

Ewa KASZKOWIAK, Jerzy KASZKOWIAK

## **WYKORZYSTANIE PELETU JAKO PALIWA DLA PIECÓW ŚREDNIEJ I DUŻEJ MOCY**

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono wyniki badania składu spalin powstających przy spalaniu peletu w piecach średniej i dużej mocy. Badania prowadzono na będących w stałej eksploatacji piecach, przy zasilaniu peletem drzewnym. Stwierdzono, iż w piecach poddanych modyfikacji polegającej na wymianie palnika na olej opałowy na palnik na pelet można uzyskać zadowalające efekty pod względem składu spalin. Zawartość zarówno dwutlenku węgla, tlenku węgla, jak i tlenków azotu nie odbiegała od wartości uzyskiwanych przy zasilaniu pieców olejem opałowym. Stwierdzono w analizowanych rozwiązaniach zależność zawartości ww. związków z mocą maksymalną pieców.

**Słowa kluczowe:** pelet, skład spalin, olej opałowy

### **1. WPROWADZENIE**

Coraz szersze – znajdujące również poparcie w aktach prawnych państw Unii Europejskiej – działania mające na celu zmniejszenie uciążliwości dla otoczenia łączone są z wykorzystaniem nośników energii pochodzenia odnawialnego. Najczęściej podejmowanym działaniem jest zastępowanie węgla szczególnie niskiej jakości paliwami o zdecydowanie mniejszej uciążliwości, np. gazem ziemnym, mieszanką gazów propan-butan lub olejem opałowym. Rozwiązania te zmniejszają w zdecydowany sposób emisję szkodliwych gazów (szczególnie związków siarki), jednak wiążą się ze znacznym wzrostem kosztów. Dotyczy to w szczególności obiektów o dużym zapotrzebowaniu na energię cieplną, jak szkoły czy szpitale [3]. Pelet wytwarzany jest najczęściej z odpadów powstających podczas przetwarzania drewna (z trocin, pyłów) lub w przypadku materiału drzewnego nienadającego się do dalszego przetwarzania ze zrębków [4]. Stąd zainteresowanie możliwością wykorzystania peletu jako źródła energii cieplnej. Rozwiązanie takie jest wprawdzie nieznacznie bardziej czasochłonne pod względem obsługi niż zasilanie gazem lub olejem opałowym. Czynności te obejmują przede wszystkim usuwanie resztek popiołu przeprowadzane najczęściej jeden raz tygodniowo oraz konieczność okresowego uzupełniania peletu w zasobniku wykonywane najczęściej również jeden raz w tygodniu. Ze wzglę-

---

dr inż. Ewa KASZKOWIAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,  
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,  
e-mail: ekasz@utp.edu.pl  
dr inż. Jerzy KASZKOWIAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,  
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,  
e-mail: kaszk@utp.edu.pl

du jednak na (uzależnione od wahań cen poszczególnych nośników) niższe koszty samego peletu rozwiązanie to jest stosowane coraz częściej. Cena uzyskania 1 kW energii z peletu jest o około 20% wyższa niż dla węgla kamiennego, a jednocześnie o prawie 50% niższa niż dla oleju opałowego [6]. Zestawienie najczęściej stosowanych w Polsce źródeł energii cieplnej wraz z kosztem uzyskania 1 kWh energii przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Koszt uzyskania 1 kWh energii z różnych źródeł  
Table 1. The cost of obtaining 1 kWh of energy from various sources

Paliwo	Koszt 1 kWh
Węgiel kamienny	0,16 zł
Gaz ziemny W3	0,22 zł
Gaz propan	0,29 zł
Energia elektryczna/grzejniki elektryczne	0,57 zł
Olej opałowy	0,32 zł
Pelet	0,19 zł

