

st. kpt. mg inż. Grzegorz KOTULEK

st. kpt. mg inż. Bożena KUKFISZ

dr inż. Marek WOLIŃSKI

Zakład Rozpoznawania Zagrożeń Obiektów, Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Badanie emisji tlenku węgla przy zastosowaniu żeliwnych wkładów kominkowych¹

Omówienie
LEAD

Artykuł przedstawia badania emisji tlenku węgla związanej z eksploatacją żeliwnego wkładu kominkowego. W eksperymentach wykorzystano stanowisko umożliwiające dokonywanie w skali rzeczywistej pomiarów temperatury elementów kominka oraz zawartości tlenku węgla, ditlenku węgla i tlenu w spalinach odprowadzanych do komina, a także w powietrzu otaczającym stanowisko badawcze. Pomiary wykonano dla spalania sezonowanego drewna dębowego i brzoźowego oraz brykietów ze sprasowanego węgla brunatnego.

Słowa kluczowe: wkład kominkowy, tlenek węgla, ditlenek węgla.

1. Wstęp

Kominiek jest coraz bardziej popularnym elementem wyposażenia domów jednorodzinnych. Oprócz walorów estetycznych, daje również możliwość ogrzania pomieszczeń mieszkalnych po kosztach niższych niż przy stosowaniu systemów wykorzystujących energię elektryczną lub paliwa gazowe. Jednakże, jak każde urządzenie, w którym występuje otwarty płomień, kominiek może być w trakcie eksploatacji źródłem poważnych zagrożeń dla użytkowników. Prowadzone dotychczas badania [1] koncentrowały się na zagrożeniach pożarowych związanych z nieprawidłową zabudową wkładu kominkowego i jego eksploatacją, obecny etap prac dotyczył zagrożeń wynikających z emisji tlenku i ditlenku węgla w trakcie eksploatacji kominka.

2. Stanowisko badawcze i badania

W badaniach wykorzystano stanowisko umożliwiające dokonywanie pomiarów w skali rzeczywistej [1]. Głównym elementem stanowiska badawczego był żeliwny wkład kominkowy o mocy cieplnej 14 kW z układem odprowadzania

¹ Artykuł powstał w wyniku realizacji pracy badawczej własnej BW/E-422/18/2009 w SGSP.

spalin (metalowy przewód dymowy izolowany wełną mineralną). Widok stanowiska przedstawiono na rys. 1.



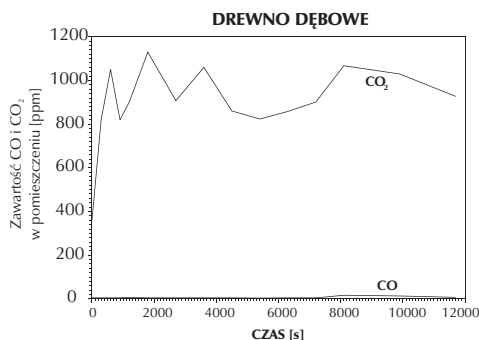
Rys.1. Stanowisko badawcze
Fig. 1. Test stand

Podstawowym wyposażeniem stanowiska był układ ciągłej rejestracji temperatury, szczegółowo opisany w [1] (24 kanały pomiarowe: 23 termopary typu K o zakresie pomiarowym 0–1000°C oraz pirometr radiacyjny o zakresie pomiarowym 0–900°C); dla potrzeb bieżących badań możliwości stanowiska zostały rozszerzone o pomiar zawartości tlenku węgla, ditlenku węgla i tlenu w spalinach za pomocą analizatora spalin DELTA 65

oraz pomiar zawartości tlenku węgla i ditlenku węgla w powietrzu otaczającym stanowisko badawcze za pomocą wielofunkcyjnego miernika jakości powietrza AQ 200 P. Pomiarzy eksperymentalne wykonano dla przypadku spalania drewna dębowego, drewna brzoźowego (w obu przypadkach było to drewno sezonowane) oraz brykietów ze sprasowanego węgla brunatnego. W kolejnych eksperymentach stosowano jednakowe ilości paliwa kominkowego: 4,75 kg drewna lub brykietów + jako rozpałka: 0,5 kg makulatury i rozpałka płynna (ciekła parafina) lub rozpałka stała (szczapki żywiczne). Badania prowadzono w powtarzalnych warunkach: temperatura początkowa w pomieszczeniu laboratoryjnym 21°C, przepływ powietrza przez pomieszczenie wymuszany systemem wentylacji grawitacyjnej: ok. 0,11 wymian/h. W trakcie badań nie załączano wentylatora wspomagającego ciąg kominowy. Przykładowe wyniki pomiarów zostały przedstawione na rys. 2–4.

