

NAUKI CHEMICZNE

Małgorzata ULEWICZ*
Paweł MACIEJEWSKI**

EKOLOGICZNE KORZYŚCI ZE SPALANIA PALIW ALTERNATYWNYCH

Ilość wytwarzanych odpadów przemysłowych i komunalnych systematycznie wzrasta wraz z rozwojem przemysłu oraz wzrostem konsumpcji dóbr materialnych. Wytwarzane odpady z obu sektorów, zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, powinny podlegać racjonalnej gospodarce, uwzględniającej możliwość ich recyklingu lub odzysku energii zawartej w odpadzie. Spaleniu mogą być podane zarówno odpady nieprzetworzone, jak i przetworzone w paliwo alternatywne. Najwięcej korzyści ekologicznych, tj. oszczędność surowców naturalnych, ograniczenie ilości odpadów deponowanych na składowiskach czy ograniczenie emisji CO₂ przynosi współspalanie przetworzonych odpadów w paliwo alternatywne w istniejących systemach produkcyjnych (np. piece cementowe, kotły energetyczne). Współspalanie paliw alternatywnych wymaga spełnienia szeregu wymogów prawnych w zakresie warunków ich spalania oraz standardów emisyjnych określonych dla instalacji spalania odpadów oraz współspalania paliw alternatywnych. Spełnienie standardów emisyjnych jest możliwe przy stosowaniu paliw zastępczych o ściśle zdefiniowanych parametrach jakości i wartości opałowej (np. BRAM, RDF, PAKOM, INBRE), które otrzymano w oparciu o różne technologie przetwarzania odpadów (np. ORFA, Carbo-Sed, ORTWED).

Słowa kluczowe: paliwa alternatywne, utylizacja odpadów przemysłowych, utylizacja odpadów komunalnych

WSTĘP

Intensywny rozwój przemysłu oraz wzrost konsumpcji dóbr materialnych powoduje znaczny wzrost ilości wytwarzanych odpadów, które stanowią poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Ochrona środowiska w ostatnich latach stała się ważnym zadaniem dla obecnych i przyszłych pokoleń. Znajduje swoje odbicie w planach gospodarki odpadami, opartych na zasadzie zrównoważonego rozwoju. Zgodnie z powyższą zasadą oraz prawodawstwem unijnym i polskim w zakresie

* dr Małgorzata ULEWICZ – Katedra Ekstrakcji i Recyrkulacji Metali Politechniki Częstochowskiej

** ppłk dr inż. Paweł MACIEJEWSKI – Akademia Obrony Narodowej w Warszawie

gospodarki odpadami, wszelkie działania człowieka powinny zmierzać w kierunku zapobiegania i minimalizacji ilości wytwarzanych odpadów, redukcji ich ilości oraz konwersji w formy mniej uciążliwe dla środowiska naturalnego. Podejście takie może być realizowane między innymi w oparciu o strategię czystszej produkcji, w której dąży się do minimalizacji zanieczyszczeń już w momencie ich powstawania, przez co zapewnia się lepsze wykorzystanie materiałów i energii. Zgodnie z tą ideą znaczna część odpadów (produktów niezamierzonych produkcji oraz działalności bytowej człowieka) zawierająca organiczne substancje palne może być przekształcana termicznie w celu odzysku energii z użyciem odpowiednich instalacji przemysłowych. Zastosowanie tego typu paliwa (zamiennika paliw naturalnych, tj. węgla, oleju czy gazu ziemnego) wymaga jednak odpowiedniej obróbki odpadów, aby posiadały jednorodny skład o określonych właściwościach fizykochemicznych. W ten sposób wyselekcjonowane odpady komunalne oraz wybrane odpady przemysłowe przerabiane są na paliwo alternatywne. **Paliwo alternatywne**, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 27.09.2001 r. w sprawie katalogu odpadów [1], to odpady sklasyfikowane w grupie 19 12 10 - Odpady palne (paliwo alternatywne). Do niedawna paliwo alternatywne definiowano jako: „Odpady palne, rozdrobnione, o jednorodnym stopniu wymieszania, powstałe w wyniku zmieszania odpadów innych niż niebezpieczne, z udziałem lub bez udziału paliwa stałego, ciekłego lub biomasy, które w wyniku przekształcenia termicznego nie powodują przekroczenia standardów emisyjnych z instalacji współpalania odpadów określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 4.08.2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji” [2]. Powyższą definicję zawiera rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, dopuszczonych do ich termicznego przekształcania [3], które jednak obowiązywało do 27.12.2005 r. Obecnie w polskim prawie brakuje definicji paliwa alternatywnego, a nieformalnie termin ten oznacza przekształcone odpady, które mogą zastąpić paliwo konwencjonalne. W literaturze przedmiotu paliwo alternatywne określane jest często jako paliwo formowane, wtórne lub paliwo zastępcze.

Stosowanie paliw alternatywnych pozwala oszczędzać surowce naturalne, umożliwia wywiązanie się krajów wspólnoty z zapisów prawa UE w zakresie ograniczenia ilości deponowanych odpadów ulegających biodegradacji (dyrektywa Rady 1999/31/WE z 26.04.1999 r. w sprawie składowania odpadów; Dz.U. WEL 182 z 16.07.1999 r.) i osiągnięcie właściwych poziomów energii z odnawialnych źródeł, zgodnie z przyjętym 23.01.2009 r. projektem dyrektywy Parlamentu i Rady w sprawie promowania i stosowania energii ze źródeł odnawialnych KOM(2008)19. Zainteresowanie paliwem alternatywnym potencjalnych odbiorców wzrosło również po podpisaniu protokołu z Kyoto, który zgodnie z wytycznymi dyrektyw UE wymusza ograniczenie do 2012 r. o 8 % ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery w porównaniu z poziomem z 1990 r. Ponadto działania rynku wymuszające na producentach obniżenie kosztów produkcji energii elektrycznej stymulują popyt na paliwo alternatywne. Obniżenie poziomu emisji zanieczyszczeń oraz kosztów paliwa jest możliwe m.in. przez stosownie dobrej jakości paliw alternatywnych, które powinny być produkowane zgodnie z wytycznymi dotyczącymi najlepszych dostępnych technologii przetwórstwa, zawartymi w dokumencie BREF z 2006 r., opracowanym przez European Commission Directorate General JRC, Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies (Seville).

