

Bartłomiej Papis*

WERYFIKACJA EKSPERYMENTALNA I TEORETYCZNA METOD SBI I KALORYMETRU STOŻKOWEGO

W artykule przedstawiono podstawy teoretyczne metod badawczych SBI i kalorymetru stożkowego. Podano krótki opis obu metod badawczych wraz z analizą zależności do obliczania ilości wydzielanego ciepła w obu metodach. Podano i przeanalizowano wyniki badań dotyczących trzech materiałów drewnopochodnych.

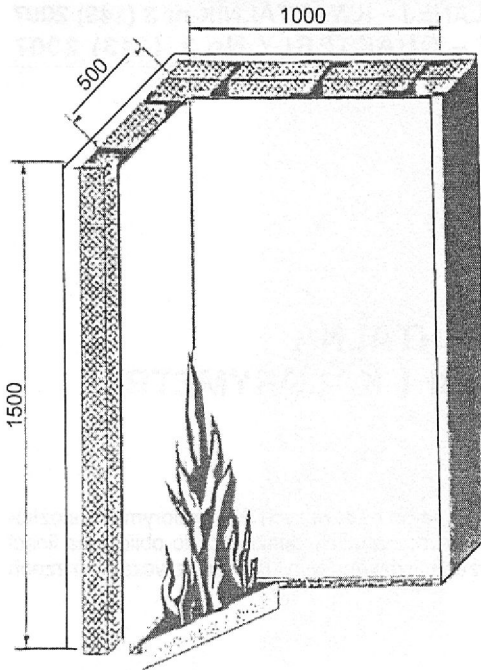
1. Badanie SBI

Jednym z głównych wymagań niezbędnych do określenia specyfikacji technicznych wyrobów budowlanych stosowanych na ścianach i sufitach wewnątrz budynków jest określenie klasyfikacji ogniowej w zakresie reakcji na ogień.

Jeśli prześledzimy wytyczne normy klasyfikacyjnej PN-EN 13501-1 [1] dla wyrobów budowlanych stosowanych wewnątrz budynków na ścianach i sufitach, zauważymy, że głównym badaniem, którego rezultaty określają klasyfikacje wyrobu, jest badanie według PN-EN 13823[2]. Większość wyrobów budowlanych dostępnych na rynku osiąga klasy reakcji na ogień od A2 do D, a dla tych klas badaniem, którego wyniki decydują o tym, jaką klasę uzyska wyrób, jest badanie zgodne z PN-EN 13823, popularnie nazywane SBI.

Badanie SBI polega na określeniu szybkości wydzielanego ciepła z wyrobu w warunkach pożarowych. Próbki do badań składają się z dwóch części: pierwsza część, wysokości 1500 mm, szerokości 1000 mm, i druga część o 1500 mm wysokości i 500 mm szerokości. Obie części na stanowisku badawczym tworzą naroże, u dołu którego zamontowany jest palnik o mocy 30 kW zasilany propanem. Ideę badania według PN-EN 13823 przedstawia rysunek 1.

* mgr inż. – asystent w Zakładzie Badań Ogniowych ITB



Rys. 1. Schemat próbki i oddziaływania ognia w badaniu według PN-EN 13823 [3]
 Fig. 1. Specimen and fire exposure in test according to PN-EN 13823 [3]

Podczas badania mierzony jest szereg wielkości, których zestawienie zawiera tablica 1.

Tablica 1. Wielkości mierzone podczas badania SBI
 Table 1. Measured parameters in SBI method

Mierzona wielkość	Jednostka
Stężenie tlenu	%
Stężenie CO ₂	%
Stężenie CO	ppm
Temperatura w przewodzie wentylacyjnym	K
Temperatura powietrza	K
Różnica ciśnienia w przewodzie wentylacyjnym mierzona za pomocą sondy różnicowej	Pa
Ciśnienie atmosferyczne	kPa
Oslabienie wiązki światła	%
Wydatek objętościowy propanu	mg/s

Na podstawie zmierzonych wielkości określa się parametry klasyfikacyjne, zestawione w tablicy 2.

