkie i odznaczają się zbliżoną gęstością, zarówno objętościową jak i pozorną. Wartości tego parametru kształtują się na poziomie ok. 0,28 ± 0,05 g/cm³. Jest to niewątpliwie zaleta płyt wykonanych według czterech opracowanych wariantów technologicznych.

Najlepszy, pod względem własności izolacyjnych okazał się wariant, w którym użyto spoiwa D, dla którego współczynnik przewodnictwa cieplnego w temperaturze otoczenia jest najmniejszy (poniżej 0,1 W/(mK)), przy czym stopniowo rośnie on dla pozostałych wariantów spoiwowych. Najlepszy, pod względem wytrzymałości na ściskanie okazał się wariant, w którym użyto spoiwa A, przy czym wartość tego parametru maleje dla wariantów B,C i D. Ze względu na wysokoporowatą strukturę badane płyty posiadają wysoką nasiąkliwość, przy czym jest ona najmniejsza w przypadku płyt otrzymanych z udziałem spoiwa A.

Property	Type of perlite board			
	А	В	С	D
Bulk density; g/cm ³	0,31	0,31	0,26	0,25
Apparent density; g/cm ³	0,33	0,30	0,27	0,24
Open porosity; %	80,9	83,7	84,3	87,8
Water absorbability; %	249	283	311	375
Compressive strength; MPa	1,0	0,9	0,8	0,4
Thermal conductivity λ ; W/(mK)				
At ambient temperature	0,098	0,107	0,086	0,066
At 150°C	0,109	0,107	0,115	0,085
At 300°C	0,121	0,116	0,115	0,093

Tab. 3. Main physical properties of perlite board sample

Obserwacje przełamów próbek wyrobów perlitowych wykazały interesującą mikrostrukturę tworzyw (Fig. 3), typową dla ziaren perlitu ekspandowanego. Widać charakterystyczne ziarna z owalnymi pustkami, powstałymi w procesie ekspandowania surowego perlitu, w wyniku rozprężania pary wodnej uwięzionej w surowcu.



Fig. 3. SEM images of fracture of selected perlite board sample at different magnifications

Wyniki pomiarów odporności ogniowej przedstawiano w postaci graficznej, jako zależność temperatury zewnętrznej powierzchni płyt oraz temperatury panującej w piecu w funkcji czasu pomiaru odwzorowującego pożar celulozowy (Fig.4) bądź pożar węglowodorowy (Fig.5), a uzyskane wyniki zebrano w Tab. 4 Z kolei zdjęcia makroskopowego wyglądu uzyskanych materiałów po przeprowadzonych badaniach symulujących przebieg pożarów celulozowego oraz węglowodorowego zebrano w tabeli 5, a porównanie przekroju płyt po badaniach przedstawiono na Rys. 6. Na zdjęciach pokazano wycięte fragmenty z obszaru centralnego płyt, zbliżonego do miejsca pomiaru temperatury (Fig. 2).



Fig. 4. Curves of thermal insulation in relation to cellulose fire



Fig. 5. Curves of thermal insulation in relation to hydrocarbon fire

Sample	Czas przyrostu temperatury o 140°C w punkcie pomiarowym na zewnętrznej powierzchni płyty; min	
	cellulosic fire	hydrocarbon fire
A	54	22
В	70	24
С	85	24
D	98	30

Tab. 4. Czas przyrostu granicznej temperatury na nienagrzewanej powierzchni płyt perlitowych

W odniesieniu do modelowych krzywych pożarowych, należy podkreślić dość dobre odwzorowanie krzywych temperaturowych w warunkach laboratoryjnych. W przypadku pożaru celulozowego krzywa przyrostu temperatury całkiem dobrze pokrywa się z krzywą modelową, a dla odwzorowania krzywej węglowodorowej, w początkowym okresie, do 20 minut pomiaru, przewyższa warunki modelowe. Na podstawie uzyskanych wyników można wykazać, że istnieje wpływ zastosowanego spoiwa, na izolacyjność ogniową wyrobów z perlitu ekspandowanego, w szczególności w odniesieniu do pożaru celulozowego – pożaru który najczęściej zdarza się w otoczeniu człowieka. W tym przypadku najkrótszy czas ochrony zapewniła płyta otrzymana z udziałem spoiwa A, czas ten wyniósł ok. 50 minut. Blisko dwukrotnie dłuższy czas (ok. 100 minut) uzyskano dla płyty otrzymanej z udziałem spoiwa D.

Porównując natomiast wyniki w przypadku odwzorowywania pożaru węglowodorowego, ze względu na bardzo szybki kontakt płyt z gorącą atmosferą, izolacyjność ogniowa była wyraźnie mniejsza (ok. 20-30 minut), a różnice pomiędzy zastosowanymi spoiwami nie były już tak wyraźne, jakkolwiek w przypadku płyty D również uzyskano, stosunkowo najdłuższą ochronę. Należy podkreślić, że modelowanie przebiegu pożaru węglowodorowego przebiegało w warunkach bardziej drastycznych niż krzywa modelowa (Fig. 4), należy zatem oczekiwać nieznacznego wydłużenia czasu izolacyjności ogniowej rozpatrywanych płyt względem tego pożaru.