Stosowanie paliw alternatywnych jest istotnym elementem realizacji zasady zrównoważonego rozwoju kraju, gdyż powoduje zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym. Spalanie tych paliw pozwala osiągnąć cele założone w polityce ekologicznej państw w zakresie redukcji emisji zanieczyszczeń wpływających na zmiany klimatyczne oraz zwiększa bezpieczeństwo ekologiczne kraju poprzez decentralizację wytwarzania energii, zróżnicowanie źródeł energii, wykorzystanie lokalnych zasobów energetycznych, a także ograniczenie szkód w środowisku związanym z wydobywaniem i spalaniem paliw kopalnych. Do produkcji paliwa alternatywnego mogą być również wykorzystane odpady z przemysłu chemicznego, tj. farby i lakiery, emulsje chłodnicze, czy przepracowane oleje, stwarzające duże problemy zakładom produkcyjnym. Do produkcji paliw alternatywnych mogą być wykorzystane odpady komunalne, co pozwala na ograniczenie ilości odpadów deponowanych na składowiskach (obecnie ok. 800 ewidencjonowanych wysypisk odpadów komunalnych oraz nieokreślona ilość dzikich wysypisk śmieci). Współspalanie paliw alternatywnych przynosi również przedsiębiorstwom korzyści ekonomiczne, gdyż pozwala na redukcję zużycia energii elektrycznej i ciepłej.

Celem pracy jest prezentacja najnowszych praktycznych rozwiązań w zakresie przeróbki odpadów ciekłych i stałych (z wyłączeniem odpadów niebezpiecznych) na paliwa alternatywne zgodnie z europejskimi i polskimi unormowaniami prawnymi. Zdaniem Autorów przemysł cementowy powinien być przedmiotem szczególnego zainteresowania z punktu widzenia poruszanej tematyki, ponieważ właśnie tam znajdują się największe potencjalne możliwości w zakresie wykorzystania paliw alternatywnych.

1. WSPÓLSPALANIE PALIW ALTERNATYWNYCH

Wybrane odpady (inne niż niebezpieczne - kod: 19 12 10), w myśl ustawy o odpadach [1], mogą być:

- bezpośrednio wykorzystane jako paliwo alternatywne - proces odzysku R1 (R1 - wykorzystanie odpadów jako paliwo lub innego środka wytwarzania energii);
- poddane procesowi przetwarzania w celu uzyskania jednorodnego pod względem fizykochemicznym paliwa alternatywnego - proces odzysku R15 (R15 - przetwarzanie odpadów w celu ich przygotowania do odzysku, w tym do recyklingu) [3].

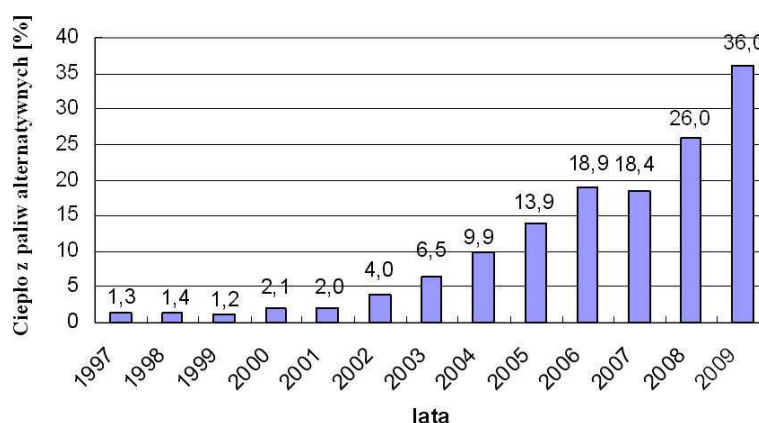
Proces przetwarzania odpadów na paliwo alternatywne ma na celu wytworzenie paliwa z możliwie dużym uzyskiem, waloryzację parametrów energetycznych oraz redukcję stężeń substancji niebezpiecznych w produkcie poprzez ich zateżenie w strumieniach ubocznych wyprowadzanych z instalacji. Zgodnie z ustawą o odpadach [5] termiczne przekształcanie odpadów może być prowadzone w spalarniach oraz współspalarniach odpadów. Proces współspalania odpadów może być realizowany w instalacjach takich, jak [6-7]:

- piece cementowe i wapiennicze (obrotowe i szybowe);
- wielki piec (konwertorowy i obrotowy);
- kotły energetyczne i przemysłowe;
- piece do wypalania cegły;
- baterie koksownicze.

Na świecie największym odbiorcą paliw alternatywnych jest przemysł cementowo-wapienny oraz energetyka. Paliwa alternatywne wykorzystywane są również w hutnictwie oraz w przemyśle celulozowo-papierniczym. W krajach UE, według prognoz wykonanych w ramach realizacji międzynarodowego programu badawczego Quo Vadis, możliwości wykorzystania stałych paliw z odpadów wynoszą 27-37 mln Mg/rok. W przemyśle cementowym w piecach do wypalania klinkieru zastępowalność paliw konwencjonalnych waha się w granicach 15-30% (3,5–7 mln Mg/rok). Wykorzystanie paliw alternatywnych w polskich cementowniach w ostatniej dekadzie przedstawiono na rysunku 1. Aktualnie 9 zakładów, spośród 11 cementowni, stosuje to paliwo, a 1 zakład jest na etapie uzgodnień środowiskowych.

Znacznie mniejszy jest natomiast udział paliw alternatywnych w produkcji energii elektrycznej. W krajach UE w przemyśle energetycznym zastępowalność paliw naturalnych waha się w granicach 2-4% (spalanych jest ok. 6,5–13 mln Mg/rok paliw alternatywnych). W kotłach energetycznych współspalane mogą być paliwa alternatywne 1-50 % w zależności od typu kotła, układu oczyszczania spalin i wymagań jakościowych odnośnie komercyjnego wykorzystania produktów niezamierzonych procesu (popiołów i gipsu) [8]. Technologia współspalania paliw wykorzystuje kotły pyłowe, rusztowe oraz fluidalne, a w przypadku odpadów i biomasy można również stosować kotły z reaktorem zgazowania lub posiadające przedpalenisko. Najczęściej jednak proces spalania odpadów prowadzi się w kotłach fluidalnych lub w kotłach z rusztem mechanicznym [9]. Jeszcze niższe jest wykorzystanie paliw alternatywnych w piecach wapienniczych (zastępowalność do 1 % paliw konwencjonalnych), co wynika głównie z troski o jakość produktu.

Na świecie paliwa zastępcze (głównie z tworzy sztucznych) stosowane są również jako dodatek do wielkiego pieca. Wstępne badania przemysłowe wykazały techniczną możliwość bezpośredniego wprowadzania odpadów tworzyw sztucznych do wsadu w ilości 7 kg na 1 Mg surówki bez negatywnego wpływu na pracę wielkiego pieca oraz jakość surówki. Instalacje pilotażowe do spalania tworzyw sztucznych w wielkim piecu działają w Hucie Bremen firmy Klöckner Stahl (Niemcy) oraz NKK Keihin Works (Japonia) [10, 11].