Tablica 2. Parametry klasyfikacyjne obliczane na podstawie badań SBI
Table 2. Classification parameters calculated from results of SBI method

Obliczany parametr klasyfikacyjny	Oznaczenie	Jednostka
Szybkość wydzielania ciepła	<i>HRR</i>	kW
Całkowite wydzielanie ciepła	<i>THR</i> _{600s}	MJ
Współczynnik szybkości wzrostu pożaru	<i>FIGRA</i>	W/s
Szybkość wydzielania dymu	<i>SPR</i>	m ² /s
Całkowite wydzielanie dymu	<i>TSP</i>	m ²
Wskaźnik szybkości zadymienia	<i>SMOGRA</i>	cm ² /s ²

Czytając normę PN-EN 13823 [2], opisującą metodę badawczą i analizując zależności, według których obliczane są parametry do klasyfikacji, zauważymy, że główną wielkością, której wartość określa te parametry, jest szybkość wydzielania ciepła, oznaczana jako *HRR*. Wielkość ta jest obliczana na podstawie wyników badania z zależności ogólnej

$$HRR(t) = HRR_{\text{całkowite}}(t) - HRR_{\text{palnika}} \quad (1)$$

gdzie: $HRR_{\text{całkowite}}(t)$ – całkowita ilość ciepła z próbki i palnika,

HRR_{palnika} – ciepło wydzielane przez palnik.

Ciepło całkowite $HRR_{\text{całkowite}}$ wyrażone jest zależnością

$$HRR_{\text{całkowite}}(t) = E V_{298}(t) X_{aO_2} \left(\frac{\phi(t)}{1 - 0,105 \phi(t)} \right) \quad (2)$$

gdzie: $E = 17\,200 \text{ kJ/m}^3$ – ilość wydzielonego ciepła na jednostkę objętości tlenu w temperaturze 298 K,

X_{aO_2} – stężenie tlenu w atmosferze (zmierzone przez analizator),

$\phi(t)$ – współczynnik ubytku tlenu,

$V_{298}(t)$ – przepływ objętościowy w przewodzie wentylacyjnym w temperaturze 298 K.

Parametr $V_{298}(t)$ jest opisany zależnością

$$V_{298}(t) = c A \frac{k_t}{k_p} \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_{ms}(t)}} \quad (3)$$

gdzie: $c = 22,4, \text{K}^{0,5} \text{m}^{1,5} \text{kg}^{-0,5}$,

$A = 0,078 \text{ m}^2$ – pole powierzchni przekroju przewodu wentylacyjnego,

k_t – współczynnik profilu przepływu w przewodzie wentylacyjnym,

$k_p = 1,08$ – poprawka liczby Reynoldsa dla sondy dwukierunkowej,

$T_{ms}(t)$ – temperatura w przewodzie wentylacyjnym,
 $\Delta p(t)$ – różnica ciśnienia mierzona za pomocą ciśnieniowej sondy różnicowej.

Podstawiając zależność $V_{298}(t)$ do zależności $HRR_{całkowite}(t)$ otrzymamy

$$HRR_{całkowite}(t) = E c A \frac{k_t}{k_p} X_{aO_2} \left(\frac{\phi(t)}{1 + 0,105 \phi(t)} \right) \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_{ms}(t)}} \quad (4)$$

Ze względu na trudności w pomiarze bezpośrednim szybkości wydzielania ciepła (między innymi straty do otoczenia) metoda badawcza SBI opiera się na określaniu szybkości wydzielania ciepła poprzez pomiar ubytku tlenu w gazach spalinowych. Podstawą tej metody jest zasada sformułowana przez Thortona w 1918 r. [4], że ilość wydzielonego ciepła na jednostkę zużytego tlenu jest w przybliżeniu równa dla większości materiałów. W 1976 Hugget [5] określił tę wartość jako 13,1 MJ/kg zużytego tlenu. Wielkość tę oznaczamy jako E .

Znając wartość E i wiedząc, że jest to wartość stała dla większości materiałów stałych, szybkość wydzielanego ciepła podczas pożaru możemy wyrazić za pomocą równania [6, 3]:

$$q = E \left(\dot{m}_{O_2}^0 - \dot{m}_{O_2} \right) \quad (5)$$

gdzie: $\dot{m}_{O_2}^0$ – ilość tlenu dopływającego do systemu pomiarowego,

\dot{m}_{O_2} – ilość tlenu wypływającego z systemu pomiarowego.

Niestety, nie jesteśmy w stanie zmierzyć wydatku masowego tlenu, a dostępne analizatory tlenu mierzą jego stężenie procentowe w gazach spalinowych. Należy zatem wyrazić dopływającą i wypływającą ilość tlenu poprzez stężenia procentowe. A zatem stężenie procentowe tlenu dopływającego do systemu określone jest zależnością [7]:

$$X_{O_2}^{A0} = \frac{\dot{m}_{O_2}^0}{\dot{m}_{O_2}^0 + \dot{m}_{N_2}^0} = \frac{\frac{\dot{m}_{O_2}^0}{M_{O_2}}}{\frac{\dot{m}_{O_2}^0}{M_{O_2}} + \frac{\dot{m}_{N_2}^0}{M_{N_2}}} \quad (6)$$