Podane relacje kosztów przedstawiono przy założeniu średniej sprawności poszczególnych urządzeń grzewczych. Dla ogrzewania elektrycznego przyjęto wykorzystanie grzejników elektrycznych, nie uwzględniono strat związanych z przesyłem energii, a ceny obejmowały wykorzystanie energii dostarczanej w systemie dwutaryfowym. Relacje pomiędzy kosztami uzyskania energii zmieniają się w zależności od cen poszczególnych nośników; są również uzależnione od sprawności urządzeń energetycznych. Obniżenie kosztów można często uzyskać w wyniku zastąpienia kotłów nowszymi technologicznie konstrukcjami. W odniesieniu do węgla należy uwzględnić dodatkowe koszty związane z koniecznością usuwania, gromadzenia i utylizacji popiołu stanowiącego w przypadku wykorzystania gorszych gatunków do 25% masy spalonego surowca. Właściwości peletu są podobne, jednak zalecane jest wykorzystywanie peletu z drzew liściastych ze względu na produkty spalania. Pelet z drzew iglastych polecany jest przede wszystkim do współspalania [1]. W wielu krajach dodatkowym aspektem przemawiającym za wykorzystaniem peletu jako paliwa są obawy o szkodliwe skutki wykorzystania oleju opałowego.

## 2. METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono na rzeczywistych obiektach o zróżnicowanych mocach. Badano piece o maksymalnych mocach znamionowych: 170 kW, 200 kW, 225 kW, 250 kW i 300 kW. Piece były wykonane jako typoszereg przez jednego producenta, z żeliwną komorą spalania. Ich konstrukcja pozwalała na uzyskanie sprawności procesu spalania na poziomie co najmniej 75% (dane producenta). Dozowanie peletu sterowane było automatycznie, co podnosi równomierność procesu spalania i przyczynia się do zmniejszenia ilości niespalonych frakcji w pozostałym popiele [2]. W każdej grupie badaniom poddano po 4 różne egzemplarze pieca, badania dla każdego pieca powtórzono 3-krotnie. Pali-

wem, którym zasilano wszystkie badane piece, był pelet wyprodukowany z drewna liściastego przez tego samego producenta. Właściwości peletu sprawdzano dla każdej dostarczonej partii; przedstawiono je w tabeli 2. Mają one wartości typowe dla powszechnie dostępnego w dystrybucji peletu przeznaczonego do zasilania pieców wyposażonych w wysokosprawne palniki. Cechą charakterystyczną stosowanego peletu jest niska zawartość siarki oraz niska masa popiołu pozostającego po jego spaleniu. W praktyce masa popiołu decyduje o częstotliwości przeprowadzania czyszczenia pieca i przewodu kominowego, a zawartość siarki oprócz zanieczyszczenia środowiska przyczynia się do przyspieszonego niszczenia korozyjnego pieca i przewodów kominowych. Skład peletu wpływa ponadto na zanieczyszczenie cząstkami stałymi. Wartość opałowa była wyższa niż dla wielu powszechnie stosowanych paliw pochodzenia drzewnego [5].

Tabela 2. Właściwości peletu wykorzystanego w badaniach  
Table 2. Properties of the pellet used in the tests

Cecha	Wartość
Zawartość S	0,10%
Zawartość C	51%
Zawartość H <sub>2</sub>	6,30%
Zawartość N <sub>2</sub>	0,20%
Wilgotność	9%
Wartość opałowa	19,4 MJ·kg <sup>-1</sup>
Zawartość popiołu	mniejsza niż 1%

Skład spalin badano analizatorem TESTO 340. Wszystkie pomiary przeprowadzono po rozgrzaniu pieca, przy około 75% mocy maksymalnej. Układ odprowadzania spalin oczyszczono. Układ ten spełniał wymogi producenta pieca, tzn. miał wystarczający przekrój przewodu kominowego i wystarczający ciąg kominowy; we wszystkich badanych przypadkach nie stosowano wentylatorów kominowych. W celu zapewnienia ustabilizowania temperatury spalin i przewodu kominowego (zapewnienia równomiernego ciągu kominowego) przed każdym cyklem pomiarowym piec pracował przez co najmniej 30 minut przy mocy około 75%. Paleniska w piecach przed rozpoczęciem cyklu pomiarowego wyczyszczono z osadów i popiołów.

Pomiary składu spalin przeprowadzono każdorazowo po osiągnięciu stabilizacji procesu spalania i uzyskaniu około 75% mocy znamionowej.