Rys. 1. Procentowy uzysk ciepła z paliw alternatywnych w polskim przemyśle cementowym w latach 1997-2009

Źródło: [12]

Zaletą współspalania paliw zastępczych jest możliwość wykorzystania istniejących instalacji przemysłowych, podczas gdy budowa nowych spalarni odpadów związana jest z wysokimi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi. W instalacjach przemysłowych (w przemyśle cementowym, energetycznym i hutniczym) mogą być używane jedynie wybrane, ściśle określone rodzaje przemysłowe, produkty uboczne, które są dostępne w wielkich ilościach i mają odpowiedni skład chemiczny (paliwa alternatywne) oraz niewielkie ilości przetworzone w paliwo alternatywne odpadów komunalnych. Powyższe ograniczenia determinujące możliwość stosowania paliw alternatywnych wynikają z wymagań technologicznych procesu produkcji cementu lub stali. Z tego powodu trudno palne odpady komunalne, najczęściej wilgotne odpady biodegradowalne (resztki pożywienia) i substancje o niskiej wartości energetycznej, niespełniające tych wymagań mogą być spalane jedynie w spalarniach odpadów. Obecnie w kraju działa jedna instalacja termicznego przekształcania odpadów - Zakład Unieszkodliwiania Stałych Odpadów Komunalnych w Warszawie, gdzie produkowana jest energia cieplna i elektryczna. W 2008 r. przerobiono tam 39 729 Mg odpadów. W II kwartale 2010 r. do Ministerstwa Środowiska wpłynęło 8 wniosków o dofinansowanie budowy spalarni odpadów zlokalizowanych w okolicach takich miast, jak: Bydgoszcz-Toruń, Kraków, Szczecin, Koszalin, Białystok, Łódź, Poznań i w województwie śląskim (Górnośląski Związek Metropolitalny). Wnioski zostały już poddane ocenie formalnej i punktowej ocenie merytorycznej I stopnia. W najbliższym czasie rozpocznie się pogłębiona ocena merytoryczna II stopnia rozstrzygająca, które projekty spełniają kryteria oceny zatwierdzone przez Komitet Monitorujący Programu Operacyjnego - Infrastruktura i Środowisko. Należy podkreślić, że paliwo alternatywne, w przeciwieństwie do odpadów, jest wygodniejsze w użyciu, a będąc „stabilnym” paliwem, może być stosowane w istniejących instalacjach i liniach technologicznych z zapewnieniem wysokiej jakości produktów i uzyskiwaniem powtarzalnych warunków spalania. Należy zintensyfikować działania zmierzające w kierunku produkcji wysokiej jakości paliw alternatywnych, które mogą być spalane w istniejących instalacjach przemysłowych. Obecnie na rynku krajowym występuje deficyt paliw alternatywnych (produkowanych jest jedynie 700 Gg/rok), co skutkuje tym, że w polskich cementowniach spalane jest paliwo pochodzące z importu (głównie z Niemiec). Wydaje się celowe rozwijanie lokalnego rynku produkcji paliw alternatywnych, który zredukuje znaczne ilości odpadów deponowanych na składowiskach krajowych oraz ożywi lokalny rynek pracy (nowe miejsca pracy w przetwórnich odpadów).

2. KLASYFIKACJA PALIW Z ODPADÓW

Paliwa alternatywne ze względu na stan skupienia dzielimy na [13]:

- gazowe (np. gaz pizolityczny z gazyfikacji drewna lub osadów ściekowych, biogaz);
- ciekłe (np. oleje zużyte, rozpuszczalniki);
- stałe (np. opony, odpady drzewne, tworzywa sztuczne).

Obecnie w Europie nie ma formalnej klasyfikacji paliw alternatywnych, dlatego stosuje się amerykańskie rozwiązania - Komitetu ASTM (ang. American Society of Testing and Materials), gdzie wyróżnia się następujące grupy paliw [14]:

- EBS 1 - odpady w stanie nieprzetworzonym;
- EBS 2 - odpady rozdrobnione z/bez separacji magnetycznej;

- EBS 3 - odpady rozdrobnione po separacji magnetycznej i wydzieleniu szkła oraz innych substancji nieorganicznych, o granulacji z 95 % z udziałem ziaren przesiewnych na sicie o otworach kwadratowych < 50,8 mm;
- EBS 4 - paliwo w postaci pyłu o granulacji 95 % < 2 mm;
- EBS 5 - paliwo brykietowane lub peletowane RDF;
- EBS 6 - palne składniki odpadów przetwarzane dalej na paliwo ciekłe;
- EBS 7 - palne składniki przetwarzane na paliwo gazowe.

W literaturze znaleźć można wiele innych podziałów paliw alternatywnych, wg kryteriów istotnych z punktu widzenia potrzeb głównych odbiorców, tj. przemysłu energetycznego, hutniczego i cementowego. Na przykład paliwa alternatywne stosowane w przemyśle cementowym, zgodnie z opracowanymi przez Europejskie Stowarzyszenie Producentów Cementu (CEMBUREAU) wytycznymi BAT, zostały podzielone na następujące klasy [15, 16]:

- klasa **I** - gazowe paliwa alternatywne (gaz koksowniczy, gaz pizolityczny, biogaz);
- klasa **II** - paliwa alternatywne ciekłe (zużyte rozpuszczalniki o niskiej zawartości chloru, oleje hydrauliczne, tłuszcze roślinne, oleje smarowe, pozostałości z destylacji);
- klasa **III** - paliwa alternatywne proszkowe, granulowane lub pokruszone (trociny, wióry, wysuszone osady ściekowe, granulowany plastik, mączki zwierzęce itp.);
- klasa **IV** - wstępnie pokruszone paliwa alternatywne stałe (odpady tworzyw, odpady z drzewa, zgniatane opony itp.);
- klasa **V** - bryłowe paliwa alternatywne (zużyte opony, plastikowe bele, materiały w workach, torbach itp.).

Inny podział paliw alternatywnych w przemyśle cementowym, ze względu na wartość opałową, przewiduje trzy grupy [16]:

- paliwa wysokogatunkowe o wartości opałowej 30-46 MJ/kg (np. tworzywa sztuczne, odpady gumowe, zużyte opony);
- paliwa średniogatunkowe o wartości opałowej 16-20 MJ/kg (np. biogaz, odpady biologiczne takie, jak: olej z orzechów kokosowych, bryły po wyciśnięciu oleju z oliwek, łuski ryżowe);
- paliwa niskogatunkowe o wartości opałowej < 15 MJ/kg (np. odpady domowe, tektury).

Dostępne na polskim rynku paliwa alternatywne stosowane w przemyśle cementowym dzielimy na [18]:

- stałe impregnowane;
- stałe rozdrobnione (drobnoziarniste i gruboziarniste);
- płynne;
- opony samochodowe.