Natomiast stężenie procentowe tlenu wypływającego z systemu dane jest zależnością [7]:

$$X_{O_2}^A = \frac{\dot{m}_{O_2}}{\dot{m}_{O_2} + \dot{m}_{N_2}} = \frac{\frac{\dot{m}_{O_2}}{M_{O_2}}}{\frac{\dot{m}_{O_2}}{M_{O_2}} + \frac{\dot{m}_{N_2}}{M_{N_2}}} \quad (7)$$

gdzie: n – wydatki molowe,
 M – masy molowe,
 $X_{O_2}^{A0}$ i $X_{O_2}^A$ – odczyty stężenia tlenu z aparatury.

Wyznaczając z powyższych równań $\dot{m}_{O_2}^0$ i \dot{m}_{O_2} oraz podstawiając te wartości do równania na obliczanie ilości wydzielanego ciepła, otrzymujemy [7]:

$$q = E \frac{X_{O_2}^{A0} - X_{O_2}^A}{(1 - X_{O_2}^{A0})(1 - X_{O_2}^A)} \dot{m}_{N_2} \frac{M_{O_2}}{M_{N_2}} \quad (8)$$

Jednakże analizowane gazy spalinowe zawierają parę wodną, która musi zostać wyizolowana ze względu na wymagania analizatora tlenu. Zatem gazy doprowadzane do analizatora tlenu nie są takie same, jak te, które płyną przewodem spalinowym, więc w obliczeniach ilości wydzielanego ciepła należy uwzględnić również odseparowaną parę wodną. Równanie określające procentowe stężenie tlenu wraz z poprawką na odseparowaną parę wodną ma postać [7]:

$$X_{O_2}^0 = X_{O_2}^{A0} \left(1 - X_{H_2O}^0 \right) \quad (9)$$

Do określenia nowej, poprawionej ilości tlenu w dopływającym powietrzu potrzebna jest ilość pary wodnej. Obliczenia takie można przeprowadzić, znając wilgotność względną powietrza, ciśnienie i temperaturę oraz ciśnienie nasycenia. Korzystamy z zależności [7]:

$$X_{H_2O}^0 = \frac{RH}{100} \frac{p_s(T_a)}{p_a} \quad (10)$$

gdzie: RH – wilgotność względna, %,
 p_s – ciśnienie nasycenia będące funkcją temperatury,
 p_a – ciśnienie atmosferyczne.

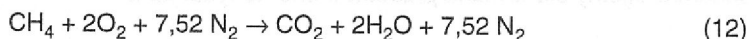
Przekształcając równanie na obliczenie ilości wydzielanego ciepła przez wprowadzenie poprawki obejmującej parę wodną, otrzymujemy [7]:

$$q = E \frac{X_{O_2}^{A0} - X_{O_2}^A}{(1 - X_{O_2}^A)} \dot{m}_a \frac{M_{O_2}}{M_a} \left(1 - X_{H_2O}^0 \right) \quad (11)$$

gdzie: M_a – masa molowa powietrza dopływającego do systemu,
 \dot{m}_a – wydatek masowy powietrza dopływającego do systemu.

Jednak w rzeczywistości nie mierzymy ilości powietrza dopływającego do systemu, tylko powietrze wypływające z systemu. Ponadto w trakcie spalania pojawiają się dodatkowe substancje, powodując zwiększenie wydatku gazów w przewodzie spalinowym.

Przeanalizujmy reakcję spalania metanu w powietrzu [3]:



Gaz dopływający do systemu to mieszanina tlenu i azotu (ilość pozostałych składników jest pomijalna) o masie molowej 9,52, natomiast gaz wypływający przewodem spalinowym to mieszanina tlenu i azotu oraz dwutlenku węgla (pomijamy obecność tlenku węgla). Jak łatwo zauważyć, powstała mieszanina gazów ma większą masę molową, która wynosi 10,52. Stosunek masy molowej gazów wypływających z systemu do masy molowej gazów wpływających do systemu nazywany jest współczynnikiem ekspansji i oznaczany jako α . Ponadto w obliczeniach wydatku gazów wypływających należy uwzględnić ubytek tlenu na skutek reakcji spalania. Ubytek tlenu określany jest poprzez współczynnik ubytku tlenu wyrażony równaniem [6, 3]:

$$\phi = \frac{m_{O_2}^0 - m_{O_2}}{m_{O_2}} = \frac{X_{O_2}^{A0} - X_{O_2}^A}{\left(1 - X_{O_2}^A\right) X_{O_2}^{A0}} \quad (13)$$

