

Carbonaceous smokeless fuel and modern small-scale boilers limiting the residential emission.

Part 1. General aspects

Węglowe paliwo niskoemisyjne i nowoczesne konstrukcje kotłów małej mocy ograniczające „niską emisję”. Cz. I. Prezentacja problemu

DOI: 10.15199/62.2016.2.8

A review, with 21 refs., of the low-emission solid fuels and smokeless furnace constructions available under Polish conditions.

Przeanalizowano przyczyny znacznego wzrostu emisji zanieczyszczeń i pogarszania się jakości powietrza w sezonie grzewczym w Polsce. Przedstawiono wielkość emisji wybranych zanieczyszczeń emitowanych z kotła małej mocy podczas spalania węgla kamiennego, drewna, współspalania odpadów oraz spalania węglowego paliwa niskoemisyjnego. Wskazano dwa realne do implementacji w Polsce kierunki możliwości redukcji „niskiej emisji” bez konieczności ograniczania wydobycia i spalania węgla kamiennego. Pierwszy z nich (długoterminowy) polega na systematycznej wymianie tradycyjnych kotłów z ręcznym zaspem paliwa, na zaawansowane technologicznie, niskoemisyjne konstrukcje zasilane

automatycznie paliwem o bardzo dobrych, kontrolowanych parametrach jakościowych. Drugi, umożliwiający wykorzystanie istniejącej infrastruktury, gwarantujący szybką poprawę stanu środowiska naturalnego, polega na wprowadzeniu na rynek węglowego paliwa niskoemisyjnego, produkowanego z polskiego węgla kamiennego.

Jednym z najpoważniejszych problemów środowiskowych w Polsce jest zła jakość powietrza, obniżająca standard życia polskiego społeczeństwa i wpływająca negatywnie na jego zdrowie. Za zanieczyszczenie powietrza w Polsce odpowiedzialna jest w dużej mierze tzw. „niska emisja”. Powodowana jest ona głównie przez spalanie paliw napędowych w sektorze transportu, a w sezonie grzewczym potęgowana zanieczyszczeniami emitowanymi do powietrza przez sektor ogrzewnictwa indywidualnego. Wzrost zanieczyszczenia powietrza w miesiącach jesienno-zimowych jest niezwykle niepokojący. Istnieją rejony, gdzie stacje monitoringu powietrza w sezonie grzewczym odnotowują nawet 4-krotne przekroczenie zawartości w powietrzu tzw. „pyłu zawieszonego”. Pył



Dr inż. Katarzyna MATUSZEK w 2000 roku ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, gdzie uzyskała również stopień doktora nauk technicznych (2007 r.). Obecnie jest Kierownikiem Laboratorium Spalania w Zespole Akredytowanych Laboratoriów Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu. Specjalność – technologia urządzeń grzewczych małej mocy oraz procesów termicznego przetworstwa paliw stałych.

* Autor do korespondencji:

Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, ul. Zamkowa 1, 41-803 Zabrze, tel.: (32) 271-00-41 fax: (32) 271-08-09, e-mail: kmatuszek@ichpw.zabrze.pl



Mgr inż. Piotr HRYCKO w roku 2002 ukończył studia na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej. Od stycznia 2011 r. jest zastępcą kierownika Laboratorium Technologii Spalania i Energetyki w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu. Specjalność – energetyka ciepła.

zawieszony to wszystkie cząstki stałe zawarte w określonej objętości powietrza, wprowadzane do niego wraz ze spalinami ze spalania paliw. Problemem jest tutaj zarówno wielkość tych cząstek (im mniejsze średnice, tym głębiej cząstki przenikają do organizmów żywych, wykazując często oddziaływanie kancerogenne), jak również ich skład chemiczny. Na cząstkach mineralnego pyłu sorbuje się inne zanieczyszczenia, np. rakotwórcze wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, w tym benzo(a)piren (B(a)P)¹⁻⁴.

Wytwarzanie ciepła do ogrzewania pomieszczeń jest prowadzone w Polsce w dwóch systemach: zbiorowym (ciepłownictwo zawodowe) oraz indywidualnym. Jak dotąd nie przeprowadzono w Kraju pełnej inwentaryzacji źródeł ciepła, ale szacuje się, że ok. 65% ciepła grzewczego wytwarzane jest w ciepłowniach i elektrociepłowniach zawodowych, które ze względu na zainstalowaną moc źródeł podlegają pod rozporządzenie Ministra Środowiska⁵, a więc ich wpływ na zanieczyszczenie powietrza jest ograniczony i kontrolowany. Kolejne 25–30% ciepła wytwarzane jest w ogrzewnictwie indywidualnym z wykorzystaniem paliw stałych (węgiel, biomasa), 1–2% paliw ciekłych, 2–3% paliw gazowych, a 0,5–1% z wykorzystaniem energii elektrycznej⁶. Widać więc, że najbardziej niekorzystnie na jakość powietrza wpływa w Polsce wykorzystywanie pieców i kotłów małej mocy opalanych paliwami stałymi. Chodzi tutaj przede wszystkim o piece i kotły o starszych konstrukcjach, gdyż nowoczesne kotły na paliwa stałe mogą już spełniać bardzo rygorystyczne normy emisyjne.