Niezależnie od rodzaju stosowanego paliwa alternatywnego, ich użytkownicy chcąc zachować standardy emisyjne określone w ustawie z 20.12.2005 r., muszą zwracać

cać uwagę na jakość tych paliw. Dlatego niezwykle istotną kwestią jest ocena jakości paliwa alternatywnego, co aktualnie realizowane jest w oparciu o różne krajowe systemy ocen jakości, np. system RAL - Niemcy, SFS 5875 - Finlandia. W celu ujednoczenia systemu oceny jakości paliw stałych wytwarzanych z odpadów, określanych nazwą SRF (Solid Recovered Fuels), Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) opracował propozycję systemu klasyfikacji paliwa oraz szereg tzw. specyfikacji technicznych, które w przyszłości zostaną przekształcone w normy europejskie. Paliwa SRF mogą być wytwarzane wyłącznie z odpadów innych niż niebezpieczne, takich jak: odpady poprodukcyjne, odpady użytkowe, odpady pochodzące z selektywnej zbiórki oraz odpady stałe komunalne. Najważniejszymi komponentami w produkcji SRF są: papier, zużyte opony, tworzywa sztuczne, tekstylia, drewno itp. System klasyfikacji zaproponowany przez CEN opiera się na określeniu następujących parametrów paliwa wtórnego [9, 18]:

- wartości opałowej;
- zawartości chloru;
- zawartości rtęci.

Każdemu parametrowi przypisano 5 klas jakościowych z określeniem wartości granicznej, a kombinacja numeru klas daje kod klasyfikacji paliwa. Wszystkie trzy parametry są równorzędne, więc żadna z cyfr pojedynczo nie określa kodu paliwa. Specyfikację parametrów klasyfikacyjnych przyjętych przez CEN dla paliwa SRF zgodnie z CEN/TS 15359 przedstawiono w tabeli 1, jednak wspomniane parametry nie wyczerpują pełnego opisu właściwości paliwa i dlatego stosuje się specjalny szablon podany w aneksie A do Specyfikacji technicznej CEN/TS 15359. Identyfikacja paliwa wg szablonu jest szczególnie użyteczna w komunikacji pomiędzy wytwórcą a odbiorcą paliwa [9, 18]. Należy podkreślić, że w omawianym systemie paliwa alternatywne mogą być wytwarzane wyłącznie z odpadów innych niż niebezpieczne i używane tylko w instalacjach spełniających standardy emisyjne, wynikające z Dyrektywy 2000/76/EC, dotyczącej spalania odpadów. W skład SRF nie mogą wchodzić paliwa kopalniane [19].

3. CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PALIW ALTERNATYWNYCH

Zapewnienie jakości paliwa alternatywnego wynika z konieczności przestrzegania norm ochrony środowiska, a także stworzenia odpowiednich warunków przebiegu procesu produkcyjnego (utrzymanie odpowiedniej temperatury). Ponadto w przemyśle cementowym istotne jest, aby produkt spalania paliw alternatywnych (popiół) wchodzący w skład produktu końcowego tj. klinkieru, nie wpływał na jego jakość.

Tabela 1. Wartości parametrów klasyfikacji dla SRF

Parametr klasyfikacyjny	Pomiar statystyczny	Jednostka	Klasa				
			1	2	3	4	5
Wartość opałowa (NCV)	Średnia	MJ/Kg	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 2
Zawartość chloru (Cl)	Średnia	% w st. suchym	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 0,1	≤ 1,5	≤ 3
Zawartość rtęci (Hg)	mediana	mg/MJ w st. roboczym	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,50
	80-ty percentyl	mg/MJ w st. roboczym	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	≤ 0,30	≤ 1,00

Źródło: [9, 18]

Jednym z popularnych podziałów paliw alternatywnych, stosowanych w praktyce, jest podział na [20]:

- przepracowane oleje (PO);
- paliwo alternatywne ciekłe olejowe (PAPo);
- paliwo alternatywne ciekłe rozpuszczalnikowe (PAPr);
- paliwo alternatywne płynne olejowe bogate - odpowiednik mazutu, ciekłe na zimno (PARAMAZUT z) i ciekłe na ciepło (PARAMAZUT c);
- paliwo alternatywne stałe po impregnacji (PASi);
- paliwo alternatywne stałe: pyliste (PASp) i granulowane (PASg);
- paliwo z opon (TDF).

Paliwo stałe impregnowane (PASi) - stanowi mieszaninę rozdrobnionych odpadów stałych i ciekłych. Sorbentami paliwa ciekłego (farb, lakierów, ciężkich frakcji podestylacyjnych, odpadów ropopochodnych) są pyły drzewne, bawełniane, tytoniowe, trociny itp. Paliwo w postaci suchego granulatu jest jednorodną mieszaniną pod względem granulometrycznym, jednak może mieć różny skład chemiczny ze względu na niejednorodność surowców [17]. Parametry paliwa przedstawiono w tabeli 2.

Paliwo stałe rozdrobnione (PASr) - wytwarzane jest przez mechaniczne rozdrobnienie do granulacji 40 lub 70 mm odpadów z tworzyw sztucznych, papieru, tektury, tekstyliów, izolacji kabli, taśm, czyściwa itp. Odpady te mogą być zanieczyszczone olejami, tłuszczami, smarami lub farbami [13]. Parametry paliwa zestawiono w tabeli 2.

Paliwo z opon - w którym opony samochodowe są w całości lub rozdrobnione, w zależności od systemu podawania paliwa do instalacji przemysłowej. Kaloryczność paliwa wynosi około 32 MJ/kg [17], pozostałe parametry przedstawiono w tabeli 2.

Paliwa alternatywne ciekłe wytwarzane są przez homogenizację ciekłych odpadów palnych takich, jak przepracowany olej, frakcje olejów opałowych, rozpuszczalników i farb.

Paliwo ciekłe olejowe (PAP-o) - stanowi mieszaninę odpowiednich proporcji odpadów olejowych gromadzonych selektywnie lub wydzielonych z mieszanin odpadów (np. zużyte oleje silnikowe i hydrauliczne, paramazut). Z powodu zmieniających się składników, gotowe paliwo również charakteryzuje się różnym składem i parametrami (tabela 2).

Paliwo ciekłe rozpuszczalnikowe (PAP-r) - jest niejednorodną mieszaniną odpowiednich proporcji odpadowych rozpuszczalników gromadzonych selektywnie i wydzielonych z ciekłych odpadów zmieszanych, jego parametry przedstawiono w tabeli 2.

Paliwa alternatywne wytwarzane z odpadów komunalnych w literaturze światowej mają bardzo różne nazwy: RDF (Refuse Derive Fuel), BRAM (Brennsteff aus Müll), INBRE (Industrial Brennsteff fuel), czy PAKOM oraz wykazują znaczne różnice pod względem właściwości fizykochemicznych.

Paliwo BRAM (PAKOM) jest wytwarzane z odpadów domowych oraz podobnych pod względem właściwości odpadów przemysłowych o wysokiej wilgotności np. materiałów tekstylnych lub papierniczych. Obecnie z powodzeniem stosuje się jego mieszaninę z paliwem konwencjonalnym (< 50 %) w cementowniach niemieckiego koncernu

Dyckerhoff, pozytywnie przeszło testy w Cementowni Chełm. Wartość opałowa paliwa BRAM nie przekracza 7,5 MJ/kg, a po wyeliminowaniu bioodpadów - około 12 MJ/kg [15, 21].

Technologia produkcji **INBRE** przewiduje możliwość wytwarzania paliwa z dodatkiem wysuszonego osadu z oczyszczalni ścieków, które w zależności od składu chemicznego posiadają wartość opałową 8-12 MJ/kg suchej masy.