Uwzględniając współczynnik ekspansji α oraz współczynnik ubytku tlenu ϕ , wydatek masowy gazów w przewodzie spalinowym wyrażamy [6, 3] jako

$$m_e = (1 - \phi) m_a + \alpha \phi m_a \quad (14)$$

Wyznaczając z powyższej zależności wydatek powietrza dopływającego m_a i podstawiając do równania na obliczanie ilości wydzielanego ciepła, otrzymujemy [6, 3]:

$$\dot{q} = E \frac{M_{O_2}}{M_a} \frac{\phi}{1 + \phi(\alpha - 1)} \dot{m}_e \left(1 - X_{H_2O}^0\right) X_{O_2}^{A0} \quad (15)$$

Przy uwzględnieniu w obliczeniach pomiarów CO i CO₂, zależność przyjmuje postać:

$$\dot{q} = \left[E \phi - (E_{CO} - E) \frac{1 - \phi}{2} \frac{X_{CO}^A}{X_{O_2}^A} \right] \frac{\dot{m}_e}{1 + \phi(\alpha - 1)} \frac{M_{O_2}}{M_a} \left(1 - X_{H_2O}^0\right) X_{O_2}^{A0} \quad (16)$$

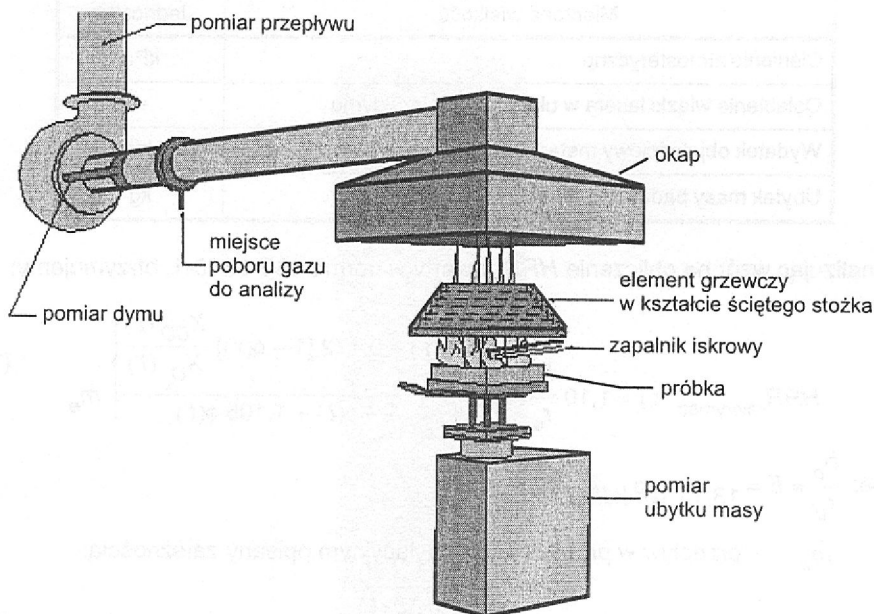
Natomiast uwzględniając wilgoć w otoczeniu, otrzymujemy:

$$\dot{q} = \left[E \phi - (E_{CO} - E) \frac{1 - \phi}{2} \frac{X_{CO}^A}{X_{O_2}^A} \right] \frac{M_{O_2}}{M_a} \dot{m}_a \left(1 - X_{H_2O}^0\right) X_{O_2}^{A0} \quad (17)$$

2. Pomiar kalorymetrem stożkowym

Inną metodą badawczą, w której określamy szybkość wydzielania ciepła z zastosowaniem metody pomiaru ubytku tlenu, jest metoda z użyciem kalorymetru stożkowego opisana w normie ISO 5660-1 [8].

Badanie jest przeprowadzane w specjalnym urządzeniu – kalorymetrze stożkowym. Schemat ogólny stanowiska przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat ogólny stanowiska badawczego – kalorymetr stożkowy [3]
 Fig. 2. General view of test stand – cone calorimeter [3]

W czasie testu próbka poddana jest działaniu promieniowania cieplnego. Do celów badania można ustawić wartość promieniowania w zakresie od 0 do 1000 kW/m². Zapalenie próbki może być samoczynne na skutek oddziaływania cieplnego lub inicjowane jest przez elektryczny zapalnik iskrowy.

Wielkości mierzone podczas badania (zestawione w tabelicy 3) są takie same lub podobne, jak w badaniu SBI.