Spalanie paliw

Przychody polskiego społeczeństwa na tle społeczeństw UE są wciąż relatywnie niskie. Trudno jest zatem oczekiwać, że Polacy będą masowo w ogrzewnictwie indywidualnym stosować wysoce zaawansowane (ale przez to bardzo drogie) rozwiązania techniczne, zapewniające znaczącą poprawę jakości powietrza. Polskiego społeczeństwa nie stać obecnie ani na tak wysokie koszty inwestycyjne (zaawansowane technologie) ani eksploatacyjne (ogrzewanie gazowe lub elektryczne), jakie ponoszą np. mieszkańcy Niemiec lub Wielkiej Brytanii. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za koniecznym na naszym rynku, stopniowym, rozważnym przechodzeniem na droższe źródła ogrzewania, są wielowiekowe tradycje górnicze i fakt, że węgiel jest wciąż dobrem narodowym, dającym niezaprzeczalny komfort znaczącej niezależności energetycznej.

Węgiel kamienny w porównaniu z gazem lub olejem opałowym jest paliwem niewątpliwie trudniejszym w użytkowaniu. Jednak jego spalanie można również zorganizować w sposób wysokosprawny i niskoemisyjny, ale wymaga to użycia zaawansowanych technologicznie, a więc drogiej urządzeń. W uproszczony sposób proces spalania paliw stałych wykorzystywany w gospodarce komunalnej, zachodzący w kotłach i piecach, można opisać następująco. W pierwszej fazie procesu do komory spalania doprowadzane są w odpowiednich proporcjach paliwo oraz powietrze. Substancje te powinny utworzyć jak najbardziej jednorodną mieszaninę (jak najlepszy kontakt paliwa z utleniaczem), która następnie powinna przebywać w odpowiednio wysokiej temperaturze, przez wystarczająco długi czas, aby umożliwić pełne spalanie określonej porcji paliwa. Brak właściwego

kontakt paliwa z utleniaczem, zbyt niskie temperatury lub za krótki czas przebywania substratów w odpowiednio wysokiej temperaturze, powodują niecałkowite i niepełne spalanie, a więc obniżenie sprawności procesu i wytwarzanie niepożądanych produktów spalania (CO, węglowodory)^{7, 8}.

W piecach i kotłach małej mocy zasilanych paliwem stałym realizowane jest spalanie w złożu stałym (nieruchomym). Organizacja tego procesu polega na doprowadzaniu powietrza do strefy spalania poprzez przestrzenie międzyziarnowe cząstek/kawałków paliwa, które pozostają względem siebie nieruchome lub przemieszczają się z niewielkimi prędkościami. Podczas spalania paliwa stałego w jego warstwie można wyróżnić strefy suszenia (stosunkowo niska temp. do ok. 105°C), odgazowania (w produktach tego procesu znajdują się znaczne ilości cząstek węglowodorów), zgazowania, spalania oraz wychładzania pozostałości mineralnej.

Istotnym elementem organizacji procesu spalania jest wzajemny kierunek przepływu paliwa i powietrza (sposób podawania paliwa ręczny lub automatyczny ma tu drugorzędne znaczenie). Przy dostarczaniu paliwa z przeciwnej strony złoża w stosunku do miejsca wprowadzania strumienia powietrza ma się do czynienia z tzw. spalaniem przeciwprądowym (rys. 1, strona lewa), zwanym również dolnym spalaniem⁹. Taki proces jest zazwyczaj realizowany w kotłach z rusztem stałym na paliwa grube (węgiel kamienny sortyment orzech, drewno kawałkowe), charakteryzujących się ręcznym zasypem. Nie jest to niestety korzystne rozwiązanie. Pomijając dyskomfort użytkownika związany z częstą obsługą kotła, proces ten prowadzi do wysokich emisji substancji szkodliwych i niskich sprawności energetycznych urządzeń, związanych z powstawaniem znacznych ilości produktów niecałkowitego i niepełnego spalania⁹.

Innym sposobem prowadzenia procesu jest spalanie współprądowe (rys. 1, strona prawa), zwane również spalaniem górnym. Tutaj paliwo dostarczane jest z tej samej strony złoża co powietrze. Taka organizacja procesu spalania powoduje, że produkty odgazowania paliwa stałego zawierające ciężkie węglowodory przepływają bezpośrednio do strefy spalania, której warunki pozwalają na ich zupełne spalanie, wobec czego emisja szkodliwych związków do atmosfery jest zdecydowanie mniejsza niż w przypadku pierwszym⁹.