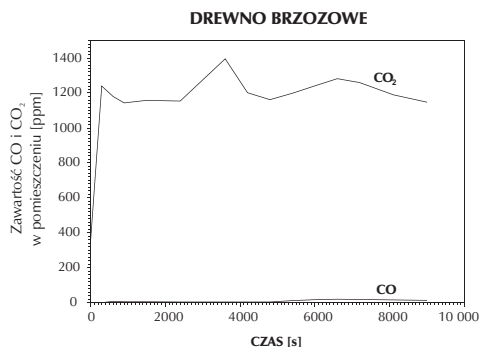
W trakcie badań stwierdzono, że podczas rozpalania kominka zawartość ditlenku węgla w powietrzu w pomieszczeniu laboratoryjnym jest rzędu 800–1100 ppm dla drewna dębowego i brykietów, 1100–1200 ppm dla drewna brzoźowego. Zawartość tlenku węgla w powietrzu w pomieszczeniu nie przekraczała 5–7 ppm w trakcie rozpalania kominka – niezależnie od rodzaju paliwa.

Podczas dalszego palenia obserwowano pewne zmiany zawartości CO₂ w pomieszczeniu, powodowane otwieraniem przedniej szyby wkładu kominkowego, np. w celu przełożenia szczap drewna, rozgarnięcia żaru itp. czynności wspomagających palenie, jednakże można stwierdzić, że średnia zawartość CO₂ w pomieszczeniu utrzymywała się na poziomie 1000 ppm podczas spalania dREW-



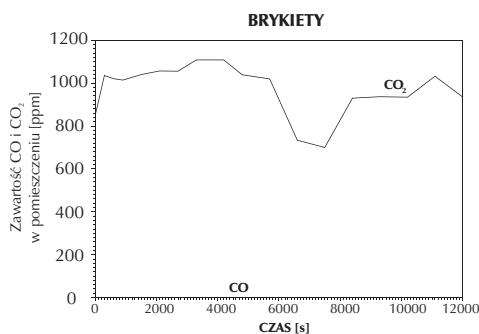
Rys. 2. Przebieg zmian zawartości CO i CO₂ w pomieszczeniu podczas spalania drewna dębowego

Fig. 2. Changes of CO and CO₂ concentrations in the room during combustion of oak wood



Rys. 3. Przebieg zmian zawartości CO i CO₂ w pomieszczeniu podczas spalania drewna brzoźowego

Fig. 3. Changes of CO and CO₂ concentrations in the room during combustion of birch wood



Rys. 4. Przebieg zmian zawartości CO i CO₂ w pomieszczeniu podczas spalania brykietów z węgla brunatnego

Fig. 4. Changes of CO and CO₂ concentrations in the room during combustion of brown coal briquettes



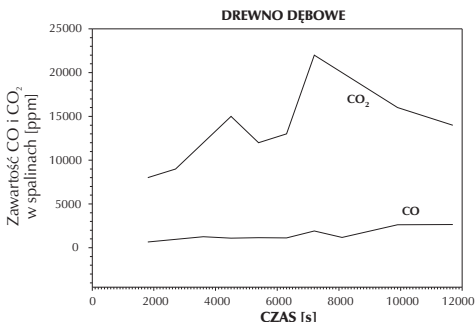
Rys. 5. Żarzenie drewna
Fig. 5. Glowing of wood

na dębowego, 1250 ppm podczas spalania drewna brzoźowego i 950 ppm podczas spalania brykietów. Otwieranie przedniej szyby wkładu kominkowego powodowało natomiast znacznie bardziej istotne zmiany w zawartości CO w pomieszczeniu – poziom stężenia wzrastał do 10 ppm przy spalaniu brykietów, a nawet do 17–20 ppm przy spalaniu drewna dębowego i drewna brzoźowego (gdy zachodziło głównie żarzenie drewna, a nie spalanie płomieniowe, rys. 5).