Tablica 3. Wielkości mierzone podczas badania na kalorymetrze stożkowym
 Table 3. Measured parameters in cone calorimeter method

Mierzona wielkość	Jednostka
Stężenie tlenu	%
Stężenie CO ₂	%
Stężenie CO	%
Temperatura gazów spalinowych w miejscu poboru próbki gazu do analizy	K
Temperatura gazów spalinowych w miejscu pomiaru różnicy ciśnienia w przewodzie wentylacyjnym	K
Różnica ciśnienia w przewodzie wentylacyjnym mierzona za pomocą sondy różnicowej	Pa

Mierzona wielkość	Jednostka
Ciśnienie atmosferyczne	kPa
Osiabienie wiązki lasera w układzie pomiaru dymu	-
Wydatek objętościowy metanu podczas kalibracji	slpm
Ubytek masy badanego wyrobu	kg

Analizując wzór na obliczenie HRR zawarty w normie ISO 5660-1, otrzymujemy:

$$HRR_{\text{kalorymetr}}(t) = 1,10 \frac{h_c}{r_o} X_{aO_2} \left\{ \frac{\phi(t) - 0,172 [1 - \phi(t)] \frac{X_{CO}(t)}{X_{O_2}(t)}}{1 - \phi(t) + 1,105 \phi(t)} \right\} \dot{m}_e \quad (18)$$

gdzie: $\frac{h_c}{r_o} = E = 13,1 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}$

\dot{m}_e – przepływ w przewodzie wentylacyjnym opisany zależnością:

$$\dot{m}_e = C \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_e(t)}} \quad (19)$$

$\phi(t)$ – współczynnik ubytku tlenu,

X_{aO_2} – stężenie tlenu w atmosferze (odczyt z analizatora),

X_{CO} – stężenie tlenku węgla (odczyt z analizatora),

1,10 – stosunek mas cząsteczkowych powietrza i tlenu.

Wstawiając zależność (19) do zależności (18), otrzymujemy [8]:

$$HRR_{\text{kalorymetr}}(t) = 1,10 E C X_{aO_2} \left\{ \frac{\phi(t) - 0,172 [1 - \phi(t)] \frac{X_{CO}(t)}{X_{O_2}(t)}}{1 - \phi(t) + 1,105 \phi(t)} \right\} \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_e(t)}} \quad (20)$$

W badaniu za pomocą kalorymetru stożkowego stężenie CO jest na tyle małe, że może być traktowane jako zerowe, zatem zależność możemy zapisać następująco:

$$HRR_{\text{kalorymetr}}(t) = 1,10 C E X_{aO_2} \left(\frac{\phi(t)}{1 + 1,105 \phi(t)} \right) \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_e(t)}} \quad (21)$$

Wprowadzając nową stałą G , którą można zapisać za pomocą zależności

$$G = 1,10 C E \quad (22)$$

i wstawiając powyższą zależność do wzoru na $HRR_{\text{kalorymetr}}(t)$, otrzymamy

$$HRR_{\text{kalorymetr}}(t) = G X_{aO_2} \left(\frac{\phi(t)}{1 + 1,105 \phi(t)} \right) \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_e(t)}} \quad (23)$$

Zestawiając ze sobą powyższe równanie z równaniem dotyczącym badania SBI, do którego wstawimy również nową stałą P , otrzymamy

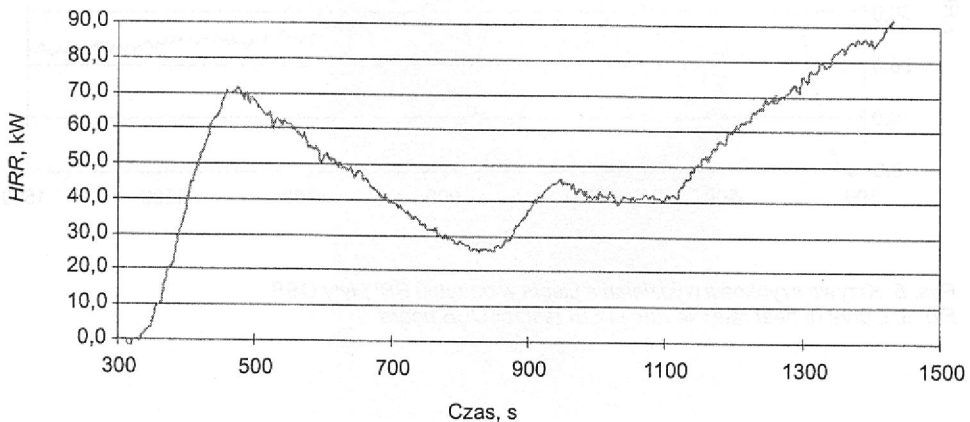
$$HRR(t) = P X_{aO_2} \left(\frac{\phi(t)}{1 + 1,105 \phi(t)} \right) \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_e(t)}} HRR_{\text{palnika}} \quad (24)$$

Jak widać, oba równania – poza wprowadzonymi stałymi i mocą palnika w równaniu dla metody SBI, która też jest wartością stałą – są takie same. Jeżeli powyższe równania na obliczanie szybkości wydzielania ciepła nie różnią się od siebie, to ich przebiegi na wykresach czasowych powinny być również zbliżone.