Do analizy statystycznej zastosowano program ANAL-WAR oparty na programie Excel z wykorzystaniem testu Tukeya dla poziomu istotności 0,05.

Badania oraz analizy wykonane na ich podstawie przeprowadzono w celu zweryfikowania, czy możliwe jest uzyskanie zadowalających efektów energetycznych przy zadowalającym pod względem uciążliwości dla otoczenia składzie spalin.

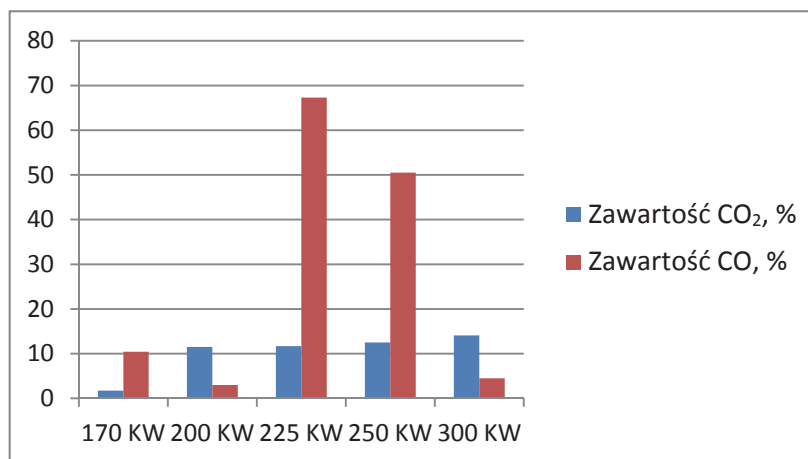
### 3. WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Uzyskane wyniki z badania składu spalin przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Skład spalin (średnie wartości) dla różnych mocy pieców  
 Table 3. The composition of exhaust gases (average values) for different stove capacities

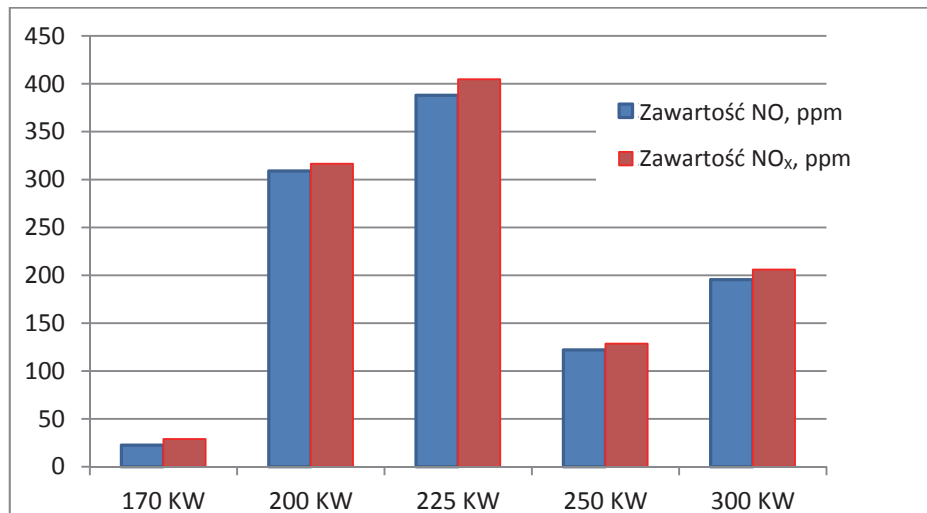
Moc pieca	170 kW	200 kW	225 kW	250 kW	300 kW
Zawartość CO <sub>2</sub> , %	1,75	11,5	11,7	12,5	14,1
Zawartość CO, %	10,45	3	67,3	50,5	4,5
Zawartość O <sub>2</sub> , %	10,45	10,05	13,3	7,95	6,7
Zawartość SO <sub>2</sub> , %	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Zawartość Cl <sub>2</sub> , %	0	0	0	0	0
Zawartość NO, ppm	22,5	309	388	122	195,5
Zawartość NO <sub>x</sub> , ppm	29	316,5	404,7	128,5	206