Tabela 2. Parametry wybranych paliw alternatywnych

Parametr /wartości średnie/	Rodzaj paliwa				
	PASi wg [13]	PASr wg [13]	z opon wg [22]	PAP-o wg [7]	PAP-r wg [7]
wartość opałowa [MJ/kg]	9,152	24, 376	32 wg [17]	14	24
zawartość siarki [%]	0,28 %,	0,23	1-2	-	5
wilgotność [%]	30,45 %,	3,19	3-5	-	10
zawartość popiołu [%]	24,13 %,	7,98	5-20	< 5	-
zawartość chloru [%]	0,24 %,	0,42	0,2	-	< 2
gęstość nasypowa [kg/m ³]	500-750	100-300	300-600	-	-
zawartość osadów [%]	-	-	-	< 30	< 30

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7, 13, 17, 22]

4. TECHNOLOGIE OTRZYMYWANIA PALIW ALTERNATYWNYCH

Paliwa alternatywne wytwarzane są głównie z odpadów poprodukcyjnych i opakowaniowych oraz w mniejszym stopniu z palnych frakcji odpadów komunalnych (papier, tektura, tekstylia itp., ale również odpady biomasy i osady ściekowe) i mogą być traktowane jak substytut paliw konwencjonalnych. Technologia produkcji paliwa jest tym bardziej skomplikowana, im więcej jest komponentów. Na początku produkcja paliw alternatywnych rozwijała się głównie w Niemczech, co było efektem regulacji prawnych w gospodarce odpadami, później dołączyły inne kraje, tj. Szwajcaria, Szwecja i Francja. Obecnie paliwa zastępcze produkowane są w większości krajów europejskich, również w Polsce, gdzie aktualnie kilkadziesiąt firm o różnej zdolności produkcyjnej wytwarza rocznie od 30 do 100 Gg paliw. Głównymi producentami paliw alternatywnych są zarazem największe firmy zajmujące się odbiorem odpadów, tj. Remondis, Sita, Alba oraz Mo-Bruk.

Na świecie istnieje wiele technologii produkcji paliwa z odpadów komunalnych. Najprostsze metody ograniczają się jedynie do mechanicznego sortowania i odzyskiwania części palnych, a pozostałość jest deponowana na składowisku (paliwa BRAM, RDF, PAKOM). Bardziej rozwinięta jest technologia ORFA, która umożliwia przerób prawie 90 % odpadów, a oprócz produkcji paliwa (tzw. INBRE) odzyskuje się wiele surowców i półproduktów. Technologia ta rozwijała się w latach 1980-1985 w Leibstadt w Szwajcarii, a w 1985 r. ORFA International Ltd. i ORFA - Organfaser

GmbH wybudowały i uruchomiły zakład pilotażowy, który modernizowano do 1994 r. W niemiecko - szwajcarsko - kanadyjskiej technologii ORFA odpady wielkogabarytowe (np. pralki, lodówki, telewizory) są na wstępie oddzielane od pozostałych odpadów i kierowane do specjalnej obróbki. Pozostała frakcja jest rozdrabniana i poddawana separacji elektromagnetycznej oraz aerodynamicznej (wydzielenie frakcji lekkiej). Frakcja ciężka (powyżej 10 mm) przetwarzana jest na granulaty, a frakcje lotne unoszone są strumieniem powietrza i ponownie rozdzielane w separatorze cyklonowym i przekazywane do młyna nożowego, gdzie są rozdrabniane na cząstki o wymiarach 10 x 10 mm. Lekki materiał z procesu przesiewania, a także rozdrobniony materiał z młyna nożowego, przesyłane są do zasobnika dozującego i kierowane do suszenia. Proces suszenia prowadzi się w suszarce bębnowej do wilgotności < 5 %, po czym ponownie prowadzi się separację magnetyczną oraz oddzielanie tworzyw sztucznych. W kolejnym etapie materiał jest dzielony na cztery frakcje, w zależności od uziarnienia, z których separowane są kolejno frakcje: metali nieżelaznych, mineralna (szkło, kamienie, ceramika) oraz mieszana (tworzywo, drewno, tektura, skóry itp.) [23]. Finalnie powstaje paliwo INBRE, które może być spalane z węglem, natomiast odzyskane surowce wtórne przerabiane są w innych procesach produkcyjnych.

Inną technologię stosuje holenderska firma VISNO/Icopower (Amsterdam), która wytwarza paliwo z odpadów komunalnych, przemysłowych oraz handlowych. W zakładzie przerabianych jest 1,5 Gg odpadów na paliwo RDF w postaci granulatu o długości 40-80 mm i średnicy 16 mm [8, 23, 24]. Proces wytwarzania paliw składa się z następujących etapów [24, 25]:

- *przygotowanie materiału* - odpady komunalne podawane są na sito bębnowe, gdzie następuje oddzielenie frakcji drobnej mineralnej i frakcji średniej. Frakcja gruba (nadsitowa) kierowana jest na linię sortowniczą, gdzie usuwane są zanieczyszczenia niepalne (odpady mineralne, szkło, odpady tworzyw PCV), które kierowane są na składowisko odpadów;
- *rozdrabnianie* - surowiec kierowany jest poprzez system automatycznych wybieraków do rozdrabniacza uniwersalnego, gdzie następuje jego rozdrobnienie;
- *suszenie* - rozdrobniony materiał podawany jest zasobnikiem zasypowym do suszarni bębnowej (suszenie do wilgotności 10-15 %), skąd podawany jest do cyklonu suszarni, będącego jednocześnie zasobnikiem magazynowym;
- *produkcja brykietów paliwowych* - rozdrobniony, wysuszony i wymieszany surowiec paliwowy z cyklonu podawany jest do urządzeń brykietujących (prasy z podgrzewanymi głowicami), gdzie jest formowany w brykiety;
- *wychładzanie brykietów* - po zakończeniu procesu formowania temperatura brykietów wynosi ok. 100°C, dlatego produkt jest schładzany, a następnie paczkowany lub magazynowany w pojemnikach.

Otrzymane paliwo alternatywne może być spalane w instalacjach przemysłowych (np. elektrociepłowniach, cementowniach). Posiada następujące parametry: wartość opałowa 20-27 MJ/kg, zawartość popiołu 3,3-10 %, zawartość siarki całkowitej 0,5-1,5 % oraz chloru 0,5-1,0 %.