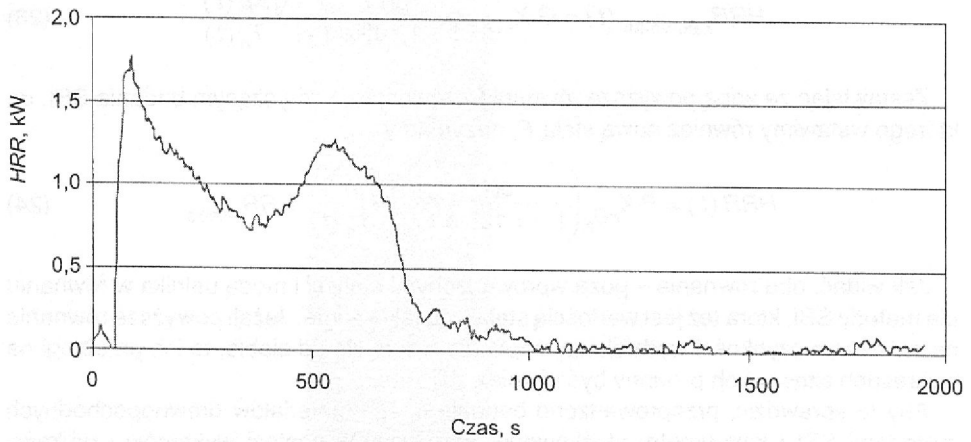
Aby to sprawdzić, przeprowadzono badania trzech materiałów drewnopochodnych metodami SBI i kalorymetru stożkowego. Ich wyniki w postaci wykresów szybkości wydzielania ciepła przedstawiono poniżej (rys. 3–8).

Z przedstawionych wykresów wynika, że w pierwszych 600 s badania istotnych dla określenia parametrów klasyfikacyjnych przebiegi szybkości wydzielania ciepła otrzymane z pomiarów na obu stanowiskach badawczych są podobne, co potwierdzałoby istnienie korelacji pomiędzy metodami. Różnice występują, jeśli chodzi o wartości wydzielania ciepła, ale jest to spowodowane różną wielkością próbek w obu metodach badawczych.

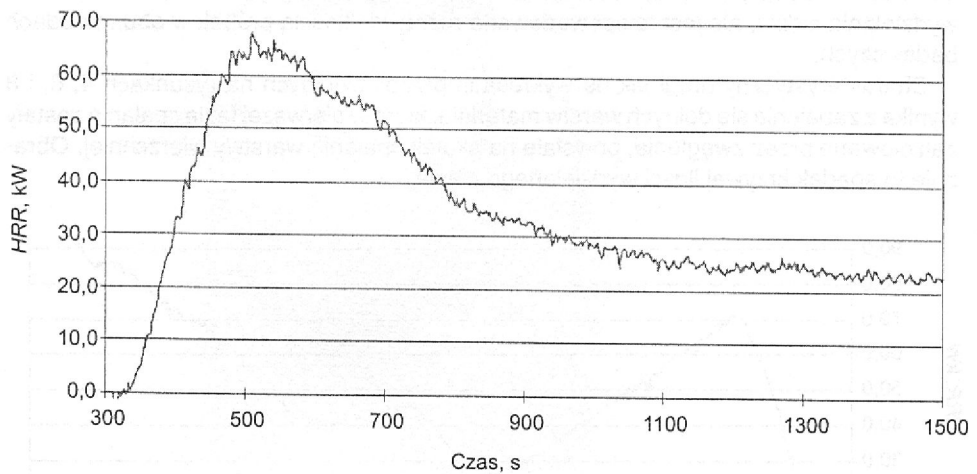
Charakterystyczny drugi pik na wykresach przedstawionych na rysunkach 4, 6, i 8 wynika z zapalenia się dolnych warstw materiału, które w pierwszej fazie spalania zostały zaizolowane przez zwęglenie, powstałe na skutek spalania warstwy wierzchniej. Obrazuje to spadek krzywej ilości wydzielanego ciepła.



