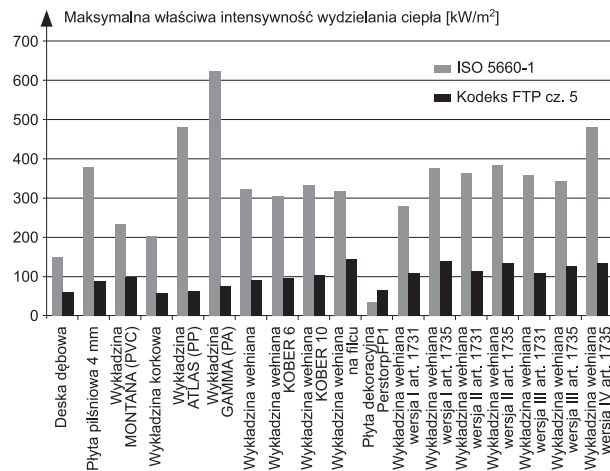


dr inż. Krzysztof Sychta*

Wpływ parametrów dynamicznych stanowiska na wartość intensywności wydzielania ciepła przez materiały

Do ważniejszych parametrów materiału decydujących o pożarowym zagrożeniu obiektów technicznych należą intensywność wydzielania ciepła i jego potencjał cieplny. Analiza własnych wyników badań intensywności wydzielania ciepła, uzyskanych różnymi znormalizowanymi metodami w tych samych warunkach termicznych rozkładu i spalania, wykazała, że nie ma korelacji między uzyskanymi wynikami (rysunek 1).



Rys. 1. Porównanie maksymalnej wartości intensywności wydzielania ciepła wyznaczonej metodami wg cz. 5 Międzynarodowego kodeksu procedur prób ogniowych (Kodeks FTP, cz. 5) i wg normy ISO 5660-1 przy natężeniu strumienia ciepła na powierzchni próbki 50 kW/m²

Na podstawie analizy wyników badań własnych ustalono, że tak znaczne różnice zmierzonych wartości intensywności wydzielonego ciepła metodą wg ISO 5660-1 i metodą wg Kodeksu FTP cz. 5 nie są tylko wynikiem niepewności pomiarów, lecz także traktowania w znormalizowanych metodach pomiaru intensywności wydzielania ciepła w kategoriach pomiarów statycznych. **Spalanie materiału jest procesem zmiennym w czasie. W związku z tym pomiar intensywności wydzielania ciepła powinien być traktowany jako pomiar dynamiczny.**

Dokonano identyfikacji stanowisk badawczych intensywności wydzielania ciepła metodami wg ISO 5660-1 i wg Kodeksu FTP, cz. 5 IMO jako dynamicznych przetworników pomiarowych. Do ich identyfikacji zastosowano metodę wymuszenia skokowego za pomocą palnika metanowego o znanej intensywności wydzielania ciepła. Na tej podstawie ustalono, że:

- stanowisko do badania intensywności wydzielania ciepła materiałów metodą wg ISO 5660-1 jest przetwornikiem pierwszego rzędu;

- stanowisko do badania intensywności wydzielania ciepła materiałów metodą wg Kodeksu FTP, cz. 5 jest przetwornikiem drugiego rzędu.

Każdy przebieg nieliniowy można przedstawić w postaci sumy liniowo narastających i liniowo malejących odcinków. Przyjęto, że w przedziale czasu: $t_i - \Delta t < t_i < t_i + \Delta t$ (gdzie: Δt jest okresem pomiarów) zmierzona intensywność wydzielania ciepła $q_f(t_i)$ jest funkcją liniową o stałej, w tym przedziale czasu, szybkości zmian a_i : $\dot{q}_f(t_i) = a_i \cdot t_i$.

Dla przedziału czasu $2 \Delta t$ skorygowaną intensywność wydzielania ciepła metodą wg ISO 5660-1 określa wzór:

$$\dot{q}_k(t_i) = \dot{q}(t_i) + a_i \cdot T$$

Dla przedziału czasu $2 \Delta t$ skorygowaną intensywność wydzielania ciepła metodą wg Kodeksu FTP, cz. 5 IMO określa wzór:

$$\dot{q}_k(t_i) = \dot{q}(t_i) + a_i \cdot \frac{2 \cdot \zeta}{\omega}$$

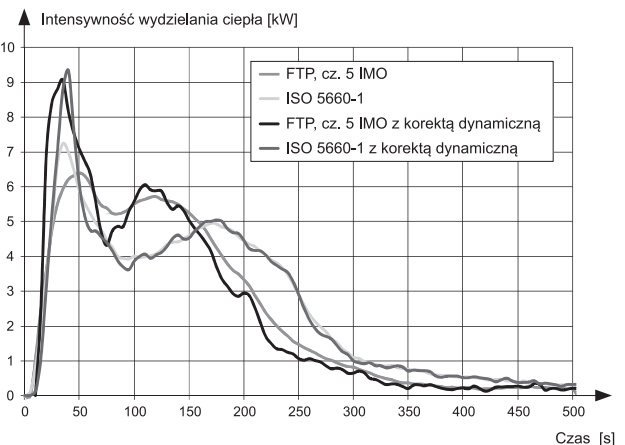
gdzie:

T – stała czasowa;

ω – pulsacja drgań swobodnych nietłumionych (pulsacja naturalna);

ζ – stopień tłumienia.

Przykładowe wyniki badań intensywności wydzielania ciepła z uwzględnieniem parametrów dynamicznych przedstawiono na rysunku 2.

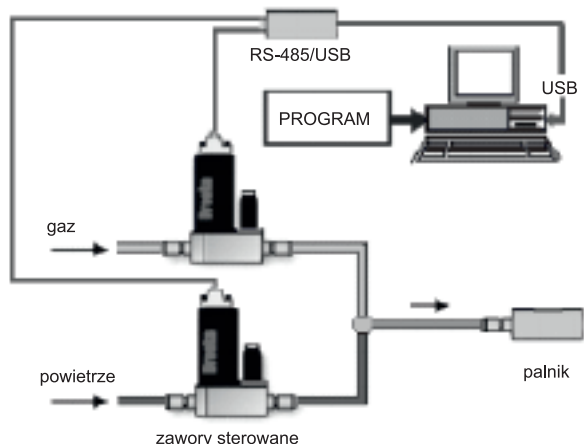


Rys. 2. Przebieg zmian intensywności wydzielania ciepła z uwzględnieniem korekty dynamicznej stanowisk dla wykładziny wełnianej (art. 1731)

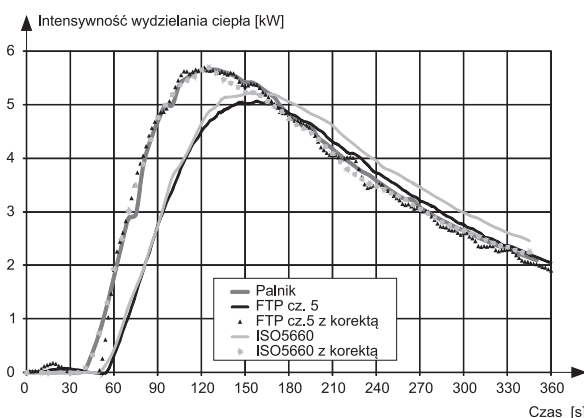
Do walidacji metody korekty błędu dynamicznego intensywności wydzielania ciepła oraz do kontroli pracy i kalibracji stanowisk badawczych wykonano specjalistyczne zintegrowane stanowisko badawcze (rysunek 3). Podstawowym elementem tego stanowiska jest programowany palnik gazowy z możliwością wyboru zmian intensywności wydzielania ciepła w funkcji czasu.

* Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie

Oprócz typowych funkcji (prostokąt, trapez, trójkąt, 1-cos (x)) palnik realizuje również zmodyfikowaną funkcję Plancka (rysunek 4), za pomocą której można opisać intensywność wydzielania ciepła większości jednorodnych materiałów z tworzyw naturalnych i sztucznych [1].



Rys. 3. Palnik programowany

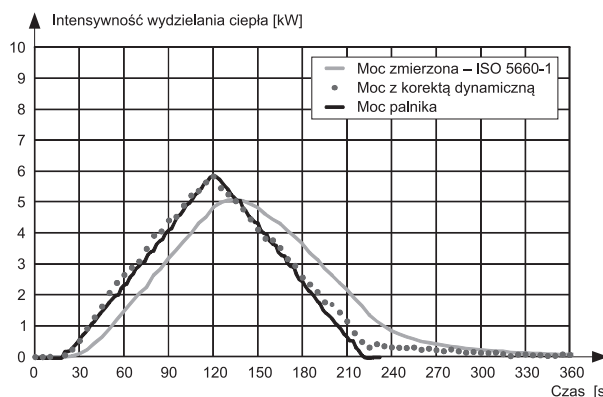
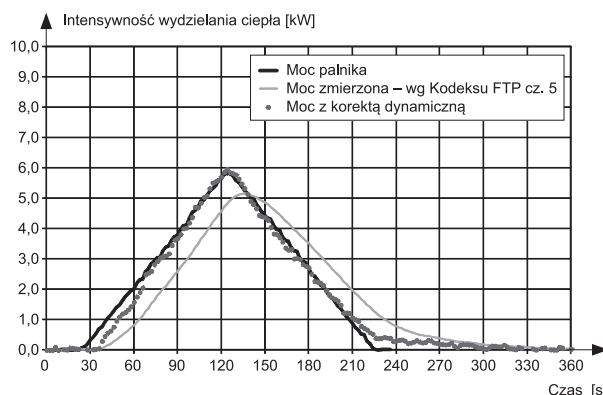