Liczbę krajowych producentów kotłów c.o. przeznaczonych do spalania węgla kamiennego szacuje się na ok. 200. W tej branży funkcjonują również podmioty nieuwzględniane w oficjalnych statystykach, które produkcją kotłów c.o. zajmują się dorywczo (zazwyczaj kilka sztuk rocznie). Z tego względu trudno podać dokładną liczbę modeli kotłów grzewczych o mocy nominalnej od kilkudziesięciu do kilkuset kilowatów dostępnych na krajowym rynku. Szacuje się, że ok. 80% pracujących konstrukcji, to kotły komorowe, z ręcznym zasypem paliwa. Większość tych jednostek wykonanych jest w taki sposób, że pozwala zarówno na spalanie węgla, drewna jak i innych paliw stałych (w tym niestety różnych odpadów)¹⁰. Według danych spółek węglowych, na potrzeby ogrzewnictwa indywidualnego, co roku w Polsce zużywa się 11–12 mln t węgla kamiennego. W tym samym sektorze wg Głównego Urzędu Statystycznego zużywa się rocznie 6–8 mln t biomasy. Przypuszczalnie w tego typu urządzeniach corocznie, nielegalnie utylizuje się również 0,5–1 mln t odpadów (m.in. butelki PET, opakowania, zużyta odzież, obuwie, zanieczyszczone drewno).



Dr inż. Sławomir STELMACH w roku 1994 ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki tej uczelni. Obecnie jest zastępcą dyrektora Centrum Badań Akredytowanych w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla. Specjalność – termiczna utylizacja odpadów oraz konwersja gazów procesowych.



Dr inż. Aleksander SOBOLEWSKI w roku 1986 ukończył studia na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach, gdzie uzyskał również stopień doktora nauk technicznych. Obecnie jest dyrektorem Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze. Specjalność – zagadnienia technologii przeróbki węgla, ochrony środowiska w koksoownictwie, hydrodynamika złoża fluidalnego, a także procesy adsorpcyjne i termiczne metod przeróbki odpadów.