W 1981 r. firma BASF AG opracowała technologię Carbo-Sed do produkcji paliwa z osadów z oczyszczalni ścieków Zakładów Ludwigshafen i miast Ludwigshafen i Frankenthal [14, 25]. Firma przerabia około 100 rodzajów osadów z oczyszczalni miejskich i różnych gałęzi przemysłowych. Na wstępie osady ściekowe są odwadniane na prasie filtracyjnej z dodatkiem poflotacyjnym koncentratu węgla oraz odpowiednio dobranego polielektrolitu (najczęściej fluokanta anionowego - Sedipur), który gwarantuje stabilność osadu (kłaczków) w warunkach wysokiego ciśnienia na prasie filtracyjnej. Osady ściekowe są mieszane z węglem w stosunku 1 : 1,3, w przeliczeniu na suchą masę. Po wstępnym odwodnieniu następuje zagęszczanie i sedymentacja kłaczków w zbiorniku kontaktowym oraz dalsze odwadnianie i suszenie masy (do wilgotności < 10 %). Wysuszonej mieszanki stanowi gotowe paliwo np. w elektrowniach, chociaż jego część wykorzystywana jest na miejscu, jako paliwo w procesie suszenia.

Firma TUZAL Sp. z o.o. opracowała technologię ORTWED przetwarzania osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych w stały produkt, wykorzystując ciepło reakcji hydrolizy wapna palonego. W wyniku reakcji tlenku wapnia (CaO) i wody w temperaturze do 135-140 °C następuje fizykochemiczna przemiana osadów w produkt hydrofobowy, który może być wykorzystany w rolnictwie, drogownictwie lub być spalany w piecach cementowych. Zastosowane wapno do zestalania osadu ściekowego można uważać za składnik w produkcji cementu, co dodatkowo wpływa na obniżenie kosztów jego produkcji [25, 26].

Z makulatury produkowane jest paliwo BRAP oraz Rofire. W 2000 r. uruchomiono w Zakładzie Koppa Roermond Papier BV produkcję paliwa Rofire z makulatury odmian 1.01 oraz 1.04 (wg klasyfikacji CEPI) o wartości opałowej 24 MJ/kg. Zbieranie odrzutu grubego z produkcji papieru z masy makulaturowej następuje w dwóch miejscach: z bębna sortującego w obiegu rozwłóknacza oraz z ostatniego etapu oczyszczania masy. W pierwszym etapie materiał oczyszczany jest z ferromagnetyków, po czym następuje odwadnianie w trzech prasach śrubowych do wilgotności około 40 %. W kolejnym etapie materiał kierowany jest na separator sitowy, gdzie wydzielane są pozostałe metale oraz inne zanieczyszczenia ciężkie (szkło, kamienie, piasek itp.). Frakcja drobna kierowana jest bezpośrednio do bębna suszącego, natomiast pozostała frakcja (powyżej 30 mm) jest ponownie rozdrabniana. Tak przygotowany materiał suszy się do wilgotności 7 %, poddaje formowaniu w granulki o długości 30 mm i średnicy 8 mm oraz schładzaniu. Otrzymane paliwo charakteryzuje się stałym składem chemicznym [25, 27].

5. STANDARDY EMISYJNE SPALANIA I WSPÓLSPALANIA PALIW ALTERNATYWNYCH

Paliwa alternatywne zgodnie z obowiązującymi uregulowaniami prawnymi traktowane są jako odpad, którego użycie w produkcji energii wymaga uzyskania zezwoleń na prowadzenie działalności w zakresie odzysku oraz spełnienie standardów emisyjnych dla instalacji termicznego przekształcania odpadów. Standardy emisyjne w zakresie wprowadzania gazów lub pyłów do powietrza zależą od rodzaju działalności, procesu technologicznego lub operacji technicznej oraz terminu oddania instalacji do eksploatacji, terminu zakończenia jej eksploatacji lub dalszego łącznego czasu eksploatacji [28]. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie

standardów emisyjnych z instalacji [28], oddziaływanie instalacji do spalania lub współspalania nie powinno powodować pogorszenia stanu środowiska oraz zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzi. Emisja gazów lub pyłów do powietrza z procesów spalania odpadów oraz paliw alternatywnych jest określana w załącznikach 5 i 6 ww. rozporządzenia, jako: stężenie gazów lub pyłów w gazach odlotowych lub masa gazów bądź pyłów wprowadzana w określonym czasie, a także stosunek masy gazów lub pyłów do jednostki wykorzystywanego surowca, materiału, paliwa lub powstającego produktu. Zgodne z ustawą standardy emisyjne z instalacji spalania odpadów są dotrzymane, jeżeli w pomiarach ciągłych wielkość emisji substancji spełnia jednocześnie następujące warunki:

- średnie dobowe wartości stężeń pyłu, substancji organicznych w postaci gazów i par w przeliczeniu na całkowity węgiel organiczny, chlorowódz (HCl), fluorowódz (HF), ditlenek siarki (SO₂) oraz tlenek azotu i ditlenek azotu w przeliczeniu na ditlenek azotu, a w przypadku tlenku węgla (CO) - 97 % średnich dobowych wartości stężeń w ciągu roku kalendarzowego - nie przekraczają standardów emisyjnych tych substancji określonych, jako średnie dobowe (tab. 3);
- średnie trzydziestominutowe wartości stężeń pyłu, substancji organicznych w postaci gazów i par w przeliczeniu na całkowity węgiel organiczny, HCl, HF, SO₂ oraz tlenek azotu i ditlenek azotu w przeliczeniu na ditlenek azotu nie przekraczają wartości *A* (tab. 3) standardów emisyjnych tych substancji lub 97 % średnich trzydziestominutowych wartości stężeń tych substancji w ciągu roku kalendarzowego nie przekracza wartości *B* standardów emisyjnych tych substancji;
- średnie trzydziestominutowe wartości stężeń CO nie przekraczają wartości *A* standardu emisyjnego tej substancji lub 95 % średnich dziesięciominutowych wartości stężeń tej substancji w ciągu 24 h nie przekracza wartości *B* standardu emisyjnego tej substancji.

Standard emisyjny ze źródeł wielopaliwowych, w których spalane są w tym samym czasie dwa lub więcej paliw, stanowi średnia obliczona ze standardów emisyjnych dla spalania poszczególnych paliw ważona względem mocy cieplnej uzyskanej ze spalania tych paliw. Spalanie lub współspalanie paliw alternatywnych jest zabronione w przypadku wystąpienia zakłóceń w procesach technologicznych i operacjach technicznych dotyczących eksploatacji instalacji spalania lub współspalania odpadów, powodujących przekroczenie standardów emisyjnych oraz w przypadku spadku temperatury w komorze spalania poniżej 850 °C, a przy spalaniu odpadów niebezpiecznych zawierających ponad 1% związków fluorowoorganicznych (w przeliczeniu na chlor) poniżej 1100 °C [25].