W trakcie badań określono również zawartość tlenu i ditlenku węgla w spalinach odprowadzanych przez układ kominowy (jak wspomniano wyżej – bez uruchamiania wentylatora wspomagającego ciąg kominowy). Wyniki tych pomiarów zostały przedstawione na kolejnych rys. 6–8. W przypadku spalania drewna dębowego maksymalna zawartość CO₂ w spalinach była na poziomie 22 000 ppm, w przypadku spalania drewna brzoźowego – na poziomie

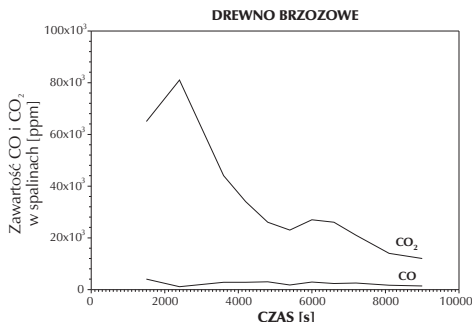
81 000 ppm, zaś w przypadku spalania brykietów – na poziomie 20 000 ppm. Podobnie kształtował się także przebieg zmian zawartości CO₂ w spalinach podczas

spalania drewna i brykietów: zawartość ta początkowo rosła wraz z rozwojem spalania, a następnie malała; jednakże w przypadku spalania drewna brzoazowego znacznie szybciej osiągnięte zostało maksimum zawartości CO_2 .



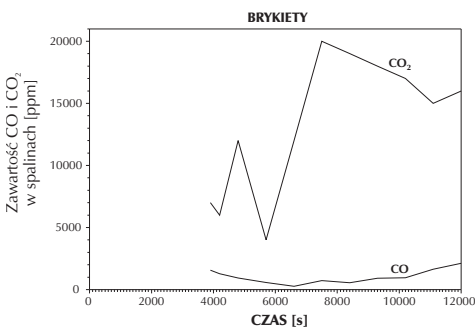
Rys. 6. Przebieg zmian zawartości CO i CO_2 w spalinach podczas spalania drewna dębowego

Fig. 6. Changes of CO and CO_2 concentrations in exhaust gases during combustion of oak wood



Rys. 7. Przebieg zmian zawartości CO i CO_2 w spalinach podczas spalania drewna brzoazowego

Fig. 7. Changes of CO and CO_2 concentrations in exhaust gases during combustion of birch wood

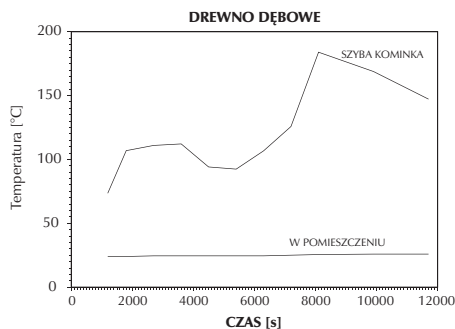


Rys. 8. Przebieg zmian zawartości CO i CO_2 w spalinach podczas spalania brykietów z węgla brunatnego

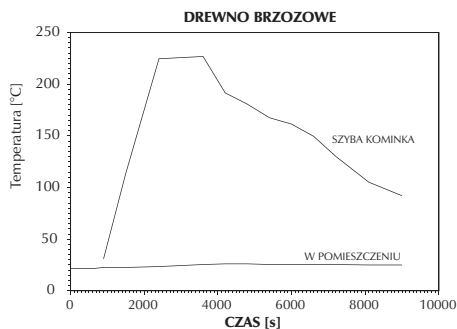
Fig. 8. Changes of CO and CO_2 concentrations in exhaust gases during combustion of brown coal briquettes

Przebieg zmian zawartości CO w spalinach był różny dla każdego z badanych paliw: w przypadku drewna dębowego wzrastał w zakresie 700–2700 ppm, w przypadku drewna brzoazowego malał od poziomu 4000 ppm, a następnie wahał się w zakresie 1000–3000 ppm, zaś dla przypadku spalania brykietów, po początkowym spadku w zakresie 1500–500 ppm, następował wzrost do poziomu 2100 ppm.