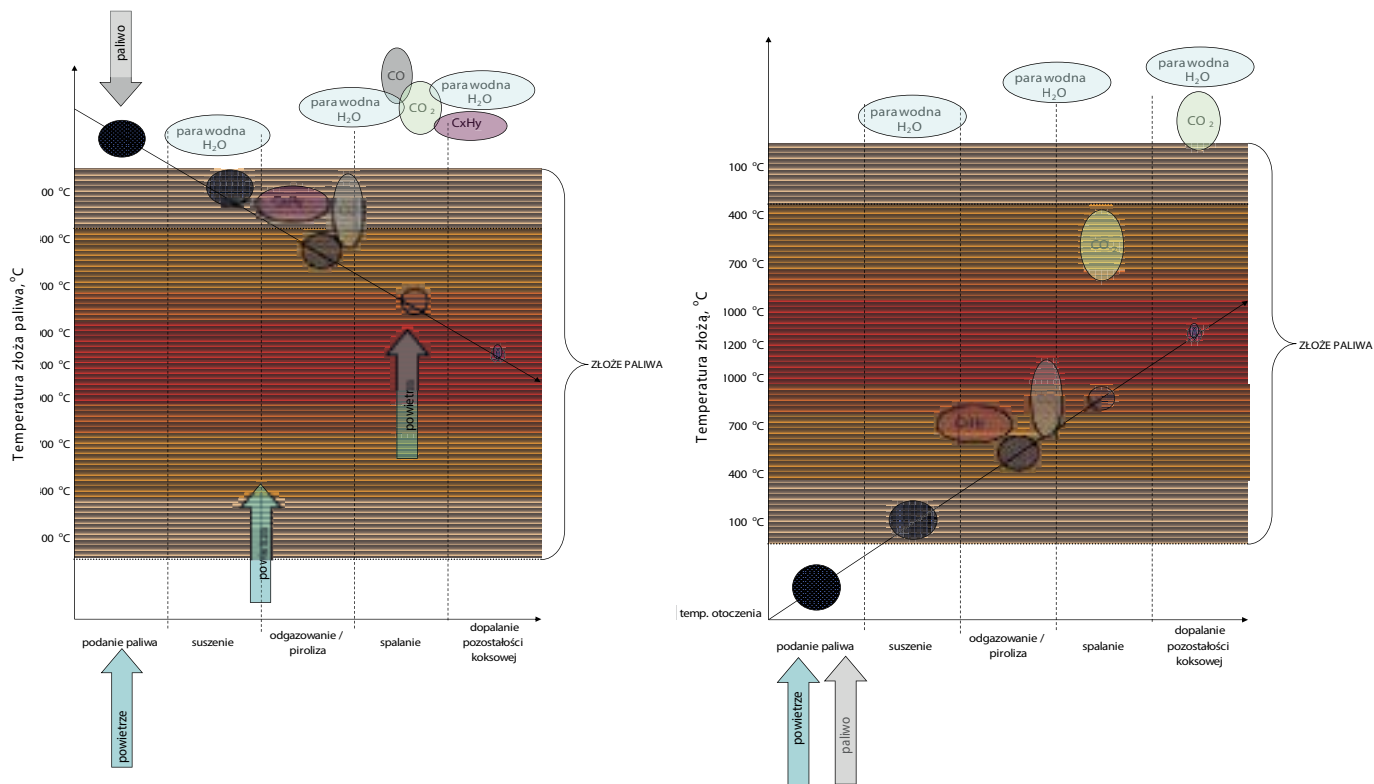


Fig. 1. Schematic course of counterflow (left) and co-current (right) combustion

Rys. 1. Poglądowy przebieg procesu spalania przeciwpądowego (strona lewa) i współpądowego (strona prawa)

Węglowe paliwa niskoemisyjne

Ze względu na istniejącą obecnie w kraju infrastrukturę, a więc kotły i piece z ręcznym załadunkiem paliwa, jedyną metodą zapewniającą natychmiastowe zmniejszenie emisji może być modyfikacja właściwości paliwa. Jeśli w procesie wstępnego przygotowania paliwa usunie się z niego (w sposób kontrolowany, w odpowiednio przygotowanych instalacjach) pewną ilość części lotnych, nie zostaną one już wyemitowane jako zanieczyszczenia podczas spalania w indywidualnych urządzeniach grzewczych¹¹⁾.

Paliwem węglowym, które w procesie produkcji pozbawiane jest praktycznie zupełnie części lotnych, jest koks. Jego zastosowanie w ogrzewnictwie indywidualnym jest jednak uciążliwe, gdyż brak części lotnych uniemożliwia jego zapłon (inicjację procesu spalania) w praktykowany dla węgla sposób. Lepszym rozwiązaniem jest zaproponowanie użytkownikom kotłów i pieców małej mocy tzw. węglowego paliwa niskoemisyjnego, charakteryzującego się zoptymalizowaną (dużo niższą niż w węglu kamiennym) zawartością części lotnych, umożliwiającą bezproblemową inicjację procesu spalania i zminimalizowanie emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Zasadnicze cechy paliwa niskoemisyjnego to (i) praktycznie bezdymne spalanie, bez wydzielania produktów smołowych i sadzy, która zanieczyszcza kanały ciągowe pieca i absorbuje częściowo związki siarkowe, (ii) równomierne spalanie, które upraszcza dozowanie powietrza i ułatwia podtrzymanie żaru przez dłuższy czas oraz (iii) możliwość całkowitego spalania i uniknięcia strat paliwa w popiele. Węglowe paliwo niskoemisyjne musi mieć wysoką kaloryczność, co wiąże się z możliwie małą zawartością popiołu, równomierność sortymentu odpowiadającą w zasadzie groszkom i orzechom oraz małą zawartość wody, która nie tylko obniża kaloryczność paliwa, ale przyczynia się również do korozji w strefach kondensacji z uwagi na absorpcję SO_2 przez wydzielany kondensat. Istotną cechą węglowych paliw niskoemisyjnych jest to, że nie wydzielają dymów (sadzy i aerozoli substancji smołowych)¹¹⁾.

Obecnie w Polsce nie ma instalacji, która produkowałaby wyłącznie węglowe paliwo niskoemisyjne dla ogrzewnictwa indywidualnego lub komunalnego. W Zakładzie Produkcji Kompozytowych Paliw Stałych w Suszcu (Polski Koks SA) wytwarzane jest formowane paliwo węglowe o dobrej charakterystyce fizykochemicznej (m.in. zawartość popiołu 11%, zawartość części lotnych ok. 33%, wartość opałowa powyżej 26 MJ/kg). Chociaż paliwo to ma walory ekologiczne (np. obniżona emisja ditlenku siarki, ditlenku azotu, pyłu oraz silnie rakotwórczego B(a)P), nie może ono być uznawane za węglowe paliwo niskoemisyjne.