Rys. 4. Porównanie wyników intensywności wydzielania ciepła programowanego palnika gazowego z intensywnością wydzielania ciepła zmierzonego przez stanowisko metodą wg Kodeksu FTP, cz. 5, stanowisko ISO 5660 bez i z korektą błędu dynamicznego (zmodyfikowana funkcja Plancka)

Zastosowanie programowanego palnika gazowego zwiększyło stopień zgodności (odtwarzalność i korelację) wyników pomiarów intensywności wydzielania ciepła (rysunek 5). Po zastosowaniu korekty maksymalne intensywności wydzielania ciepła uzyskane obiema metodami różniły się między sobą od 2% do 6,6%, natomiast przed korektą różnice wynosiły od 8,3% do 32,1%.

Podsumowanie

Do ważniejszych parametrów materiału decydujących o poważnym zagrożeniu obiektów technicznych należą intensywność wydzielania ciepła i jego potencjał cieplny. Przeprowadzone badania porównawcze intensywności wydzielania ciepła metodami wg ISO 5660-1 i wg Kodeksu FTP, cz. 5 IMO wykazały brak korelacji między uzyskanymi wynikami. Ustalono, że jedną z ważniejszych przyczyn powodujących brak korelacji jest nieuwzględnienie parametrów dynamicznych stanowiska. Natomiast ich uwzględnienie pozwala na określenie funkcji autokorekty wyników pomiaru zwiększającej korelację wyników uzyskanych różnymi metodami. Zwiększenie odtwarzalności wyników pomiaru intensywności wydzielania ciepła umożliwi ich wykorzystanie do ilościowej analizy poziomu zagrożenia pożarowego obiektów technicznych.



Rys. 5. Intensywności wydzielania ciepła przez programowany palnik gazowy zmierzone metodami wg Kodeksu FTP, cz. 5 i ISO 5660 bez i z korektą błędu dynamicznego

Do walidacji metody korekty błędu dynamicznego intensywności wydzielania ciepła opracowano i wykonano specjalistyczne zintegrowane stanowisko badawcze. Podstawowym elementem tego stanowiska jest programowany palnik gazowy z możliwością wyboru funkcji i parametrów pracy palnika.

Zastosowanie proponowanej metody poprawy dokładności pomiaru intensywności wydzielania ciepła nie wymaga dokonywania zmian w stanowiskach badawczych i w procedurach badań, a więc nie pociąga za sobą konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów i dokonywania zmian w istniejących przepisach.

Abstract

Combustion and material burning is a process which changes in time. Thus the measurements of heat release intensity of material should be treated as dynamic process and measurement should be dynamic accordingly. To validate the method of correction of dynamic error of the value of heat release intensity the special experimental set-up was designed and made. Experimental test apparatus with the basic element consisting the computer programmed gas burner with the possibility of choice of various functions and kinds of burning parameters is mounted on various test apparatuses. The consideration of dynamic parameters of test apparatus used for measurement of heat release rate of materials resulted in the improvement of precision of test results (reproducibility and correlation) of data for heat release intensity obtained with the various standard test methods, with no necessity of changes to the construction of the test apparatus with the only minor changes to the testing procedure.

Literatura

[1] Lyon R.E., Abramowitz A.: Effect of instrument response time on heat release rate measurement. Fire an materials. vol. 19, 11-17 (1995).
 [2] Sychta Z.: Zastosowanie zmodyfikowanej funkcji Plancka do opisu wyników badań laboratoryjnych wybranych cech pożarowych materiałów. Artykuł – Archiwum Spalania, Kwartalnik Vol. 4 (2004). Polski Instytut Spalania, Warszawa.