W trakcie pomiarów z rozpatrywanymi płytami nic się nie działo w sposób zauważalny – od strony zimniej nie obserwowano powstawania pęknięć, emisji dymu czy też gorących kropli. Wyraźne różnice były natomiast widoczne od strony gorącej, po zdemontowaniu płyt (Tab. 5). Dla trzech próbek po próbie pożaru celulozowego (płyty A, B i C) widoczne było zeszkliwienie powierzchni. Z kolei płyta D miała zachowaną nadal strukturę porowatą. Największe zeszkliwienie zanotowano w przypadku zastosowania spoiwa A (płyta A). Ponadto w próbie tej od strony gorącej musiało dochodzić do emisji lotnych/gazowych

substancji, gdyż zaobserwowano pojawienie się charakterystycznej porowatości – szczególnie widocznej przy przekroju płyty (Fig. 5) oraz w przypadku modelowania pożaru węglowodorowego.



Tab. 5. Macroscopic view of perlite boards from high-temperature zone after fire test

Ważnym spostrzeżeniem jest także zmiana na grubości płyt po badaniu. W przypadku płyty otrzymanej z udziałem spoiwa D, praktycznie nie stwierdzono zmiany w grubości płyty

po pomiarach (Rys. 6), zarówno po próbie pożaru celulozowego jak i węglowodorowego grubość płyty wynosiła nadal ok. 50 mm. Nieco mniejszą grubość stwierdzono w przypadku płyty z udziałem spoiwa C (ok. 45 mm). Dla płyt otrzymanych z udziałem spoiw A i B grubość stopniowo malała z czasem trwania pomiaru do wielkości 20–30 mm. Zwraca uwagę również nieco odmienne zachowanie płyty A, dla której od strony ogniowej po pomiarze pojawiło się wyraźne "spęcznienie" w nadtapiającej się płycie. W przypadku rozgorzenia pożaru, będzie to najprawdopodobniej sprzyjało tworzeniu się gorących kropli w warunkach rzeczywistych.



Fig. 6. Comparison of sample cross-sections after firing test at (a) cellulosic fire, (b) hydrocarbon fire (top of the samples – hot zone; original thickness of boards: 50 mm)

Sama zmiana przebiegu rejestrowanej krzywej przyrostu temperatury (Figs 4 i 5), dostarcza również ważnych informacji. Należy wskazać, że dla każdego pomiaru rejestrowano stopniowy wzrost temperatury do około 100°C, by później przez pewien czas mierzona temperatura na stronie zimniej, utrzymywała się na pewnym, stałym poziomie. Najbardziej efekt ten jest widoczny dla płyty otrzymanej z udziałem spoiwa B, zarówno przy odwzorowywaniu pożaru celulozowego jak i węglowodorowego. Podobny efekt "wypłaszczenia" (plateau) stwierdzali również inni autorzy w przypadku badań wyrobów z zastosowaniem wermikulitu [6]. Tak charakterystyczne zachowanie, można próbować tłumaczyć absorpcją energii cieplnej przez materiał i zapoczątkowaniem procesu topienia.

4. Conclusions

Na podstawie przeprowadzonych wstępnych badań i uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

- płyty wytwarzane na bazie perlitu ekspandowanego oraz płynnych mineralnych spoiw stanowią lekkie tworzywo, wykazujące dobrą izolacyjność termiczną oraz odporność ogniową;
- właściwości fizyczne wytworzonych płyt perlitowych są zbliżone do innych wyrobów o podobnym zastosowaniu;
- istnieje możliwość modelowania i kształtowania własności fizycznych i odporności ogniowej wyrobów perlitowych, pod kątem konkretnych zastosowań, uwzględniając także aspekt ekonomiczny.

Acknowledgements

Praca powstała w wyniku realizacji projektu w ramach I Osi Priorytetowej Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego: Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa. Działanie 1.1 Projekty B+R przedsiębiorstw. Poddziałanie 1.1.1: Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa (tzw. "szybka ścieżka")

References

[1] PN-EN 13501-1 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków
Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień

[2] J. Wiatr, Fire temperature effect on value of input voltage powering electrical equipment and the effectiveness of safety protection of equipment required; Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, 2 (2012) 37-44

[3] A. Borowy; Badania odporności ogniowej wewnętrznych przegród budowlanych oraz stolarki otworowej; Inżynier Budownictwa, materiał on-line http://www.inzynierbudownictwa.pl/dodatki_specjalne,systemy_przeciwpozarowe,artykul,ba dania_odpornosci_ogniowej_wewnetrznych_przegrod_budowlanych_oraz_stolarki_otworo wej,6964

[4] A. Burkowicz, Perlit ekspandowany – materiał termoizolacyjny mało znany w Polsce;
Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii
Nauk, 96 (2016) 7-22

[5] E. Żelazowska, P. Pichniarczyk, M. Najduchowska, Lekkie kruszywa szklanokrystaliczne z surowców odpadowych dla przemysłu materiałów budowlanych; Materiały Ceramiczne/Ceramic Materials, 66 (2014) 321-330

[6] R. Kozłowski, K. Bujnowicz, B. Mieleniak, A. Przepiera, Płyty kompozytowe wermikulitowe jako bariery ogniowe; Kompozyty/Composites, 4 (2004) 331-336