Obecnie w IChPW realizowany jest projekt pt. „Badania nad innowacyjnym, niskoemisyjnym paliwem bezdymnym” w ramach programu NCBiR i NFOŚiGW „Gekon”. Celem tego projektu jest m.in. opracowanie węglowego paliwa niskoemisyjnego, zoptymalizowanego pod kątem zmniejszenia emisji zanieczyszczeń, komfortu użytkowania oraz kosztów wytworzenia. Technologia wytwarzania nowego węglowego paliwa niskoemisyjnego będzie oparta na istniejących, przystosowanych do tego celu instalacjach, które bez szkody dla środowiska zutylizują produkty odgazowania węgla kamiennego. Na bazie wstępnych testów energetyczno-emisyjnych kilku różniących się od siebie prekursorów węglowego paliwa niskoemisyjnego ustalono, że w porównaniu ze spalaniem węgla możliwe jest zredukowanie o ok. 30% straty niezupełnego spalania (ograniczona niekontrolowana emisja gazów palnych) oraz o ok. 50% straty niecałkowitego spalania (zmniejszona ilość niedopału w żużlu i popiele). Takie ograniczenie strat powoduje wzrost sprawności urządzeń grzewczych małej mocy na poziomie kilku punktów procentowych. Wielką zaletą jest również znaczne obniżenie ilości poszczególnych zanieczyszczeń z procesu spalania emitowanych do atmosfery.

Na rys. 2 przedstawiono wykres obrazujący emisję zanieczyszczeń z kotłów komorowych i pieców zasilanych sortymentowym węglami kamiennymi i paliwami węglowymi o zredukowanej o 70% zawartości części lotnych. Wykres rozpoczyna się w momencie rozpału paliwa w urządzeniu i kończy w chwili dopalania paliwa. Krzywe odzwierciedlają poglądowo wielkość emisji w czasie takich związków, jak

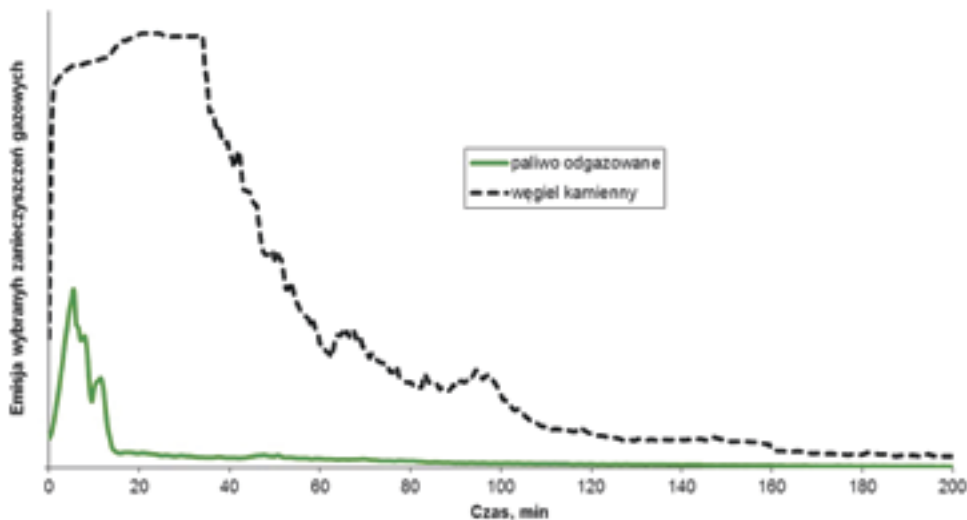


Fig. 2. Gaseous emissions (CO and hydrocarbons) in the exhaust gas over the whole cycle of coal combustion and carbonaceous smokeless fuel in the boiler or furnace (device with countercurrent course of the combustion)

Rys. 2. Poglądowy wykres emisji zanieczyszczeń gazowych (CO oraz węglowodorów) w spalinach w czasie całego cyklu spalania węgla kamiennego oraz węglowego paliwa niskoemisyjnego w kotle c.o. lub piecu (urządzenia z przeciwwądowną realizacją procesu spalania)

CO i węglowodory w spalinach. Widać wyraźną, względną różnicę wielkości emisji wynikającą z zastąpienia węgla węglowym paliwem niskoemisyjnym.

W tabeli 1 przedstawiono dane dotyczące bezwzględnej emisji wybranych zanieczyszczeń ze spalania 20 kg sortymentowego węgla i zestawiono je z potencjalnymi efektami wynikającymi ze zmniejszenia emisji przy zastosowaniu węglowego paliwa niskoemisyjnego w miejsce spalanego dotychczas węgla. W tabeli zaprezentowano zanieczyszczenia, które wybrano pod kątem ich wpływu na „niską emisję”, za którą w dużej mierze odpowiedzialny jest sektor ogrzewnictwa indywidualnego. Jak widać z przedstawionych danych, w przypadku zamiany tradycyjnego paliwa węglowego na paliwo z odgazowanego węgla, najmniej zmalała całkowita emisja węglowodorów (25%), więcej emisja CO (29%), emisja pyłów (40%), emisja lotnych związków organicznych (LZO) (75%), a w największym stopniu zmalała emisja najbardziej szkodliwego B(a)P (90%). Przeciętne gospodarstwo w Polsce, posiadające indywidualne źródło ciepła (węglowy kocioł c.o. lub piec kaflowy) spala w sezonie grzewczym ok. 3 t paliwa. Przyjmując, że zamiast węgla odbiorca indywidualny zakupi taką samą ilość nowego paliwa (a ze względu na wyższą wartość opałową konieczny zakup paliwa będzie prawdopodobnie mniejszy), ze swojego źródła ciepła wyemituje o 150 kg mniej CO, 22,5 kg mniej LZO, 15 kg mniej węglowodorów w postaci stałej, ciekłej i gazowej TOC