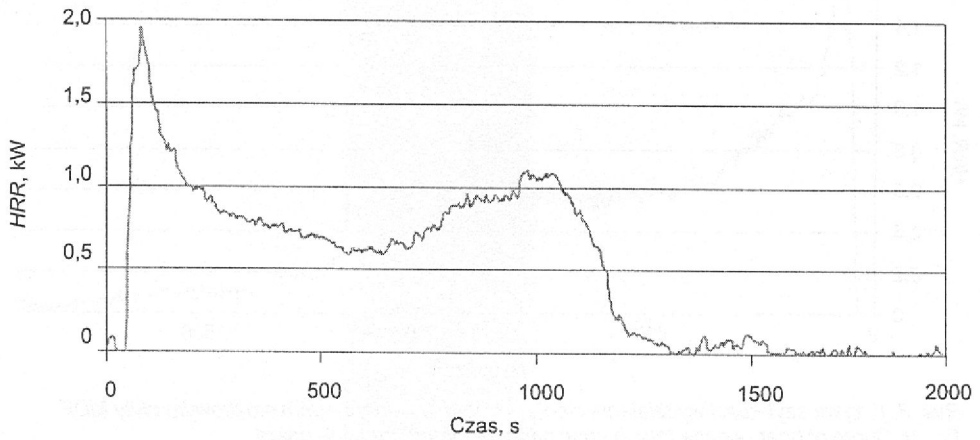
Rys. 3. Krzywa szybkości wydzielania ciepła w badaniu SBI płyty wiórowej
Fig. 3. Curve of heat release rate in SBI test for particle board



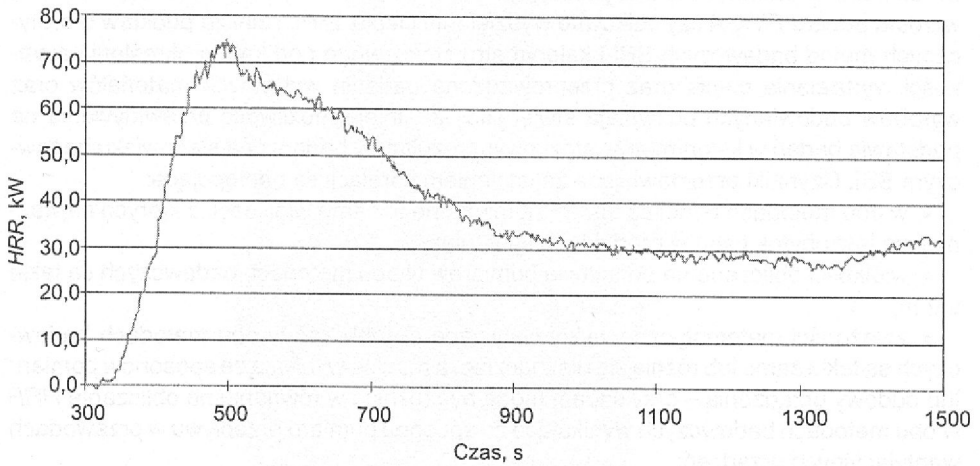
Rys. 4. Krzywa szybkości wydzielania ciepła w badaniu kalorymetrem stożkowym płyty wiórowej
 Fig. 4. Curve of heat release rate in cone calorimeter test for particle board



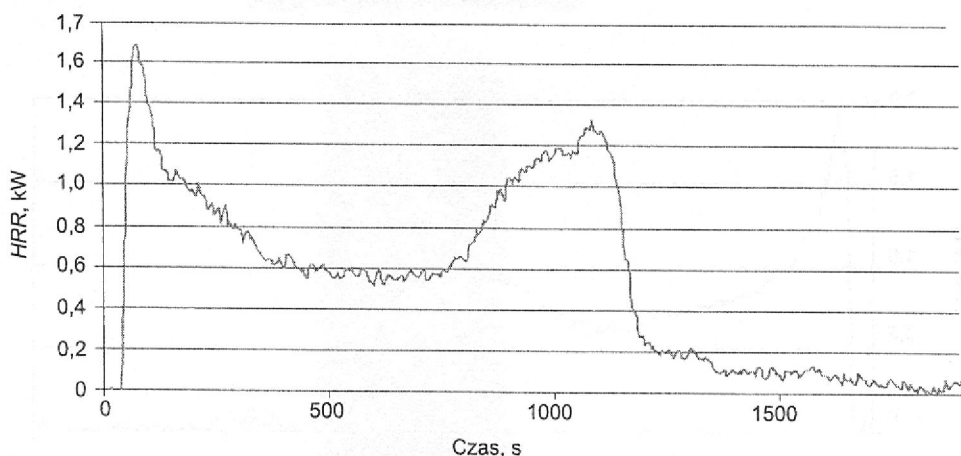
Rys. 5. Krzywa szybkości wydzielania ciepła w badaniu SBI płyty OSB
 Fig. 5. Curve of heat release rate in SBI test for OSB board