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono szczególnie dużą zawartość tlenu węgla dla pieców o mocach 200 i 225 kW. Zmiany te przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zawartość CO i CO<sub>2</sub> w spalinach w zależności od mocy pieca  
 Fig. 1. The dependence of CO and CO<sub>2</sub> content in the flue gas from the furnace power

Zawartość CO<sub>2</sub> nie różniła się istotnie statystycznie dla wszystkich badanych mocy pieców. Podobnie zawartość CO dla mocy pieców 170 kW, 200 kW i 300 kW nie różniła się, natomiast dla pieców o mocach 225 kW i 250 kW była wyższa i różniła się istotnie statystycznie również między piecami o mocach 225 i 250 kW. Zbadano także zawartość NO i NO<sub>x</sub> w spalinach. Wyniki przedstawiono w formie wykresu na rysunku 2.



Rys. 2. Zawartość NO i NO<sub>x</sub> w spalinach  
 Fig. 2. The content of NO and NO<sub>x</sub> in the exhaust

We wszystkich badanych przypadkach zawartość NO i NO<sub>x</sub> okazała się różnić istotnie statystycznie. Najwyższą wartość zaobserwowano – podobnie jak dla tlenku węgla – w spalinach gazów w piecach o mocach 200 i 225 kW. Powyższe różnice można uzasadnić konstrukcją pieców, które dla tych mocy nie zapewniają optymalnych warunków do przebiegu procesu spalania. Osiągnięcie tych warunków jest celem dalszych działań.

#### 4. PODSUMOWANIE

Stosowanie peletu jako paliwa może być korzystną alternatywą względem węgla. Łatwość zautomatyzowania procesu spalania, zminimalizowanie nakładu pracy przy obsłudze z jednoczesnym obniżeniem zawartości niekorzystnych związków zawartych w spalinach oraz znaczącym zmniejszeniem masy popiołu mogą przyczynić się do obniżenia szkodliwego oddziaływania pieców grzewczych, przy zachowaniu stosunkowo niskich kosztów. Ponadto w odróżnieniu od popiołu pozostającego po spalaniu węgla popiół drzewny można wykorzystać np. jako nawóz. Takie rozwiązanie przy obecnych relacjach cenowych może być dobrą alternatywą względem gazu propan-butan, gazu ziemnego i oleju opałowego.

#### LITERATURA

- [1] OLSSON M., KJALLSTRAND J.: Emissions from burning of softwood pellets. *Biomass and Bioenergy* 27, 2004, 607–611.
- [2] OZGEN S., CESARINI S., GALANTE S., GIUGLIANO M., ANGELINO E., MAURONGIU A., HUGONY F., MIGLIAVACCA G., MORRELE C.: Emission factors from small scale appliances burning wood and pellets. *Atmospheric Environment* 94, 2014, 144–153.
- [3] PANWAR N.L., KAUSHIK S.C., KOTHARI S.: Role of renewable energy sources in environmental protection. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(3), 2011, 1513–1524.

- [4] UASUF A., BECKER G.: Woods pellets production costs and energy consumption under different framework conditions in Northeast Argentina. *Biomass and Bioenergy* 35(3), 2011, 1357–1366.
- [5] WASILEWSKI N., HRYCKO P.: Efekty energetyczno-emisyjne spalania odpadów z przeróbki płyt drewnopochodnych w kotle małej mocy. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska* 12, 2010, 27–34.
- [6] <https://zaradnyfinansowo.pl/koszty-ogrzewania/>.

## **USE OF PELLET AS A FUEL FOR A MEDIUM AND HIGH POWER FURNACE**

**Summary:** The paper presents the results of testing the composition of exhaust fumes generated during the combustion of pellets in medium and high-power furnaces. The tests were carried out on furnaces in permanent operation, with the supply of wood pellets. It has been found that in furnaces subjected to modification consisting in the replacement of a fuel oil fireplace with a pellet pellet, satisfactory effects in terms of exhaust gas composition can be obtained. The content of both carbon dioxide, carbon monoxide and nitrogen oxides did not differ from the values obtained when furnishing the furnace with fuel oil. In the solutions analyzed, the dependence of the content of the above compounds on the maximum power of the furnace was found.

**Key words:** pellets, exhaust gas composition, fuel oil