Table 1. Emission of selected pollutants from combustion test of 20 kg of coal and carbonaceous smokeless fuel with estimates of real emissions reduction

Tabela 1. Emisja wybranych zanieczyszczeń z testu spalania 20 kg węgla kamiennego oraz węglowego paliwa niskoemisyjnego wraz z szacunkami realnej redukcji emisji zanieczyszczeń

Związek	Emisja, g		Stopień zmniejszenia emisji, %	Zmniejszenie masy emitowanych zanieczyszczeń	
	węgiel kamienny sortymentowy	węglowe paliwo niskoemisyjne		spalenie 3 t paliwa, kg	spalenie 1 mln t paliwa, t
CO	3500	2500	29	150	50 000
TOC	400	70	83	49,5	16 500
B(a)P	0,10	0,01	90	0,0135	4,5
Pył	500	60	88	66	22 000

(total organic carbon), 0,014 kg mniej B(a)P oraz 30 kg mniej pyłów.

Z danych polskich spółek węglowych, publikowanych i wygłaszanych na konferencjach branżowych wynika, że średnio polski sektor ogrzewnictwa indywidualnego zużywa rocznie 12 mln t węgla. W najbliższych pięciu latach realnym wydaje się być uruchomienie 5 zakładów produkcji nowego węglowego paliwa niskoemisyjnego, każdego o wydajności ok. 200 tys. t/r. Efekt zastąpienia tradycyjnego paliwa węglowego przez wyprodukowane węglowe paliwo niskoemisyjne (1 mln t), w ilości unikniętej emisji, przedstawiono w ostatniej kolumnie tabeli 1.

Urządzenia grzewcze

Opisany wcześniej proces spalania współpracującego realizowany jest w kotłach retortowych z automatycznym podawaniem paliwa^{9, 12}. Istnieje jednak wiele konstrukcji kotłów, którym nie

można jednoznacznie przypisać przeciwwądownej lub współpracującej organizacji procesu spalania. Do takich konstrukcji należą np. jednostki z szufladowym/tłokowym podawaniem paliwa (podawanie automatyczne), lub kotły komorowe na sortyment drobny (węgiel sortyment groszek lub miał, zasyp ręczny). Z tego względu w zatwierdzonych granicznych kryteriach emisji stosuje się podział wg sposobu zasypu paliwa do kotła. Taką klasyfikację proponuje np. norma¹³.

Przewagą kotłów z automatycznym podawaniem paliwa nad kotłami zasilanymi paliwem ręcznie jest regularne podawanie bardzo małych dawek paliwa. Umożliwia to m.in. lepsze dopasowanie chwilowej mocy kotła do zapotrzebowania na ciepło i właściwe zorganizowanie procesu spalania¹⁴⁻¹⁶. Mimo że w treści normy¹³ pojawiają się kotły z ręcznym podawaniem paliwa, to jednak przyjęte w niej kryteria emisji właściwie eliminują z rynku tradycyjne kotły c.o. tego typu. Tylko bardzo przemyślane i zaawansowane technologicznie konstrukcje będą w stanie spełnić kryteria klasy 3 (najmniej rygorystyczne). Również nie wszystkie kotły z automatycznym podawaniem paliwa sprostają tym wymaganiom. Kotły zasilane węglem kamiennym, niewyposażone w specjalne układy usuwania cząstek pyłu ze spalin, nie spełnią kryteriów najbardziej rygorystycznej klasy 5. Graniczne emisje podane w klasie 3 spełnią jedynie dobre kotły c.o., klasę 4 bardzo dobre, natomiast klasa 5, to już kotły z dodatkowymi systemami dopalania i oczyszczania spalin o znacznym stopniu zaawansowania konstrukcji^{17, 18}. Należy się spodziewać, że im wyższe kryteria emisji kocioł będzie spełniał, tym wyższa będzie jego cena. Kotły klasy 3 kosztują 2-3 razy więcej niż tradycyjne kotły zasilane ręcznie. Kotły klasy 5 mogą być nawet 2 razy droższe niż odpowiednie konstrukcje spełniające kryteria klasy 3. Należy również mieć na uwadze wydatki związane z rodzajem kupowanego paliwa. Kotły klas 3-5 wymagają już stosowania odpowiedniego paliwa. Norma¹³ stawia bardzo wysokie wymagania dla węgla przeznaczonego do kotłów c.o., co idzie w parze z możliwościami osiągnięcia przez te urządzenia bardzo korzystnych parametrów energetyczno-emisyjnych. Im gorszy węgiel podaje się do kotła, tym więcej powstanie zanieczyszczeń. Problem ten został zauważony również w kręgach kształtujących prawo w Polsce. W październiku 2014 r. znowelizowano Ustawę¹⁹ uzupełniając ją o paliwa stałe. Obecnie przygotowywane są rozporządzenia do tej ustawy, w których m.in. ujęte zostaną kryteria jakościowe węgla kamiennego. Biorąc pod uwagę problem „niskiej emisji” i wymagania, jakie muszą spełniać kotły c.o., IChPW zapropono-