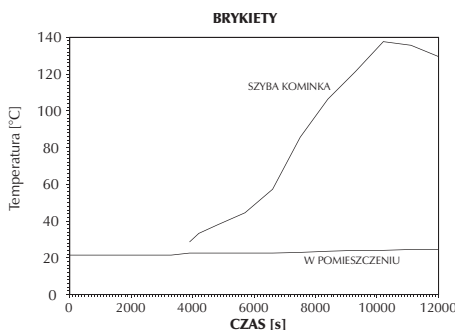
Na rys. 9–11 przedstawiono przebiegi zmian temperatury w pomieszczeniu oraz zmian temperatury szyby wkładu kominkowego (którą można traktować jak źródło promieniowania cieplnego oddziaływującego na elementy wyposażenia pomieszczenia otaczające kominek) w trakcie spalania poszczególnych rodzajów paliw. Jak widać na przedstawionych rysunkach, spalanie jednakowych porcji badanych paliw prowadziło do podobnych efektów, jeśli chodzi o ogrzewanie pomieszczenia: obserwowano wzrost temperatury w pomieszczeniu z wyjściowego poziomu 21°C do maksymalnego poziomu $25\text{--}26^\circ\text{C}$. Natomiast maksymalne temperatury szyby wkładu kominka utrzymywały się na poziomie 185°C podczas spalania drewna dębowego, 225°C podczas spalania drewna brzoazowego i 140°C



Rys. 9. Przebieg zmian temperatury w pomieszczeniu i temperatury szyby kominka podczas spalania drewna dębowego
Fig. 9. Changes of room temperature and temperature of fireplace glass during combustion of oak wood



Rys. 10. Przebieg zmian temperatury w pomieszczeniu i temperatury szyby kominka podczas spalania drewna brzoźowego
Fig. 10. Changes of room temperature and temperature of fireplace glass during combustion of birch wood



Rys. 11. Przebieg zmian temperatury w pomieszczeniu i temperatury szyby kominka podczas spalania brykietów z węgla brunatnego
Fig. 11. Changes of room temperature and temperature of fireplace glass during combustion of brown coal briquettes

podczas spalania brykietów. Charakter zmian tej temperatury był podobny do charakteru zmian zawartości ditlenku węgla w spalinach – zależał od przebiegu i jakości procesu spalania poszczególnych paliw.

3. Podsumowanie i wnioski

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań stężenia tlenu i ditlenku węgla w trakcie eksploatacji kominka – zarówno w pomieszczeniu, jak i w spalinach odprowadzanych przez układ kominowy. W badaniach wykorzystano

stanowisko badawcze, którego głównym elementem był żeliwny wkład kominowy o mocy cieplnej 14 kW z układem odprowadzania spalin; stanowisko zostało wyposażone w urządzenia umożliwiające pomiar zawartości tlenu węgla, ditlenku węgla i tlenu w spalinach oraz pomiar zawartości tlenu węgla i ditlenku węgla w powietrzu otaczającym stanowisko badawcze (w pomieszczeniu) oraz pomiar charakterystycznych temperatur. Eksperymenty prowadzono dla spalania drewna dębowego, drewna brzoźowego (w obu przypadkach było to drewno sezonowane) oraz brykietów ze sprasowanego węgla brunatnego.

W trakcie badań zmierzono maksymalne stężenie ditlenku węgla w pomieszczeniu na poziomie ok. 1300 ppm, zaś maksymalne stężenie tlenu węgla na poziomie ok. 20 ppm.

Dane literaturowe wskazują, że typowa zawartość ditlenku węgla w powietrzu atmosferycznym nie przekracza 400 ppm [2], zaś tlenu węgla w powietrzu atmo-

sferycznym 0,1 ppm i w pomieszczeniach mieszkalnych – 5 ppm [3]. Tak więc używanie kominka powodowało istotny wzrost zawartości tych gazów w powietrzu w pomieszczeniu, szczególnie wskutek „czynności obsługowych” podejmowanych przez użytkownika (otwieranie szyby, rozdmuchiwanie czy rozgarnianie żaru). Jednakże zarówno w przypadku CO, jak i CO₂ stężenia tych gazów mierzone w pomieszczeniu po długotrwałym paleniu (5–6 godzin) nie osiągały wartości, które mogły być odpowiedzialne za niekorzystne objawy (choćby lekki ból głowy) u użytkownika kominka.