Rys. 6. Krzywa szybkości wydzielania ciepła w badaniu kalorymetrem stożkowym płyty OSB
 Fig. 6. Curve of heat release rate in cone calorimeter test for OSB board



Rys. 7. Krzywa szybkości wydzielania ciepła w badaniu SBI płyty MDF
 Fig. 7. Curve of heat release rate in SBI test for MDF board



Rys. 8. Krzywa szybkości wydzielania ciepła w badaniu kalorymetrem stożkowym płyty MDF
 Fig. 8. Curve of heat release rate in cone calorimeter test for MDF board

3. Podsumowanie i wnioski

Szybkość wydzielania ciepła HRR jest podstawowym parametrem wykorzystywanym do określania parametrów klasyfikacyjnych w metodzie SBI, takich jak współczynnik wzrostu pożaru $FIRGA$ czy całkowite wydzielanie ciepła THR . Analiza podstaw teoretycznych metod badawczych SBI i kalorymetru stożkowego pod kątem określenia szybkości wydzielania ciepła oraz przeprowadzone badania wybranych materiałów oraz wyrobów budowlanych pozwalają stwierdzić, iż istnieje możliwość przewidywania na podstawie badań w kalorymetrze stożkowym rezultatów badania na stanowisku badawczym SBI. Czynniki przemawiające za istnieniem korelacji są następujące:

- w obu metodach podczas badań są mierzone te same wielkości, z których najważniejszą jest ubytek tlenu w produktach spalania;
- wielkości obliczane na podstawie pomiarów w obu metodach badawczych są takie same;
- zależności matematyczne wykorzystywane do obliczeń w obu metodach badawczych są takie same lub różnią się nieznacznie, a różnice wynikają ze sposobów pomiaru lub budowy urządzenia – przykładem mogą być różnice w równaniu na obliczanie HRR w obu metodach badawczych wynikające ze sposobu pomiaru przepływu w przewodach wentylacyjnych urządzeń;
- otrzymane wyniki, w tym przebiegi parametru HRR , w obu metodach badawczych mają podobny kształt w czasie pierwszych 600 s oddziaływania źródła ognia lub promieniowania cieplnego w przypadku kalorymetru stożkowego; jest to szczególnie istotne ze względu na fakt, że w metodzie SBI w czasie pierwszych 600 s gromadzone są dane do późniejszych obliczeń parametrów klasyfikacyjnych;
- przeprowadzone wstępne badania prowadzą do wniosku, iż uzyskanie dobrej korelacji pomiędzy obu metodami można uzyskać w przypadku wyrobów o obudowie

ciągłej i homogenicznej. Potwierdzają to wyniki uzyskane w badaniach takich materiałów, jak płyta wiórowa, płyta MDF, płyta OSB.

Literatura

- [1] Thorton W.: The relation of oxygen to the heat of combustion of organic compounds. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 33, 1917, s. 196–203
- [2] Hugget C.: Estimation of the rate of heat release by means of oxygen consumption. *Fire and Materials*, 4, 1980, s. 61–65
- [3] Materiały szkoleniowe z kursu EGOLF dotyczącego badania SBI, maj 2006
- [4] PN-EN 13501-1 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych I elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień
- [5] PN-EN 13823 Reakcja na ogień wyrobów budowlanych. Wyroby budowlane, z wyjątkiem posadzek, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu
- [6] Parker W. J.: Calculations of the heat release rate by oxygen consumption of various applications. *Journal of Fire Sciences*, 2, 1984, s. 380–395
- [7] Jassens M. L.: Variability in oxygen Consumption Calorimetry Tests, Thermal Measurements, Gritzo AL, Alvares NJ (eds). The Foundation of Fire Standards, ASTM STP 1427. ASTM International: West Conshohocken, PA, 2002
- [8] ISO 5660-1 Fire tests – Reaction to fire – Part 1: Rate of heat release from building products (cone calorimeter method)

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL VERIFICATION OF SBI AND CONE FIRE TESTS METHODS

Summary

The paper shows a theoretical base of SBI and cone calorimeter fire tests methods. It includes a short description of both fire tests methods and analyzes of equations used for calculation of heat release rate in SBI and cone calorimeter methods. Author shows and discusses the test results for three different wood-based materials.

Praca wpłynęła do Redakcji 21 III 2007