nowa! do tego rozporządzenia m.in. kryteria wymagań jakościowych paliw stałych, które przeznaczone są do spalania w instalacjach, dla których nie określono standardów emisyjnych⁵⁾. Kryteria te przedstawiono w tabeli 2 i są one kompromisem wypracowanym pomiędzy wymaganiami normy¹³⁾, a możliwościami produkcyjnymi polskiego górnictwa.

W praktyce węgiel jakościowo nadający się do zasilania kotłów z automatycznym podawaniem paliwa jest nawet kilka razy droższy od paliw, jakie mogą być stosowane w kotłach z ręcznym zasypem paliwa. Kotły automatyczne mają jednak tę dodatkową zaletę, że uniemożliwiają spalanie lub współspalanie odpadów, która to praktyka jest niezwykle uciążliwa dla środowiska. Mądrze prowadzony proces wymiany tradycyjnych kotłów c.o. na jednostki nowoczesne, spełniające normatywne kryteria emisji zanieczyszczeń i kontrola spalane go w nich paliwa będą w przyszłości niewątpliwie odczuwalne poprzez poprawę jakości powietrza i stanu środowiska naturalnego.

Table 2. Quality requirements for solid fossil fuels with medium assortments (pea coals) and briquettes and pellets

Tabela 2. Wymagania jakościowe dla stałych paliw kopalnych w sortymentach średnich (groszki) oraz brykietów i peletów

Parametry kwalifikacyjne	Symbol	Jednostka	Wartość	
			minimalna	maksymalna
Zawartość popiołu	A ^d	%	-	10
Zawartość części lotnych	V ^d	%	-	-
Zawartość siarki	S _T ^d	%	-	0,6
Wartość opałowa	Q _{p,net} ^d	MJ/kg	24	-
Zdolność spiekania	FSI	-	-	4
Uziarnienie	-	mm	5	31,50
Zawartość podziarna	-	%	-	10

Podsumowanie

W istniejącej, przestarzałej infrastrukturze ogrzewnictwa indywidualnego, spalanie paliw stałych, w porównaniu ze spalaniem paliw gazowych lub lekkiego oleju opałowego, powoduje znacznie większą emisję takich substancji, jak CO, SO₂, pyły i węglowodory (w tym B(a)P). Jednoznacznie można więc stwierdzić, że za przekroczenia dopuszczalnych wskaźników poziomów zanieczyszczeń w powietrzu odpowiedzialna jest w sezonie grzewczym część sektora ogrzewnictwa indywidualnego wykorzystująca paliwa stałe (głównie paliwa niskiej jakości: muły, floty) w niskosprawnych, przestarzałych piecach i kotłach c.o., charakteryzujących się złym stanem technicznym.

Obecnie jakość powietrza pogarsza również nielegalne spalanie odpadów w urządzeniach grzewczych małej mocy na paliwa stałe (znacznie większa emisja niektórych zanieczyszczeń niż w przypadku spalania paliw węglowych). Także spalanie biomasy w kotłach komorowych powoduje nierzadko wyższą emisję związków szkodliwych niż spalanie węgla, stąd wniosek, że efekt spalania biomasy w ogrzewnictwie indywidualnym nie powinien być pomijany. Mimo że zużycie tego paliwa nie jest wcale małe, wydaje się, że w kręgach politycznych czy ustawodawczych jest ono marginalizowane. Ma to odzwierciedlenie chociażby w nowelizacji ustawy o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw¹⁹⁾, którą w 2014 r. uzupełniono o definicję paliw stałych. Biomasa jednak nie została tam zdefiniowana i nadal pozostaje paliwem, którego jakby na polskim rynku paliw w ogóle nie było.

Skalę problemu „niskiej emisji” potęguje dodatkowo brak świadomości ekologicznej społeczeństwa, niskie przychody, niekorzystne ukształtowanie terenu (np. duże miasta położone w kotlinach), niekorzystne warunki pogodowe (brak wiatru, opadów,

niska temperatura). Zła jakość powietrza w okresach sezonu grzewczego jest problemem wymagającym podjęcia natychmiastowych i przemysłanych działań, które muszą zostać usankcjonowane prawnie. W rozważanych rozwiązaniach należy uwzględnić zarówno poprawę stanu środowiska, jak i koszty wdrożenia oraz utrzymania systemu, co jest sprawą najważniejszą dla przyszłego, potencjalnego użytkownika.