W tym miejscu należy jednak zwrócić uwagę na poziom zawartości ditlenku i tlenku węgla w spalinach odprowadzanych z kominka. W trakcie badań zmierzono maksymalne stężenie ditlenku węgla na poziomie ponad 80 000 ppm, zaś maksymalne stężenie tlenku węgla na poziomie 3000 ppm (ta ostatnia wartość jest efektem niedoskonałości procesów spalania w kominku – dla porównania: w przypadku nowoczesnego kotła kondensacyjnego można się spodziewać podobnej zawartości ditlenku węgla w spalinach ale już tylko 5–7 ppm tlenku węgla [4]). Ma to istotne znaczenie, jeśli podczas eksploatacji kominka może dojść do cofania się spalin z kominka do pomieszczenia, np. wskutek powstania podciśnienia w pomieszczeniu przy nieprawidłowym systemie wentylacyjnym w pomieszczeniu lub wskutek gwałtownego otwierania szyby w kominku (na co szczególnie zwracają uwagę producenci wkładów kominkowych, np. instrukcja [5]).

Dane literaturowe wskazują, że poziom 3000 ppm CO w powietrzu wystarczy do spowodowania bólu głowy i nudności po 5–10 minutach oddychania, zaś do spowodowania śmierci – po 30 minutach [6]. W przypadku CO₂ dane literaturowe wskazują, że poziom 80 000 ppm w powietrzu prowadzi do utraty przytomności po 5–10 minutach oddychania [7].

Literatura

- [1] Kotulek G., Woliński M.: Analiza zagrożenia pożarowego przy stosowaniu żeliwnych wkładów kominkowych na podstawie badań eksperymentalnych. Materiały VI Międzynarodowej Konferencji Bezpieczeństwo pożarowe budowli. Warszawa – Wesoła, 18–19 listopada 2008, s. 91–101.
- [2] Graphical map of CO₂. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker/> 17.10.2010.
- [3] Green W.: „An introduction to Indoor Air Quality: Carbon Monoxide(CO)”. United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iaq/co.html> 17.10.2010.
- [4] Opracowanie własne.
- [5] Instrukcja obsługi. Wkłady kominkowe SPARTHERM®, 2007.
- [6] Goldstein M.: Carbon monoxide poisoning. *Journal of Emergency Nursing: JEN: Official Publication of the Emergency Department Nurses Association* 34 (6): 538–542.
- [7] Davidson C.: Marine Notice: Carbon Dioxide: Health Hazard. Australian Maritime Safety Authority, Feb. 7th, 2003.

Grzegorz KOTULEK

Bożena KUKFISZ

Marek WOLIŃSKI

Investigation of Carbon Monoxide Emission During Exploitation of Cast Iron Fire-Place

Paper presents investigation of CO emission connected with exploitation of cast iron fire-place. In the experiments real scale test stand was used, which allowed to measure temperature of fire-place elements as well as concentration of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen in exhaust gases in chimney and in air surrounding the test stand.

Measurements were performed in cases of burning of seasoned oak and birch wood as well as briquettes made of brown coal. In every experiment the same amounts of fuel and kindling were used. Also, laboratory conditions were reproducible (temperature and air flow through the room).

It was found that during getting the fire-place going, the CO₂ concentration in air in the room was at the level of 800–900 ppm for oak wood and briquettes, and at the level of 1000–1200 ppm for birch wood. Concentration of CO in the room did not exceed 5–7 ppm at that time – independently on the kind of fuel. That values for CO₂ did not change significantly due to opening of front glass of the fire-place, but for CO increased – even to 20 ppm in case of birch wood combustion.

Data from literature show, that typical concentration of CO₂ in atmospheric air do not exceed 400 ppm, CO in atmospheric air do not exceed 0.1 ppm and CO in habitable rooms – 5 ppm.

So, getting the fire-place going caused substantial increase of CO₂ concentration in air in the room, but further combustion of wood or briquettes did not affect that parameter. Quite different situation was in case of CO concentration in air in the room – getting the fire-place going caused increase to the level typical for habitable rooms, but further combustion of wood or briquettes as well as “service” activities performed by user were responsible for significant increase of CO concentration in the room. However, both in case of CO and CO₂, concentrations of those gases reached in the room in prolonged burning (5–6 hours) did not reached values, which could be responsible for inconvenient symptoms (even slight headache) for the fire-place user.

Keywords: cast iron fire-place, carbon monoxide.