EKOLOGICZNE KORZYŚCI ZE SPALANIA PALIW ALTERNATYWNYCH

Tabela 3. Standardy emisyjne z instalacji spalania odpadów oraz współspalania paliw alternatywnych

Lp.	Nazwa substancji	Standardy emisyjne w mg/m ³ przy zawartości 11 % tlenu w gazach odlotowych* w instalacjach			
		Do spalania odpadów			Do współspalania, produkcja klinkieru
		Średnie dobowe	Średnie trzydziestominutowe		Średnie dobowe
			A	B	
1.	Pył ogółem	10	30	10	30
2.	Substancje organiczne w postaci gazów i par wyrażone jako całkowity węgiel organiczny	10	20	10	10
3.	Chlorowodór	10	60	10	10
4.	Fluorowodór	1	4	2	1
5.	Ditlenek siarki	50	200	50	50
6.	Tlenek węgla	50	100	150	2000
7.	Tlenek azotu i ditlenek azotu w przeliczeniu na ditlenek azotu z instalacji przetwarzającej				800 (dla nowych instalacji 500)
	> 6 Mg/h	200	400	200	
	≤ 6 Mg/h	400	-	-	
8.	Metale ciężkie i ich związki przeliczone na czysty metal	Średnie z próby o czasie trwania od 0,5 do 8 h			
	Kadm + tal	0,05			
	Rtęć	0,05			
	Łącznie: antymon, arsen, ołów, chrom, kobalt, miedź, mangan, nikiel, wanad	0,5			
9.	Dioksyny i furany (średnie z prób od 6 do 8h)	0,1			

*dla dioksyn i furanów w ng/m³

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [28]

Tabela 4. Standardy emisyjne dla współspalania paliw stałych oraz biomasy

Paliwo	Nominalna moc cieplna źródła w MW	Standardy emisyjne C _{proc} w mg/m ³ przy zawartości 6 % tlenu w gazach odlotowych		
		SO ₂	*NO _x	pył
Paliwo stałe (bez biomasy)	<5, 50)	1300	400	100
	<50, 100>	850	400	50
	(100, 300>	200	200	30
	> 300	200	200	30
Biomasa	< 50	400	400	100
	<50, 100)	200	350	50
	<100, 300>	200	300	30
	(300, 500>	200	300	30
	> 500	200	200	30

*tlenki azotu w przeliczeniu na NO₂

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [28]

6. BARIERY PRAWNE I TECHNOLOGICZNE W STOSOWANIU PALIW ALTERNATYWNYCH

Spalanie odpadów i budowa spalarni śmieci zawsze budziła i budzi wiele obaw i wątpliwości wśród lokalnej społeczności, a protesty i uwagi wnoszone podczas uzgodnień środowiskowych utrudniają lub całkowicie blokują uzyskanie pozwolenia na budowę spalarni. Dlatego optymalnym rozwiązaniem wydaje się produkcja wysokiej jakości paliw alternatywnych i ich spalanie w istniejących instalacjach. Stosowanie paliw alternatywnych, chociaż przynosi wymierne korzyści ekonomiczne zakładom i ekologiczne środowisku, w praktyce napotyka szereg ograniczeń natury prawnej oraz technologicznej.

Zgodnie z polskim prawodawstwem zakład stosujący paliwa alternatywne nawet w ilości 1 % jest traktowany jak współspalarnia odpadów innych niż niebezpieczne. Taka kwalifikacja jest niekorzystna dla zakładu, ponieważ produkty uboczne procesu: lotne popioły i żużel z procesu współspalania, posiadają inne oznaczenia kodowe i zaliczane są do odpadów niebezpiecznych. Powoduje to ograniczenia w dalszym wykorzystaniu tych odpadów, chociaż nie wszystkie stanowią odpady niebezpieczne, a przecież mogłyby być z powodzeniem stosowane w budownictwie (np. drogi, umocnienia skarp). Również niekorzystne są ograniczenia w stosowaniu popiołów lotnych ze współspalania odpadów do wyrobu materiałów budowlanych wynikające z normy „Popiół lotny do betonu” (PN-EN 450: 2006). Zgodnie z normą, udział popiołu w betonie, pochodzącego ze współspalania paliw, nie może przekraczać 10 %, a maksymalny udział odpadów w masie spalanego paliwa 20 %. Gospodarcze wykorzystanie ubocznych produktów współspalania reguluje rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. Nr 49, poz. 356). Aktualna sytuacja wymaga weryfikacji i właściwej kwalifikacji odpadów, zwłaszcza w przypadku elektrowni [14], które współspalają paliwa alternatywne, a powstający w dużych ilościach żużel jest trudny do zagospodarowania, przy istniejących ograniczeniach.

Stosowanie paliw alternatywnych limitują również bariery technologiczne. Zastosowanie paliw zastępczych w obiektach przemysłowych (piece cementowe, wapieniczne, wielki piec czy elektrownie) uwarunkowana jest szeregiem czynników, a jednym z nich jest wartość opałowa, która wpływa na efektywność odzysku ciepła w instalacjach utylizacji odpadów. Chociaż zyski ze sprzedaży energii elektrycznej lub ciepłej produkowanej z odpadów nie są decydującym czynnikiem w bilansie ekonomicznym spalarni, to spalanie odpadów nie może powodować ujemnego bilansu energetycznego wynikającego z ich zbyt niskiej wartości opałowej. Pociąga to za sobą problemy w uzyskaniu wymaganej przepisami temperatury ≥ 850 °C w obrębie komory spalania [29]. Oznacza to, że proces współspalania odpadów powinien być prowadzony w taki sposób, aby temperatura gazów powstających w wyniku spalania, zmierzona w pobliżu wewnętrznej ściany lub w innym reprezentatywnym punkcie komory spalania lub dopalania, wynikającym ze specyfikacji technicznej instalacji, po ostatnim doprowadzeniu powietrza, nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach, utrzymywana była przez co najmniej 2 sekundy na poziomie:

- ≥ 850 °C - dla odpadów zawierających poniżej 1 % związków chlorowcoorganicznych w przeliczeniu na chlor;

– ≥ 1100 °C przy zawartości chloru w odpadach powyżej 1 %.

Tabela 5. Zawartość metali ciężkich w klinkierze produkowanym z użyciem i bez paliw alternatywnych

Metal Ppm	Klinkier otrzymany w procesie produkcji		
	bez udziału paliw alternatywnych	przy współspalaniu paliwa PASr	przy współspalaniu paliwa PASi
As	73	81	77
C	42	43	44
Zn	57	187	62
Cd	3	4	3
Pb	< 10	< 10	< 10
Co	8	8	5
Ni	20	20	19
V	40	36	32
Cu	11	21	55
Be	0,5	0,5	0,5
Mo	< 3	< 3	5
Ti	< 30	< 30	< 30
Hg	3	2	2
Mn	131	153	137

Źródło: [13]

Innym ograniczeniem w stosowaniu paliw alternatywnych w instalacjach przemysłowych, zwłaszcza w przemyśle cementowym, jest jakość produktu końcowego procesu spalania paliw (popiołu). Popiół pochodzący ze współspalania paliw alternatywnych ulega całkowitej absorpcji w klinkierze, co powoduje konieczność uwzględnienia jego składu jako składnika „surowcowego” decydującego o składzie chemicznym i fazowym klinkieru. Dlatego popiół nie może zawierać metali ciężkich o bardzo niskiej lotności, tj. Cr, Cu, Zn, Pb czy Ni, które w dużej mierze ulegają immobilizacji w strukturach krystalicznych klinkieru, obniżając wytrzymałość cementu. Również niepożądana w popiele jest nadmierna obecność cynku (ze spalania opon samochodowych), którego obecność w klinkierze powoduje pogorszenie wytrzymałości i istotne wydłużenie czasu wiązania cementu. Obniżenie reaktywności wczesnej cementu może być również spowodowane zwiększoną obecnością w popiele P_2O_5 , pochodzącego ze spalanej mączki zwierzęcej. Dlatego spalając paliwo alternatywne należy każdorazowo ocenić próg bezpieczeństwa technologicznego, określony ilością w nadawie pierwiastków mogących zakłócać przebieg procesu lub wpłynąć w sposób niepożądany na jakość wyrobów.