W celu zmniejszenia „niskiej emisji” można stosować dwa rozwiązania techniczne. Na rynku są dostępne automatyczne kotły c.o. na paliwa stałe o wysokiej sprawności, niskiej emisji zanieczyszczeń i znacznie niższym koszcie eksploatacyjnym w porównaniu z kotłami gazowymi. Jednak urządzenia te wymagają spalania w nich wyłącznie kwalifikowanych paliw stałych dobrej jakości. Konsekwentna wymiana kotłów c.o. przestarzałej konstrukcji, z ręcznym zasypem paliwa, będzie prowadziła do zmniejszenia „niskiej emisji”, co jednak zauważalne będzie w dłuższej perspektywie czasowej²⁰⁾. Drugie rozwiązanie zadziała w sposób niemal natychmiastowy. Polega ono na wprowadzeniu na rynek krajowy węglowych paliw niskoemisyjnych. Są to paliwa, które w trakcie produkcji pozbawiane są w sposób kontrolowany części lotnych odpowiedzialnych za nieuzasadnienie wysoką emisję związków szkodliwych z procesu spalania w indywidualnych urządzeniach grzewczych. W szybkim czasie mogą stać się receptą na ograniczenie problemu „niskiej emisji” w najbardziej narażonych na to zjawisko rejonach kraju.

Otrzymano: 17-02-2016, ponownie 15-01-2016

LITERATURA

- [1] D.S. Dordević, T.M. Šolević, *Atmos. Res.* 2008, **87**, nr 2, 170.
- [2] M.A. Bari, G. Baumbach, B. Kuch, G. Scheffknecht, *Aerosol Air Qual. Res.* 2011, **11**, 749.
- [3] C. Schmidl, M. Luissier, E. Padouvas, L. Lasselsberger, M. Rzaca, C. Ramirez-Santa Cruz, M. Handler, G. Peng, H. Bauer, H. Puxbaum, *Atmos. Environ.* 2011, **45**, 7443.
- [4] K. Kubica, B. Paradiz, P. Diara, [w:] *Small combustion installations. Techniques, emissions and measures for emission reduction*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2007. Report EUR 23214 EN.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów, *Dz. U.* 2014, poz. 1546.
- [6] K. Kubica, R. Wilk, A. Szlęk, R. Kubica, J. Hehlmann, A. Książ, *Elaboration of low emission combustion technology of solid fuels, coal and biomass in small capacity boilers and strategy of their implementation*, Projekt badawczo-rozwojowy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w Polsce, Polska, 2007–2010, R06 009 03.
- [7] A. Kowalewicz, *Podstawy procesów spalania*. WNT, Warszawa 2000.
- [8] W. Kordylewski, T. Hardy, *Niskoemisyjne techniki spalania. Problemy i perspektywy*, Politechnika Wroclawska, Wrocław 2003.
- [9] A. Szlęk, *Zesz. Nauk. Polit. Śląskiej, Energetyka* 2001, z. 135.
- [10] J. Zawistowski, S. Janiszewski, *Instal* 2010, nr 7-8, 63.
- [11] M. Ściążko, H. Zieliński, *Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy*, IChPW, Zabrze-Kraków 2003.
- [12] R. Nosek, *Simplified method of solid fuels characterization and its application for modeling of fixed bed combustion*, praca doktorska, Politechnika Śląska, University of Zilina (Słowacja), Gliwice-Zilina 2009.
- [13] PN-EN 303-5:2012, *Kotły grzewcze. Cz. 5. Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 500 kW. Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie*.
- [14] A. Musialik-Piotrowska, W. Kordylewski, J. Ciołek, K. Mościcki, *Environ. Prot. Eng.* 2010, **36**, nr 2, 123.
- [15] R. Buczyński, *Investigation of fixed-bed combustion process in small scale boilers*, praca doktorska, Clausthal University of Technology, Politechnika Śląska, Clausthal-Zellerfeld, Gliwice 2011.
- [16] R. Buczyński, R. Weber, A. Szlęk, 25th German Flame Day Combustion and Furnaces, Karlsruhe 2011.
- [17] R. Buczyński, R. Weber, A. Szlęk, R. Nosek, *Energy Fuels* 2012, **26**, 4767.
- [18] R. Buczyński, R. Weber, A. Szlęk, *J. Energy Inst.* 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.joei.2014.04.006>.
- [19] Ustawa o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw, *Dz. U.* 2006, nr 169, poz. 1200 z późn. zm..
- [20] K. Matuszek, *Karbo* 2006, nr 4, 228.