Możliwość zastosowania określonego rodzaju paliwa alternatywnego w przemyśle limitowane jest również dopuszczalną zawartością związków chloroorganicznych. Zbyt dużo związków chloru w paliwie może prowadzić do syntezy diokyn, czego można uniknąć, stosując paliwo o wysokiej jakości (tabela 5). Problem zanieczyszczenia paliw alternatywnych związkami chloru jest szczególnie istotny w przypadku pieców cementowych, ponieważ powstający w spalaniu chlor reaguje z metalami alkalicznymi surowca (sodem i potasem), a powstające sole odparowują w temperaturze pieca i zostają uniesione z gazami. W czasie ochładzania się gazów chlorki kondensują na ścianach wymienników, tworząc narosty (korozja wymurówki)

[10]. W przemyśle energetycznym, z tego powodu, dochodzi do korozji instalacji. Spalanie paliw zawierających chlorowce wymaga temperatury spalania co najmniej 1200 °C i czasu przebywania w komorze spalania - 2 s, i minimalnej zawartości tlenu w gazach odlotowych 3 %. W przypadku paliw zawierających polichlorowane bifenole (PCB) analogiczne parametry wynoszą: temperatura spalania - 1600°C, czas - 1,5 s, zawartość tlenu 2 % [10, 28, 30].

Przedsiębiorstwo prowadzące proces współspalania ma obowiązek prowadzenia pomiarów emisji (Dz.U. Nr 283, poz. 2842). Instalacje spalania paliw o mocy powyżej 50 MW podlegają obowiązkowi uzyskania pozwolenia zintegrowanego. Instalacje do spalania paliw alternatywnych powinny posiadać system ciągłego monitoringu emisji pyłów, SO₂, NO_x (w przeliczeniu na NO₂), CO, O₂, a ponadto temperatury i wilgotności bezwzględnej spalin [30]. W wypadku przekroczenia 1 % odpadów niebezpiecznych w paliwie wymagany jest rozszerzony monitoring emisyjny, który poza ww. parametrami obejmuje również pomiary ciągłe całkowitego węgla organicznego (TOC), HCl, HF, prędkości przepływu spalin lub ich ciśnienia dynamicznego, ciśnienia statycznego spalin, oraz pomiary okresowe: rtęci, kadmu i talu oraz sumy metali ciężkich: Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, As, Sb, V, Co, Sn, a także dioksyn i furanów. Standardy emisyjne wyznaczone w rozporządzeniu w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U. Nr 260, poz. 2181) są często trudne do spełnienia w przypadku już istniejących instalacji energetycznych, szczególnie w zakresie SO₂ i NO_x. Problemu z utrzymaniem poziomu emisji zgodnego ze standardami nie mają natomiast nowe zakłady energetyczne (nowe instalacje) oraz cementownie.

PODSUMOWANIE

Wyselekcjonowane odpady przemysłowe oraz komunalne stanowią potencjalne źródło zasobów energetycznych, które mogą być wykorzystane bezpośrednio lub po wstępnym przetworzeniu. Rozwój technologii produkcji paliw alternatywnych pozwala na wytwarzanie paliw wysokiej jakości, które mogą być współspalane w istniejących systemach produkcyjnych, głównie w piecach cementowych. Współspalanie paliw zastępczych w istniejących instalacjach przynosi znaczne korzyści ekonomiczne i ekologiczne poprzez:

- zwiększenie przychodów w związku z niższą ceną paliw z odpadów w porównaniu z paliwami kopalnianymi;
- obniżenie raportowanej emisji CO₂ (zaoszczędzenie limitów emisji CO₂ przyznanych dla danego sektora produkcyjnego);
- zwiększenie poziomu odzysku odpadów.

Wykorzystanie przetworzonych odpadów jako paliwa alternatywnego w procesach współspalania powoduje zmniejszenie ilości zużycia paliw naturalnych, ograniczenie ilości odpadów deponowanych na składowiskach, a także zmniejszenie ilości emisji gazów do atmosfery, które byłyby emitowane podczas spalania nieprzetworzonych odpadów w spalarniach. Przy rosnących cenach paliw pierwotnych, energia pozyskana z odpadów jest bardzo atrakcyjną alternatywą dla przemysłu, a ograniczenie ilości deponowanych odpadów na lokalnych składowiskach wpływa korzystnie na stan środowiska, które powinniśmy zachować w dobrym stanie dla przyszłych pokoleń.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 27.09.2001 r. w sprawie katalogu odpadów, Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206.
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 4.08.2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz.U. 2003 nr 163, poz. 1584.
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 31.10.2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcanie, Dz. U. 2003 nr 192 poz. 1877.
- [4] Dreszer K., Sobolewski A., Wasielewski R., *Uwarunkowania dla wytwarzania i wykorzystania paliw alternatywnych w Polsce* [w:] *Zrównoważone wykorzystanie zasobów w Europie - surowce z odpadów*, Wydawnictwo IGSMiE, PAN, Kraków 2007, s. 19-27.
- [5] Ustawa z 27.04.2001 r. o odpadach, tekst jednolity, Dz.U. 2010, nr 185, poz. 1243.
- [6] Nikodem W., *Spójność gospodarki energetycznej z gospodarką odpadami w gminie - paliwa formowane*, [w:] „Energetyka i ekologia”, listopad 2006, s. 855-861.
- [7] Szpadt R., Sebastian M., *Standaryzacja jakości paliw z odpadów*, [w:] „Ochrona Środowiska”, 25/2003, s. 31-38.
- [8] Sobolewski A., Wasilewski R., Dreszer K., Stelmach S., *Technologie otrzymywania i kierunki zastosowań paliw alternatywnych otrzymanych z odpadów*, [w:] „Przemysł Chemiczny”, 85/2006, s. 1080-1084.
- [9] Sobolewski A., Wasilewski R., Stelmach S., *Wykorzystanie stałych paliw wtórnych w energetyce*, [w:] „Polityka Energetyczna”, 10/2007, s. 379-389.
- [10] Niesler M., Stecko J., *Ocena możliwości utylizacji odpadów tworzyw sztucznych w wielkich piecach*, [w:] „Hutnik-Wiadomości Hutnicze”, 2/2000, s. 78-85.
- [11] Sobolewski A., Wasilewski R., *Zagospodarowanie odpadowych tworzyw sztucznych w procesie wielkopieczowym*, [w:] „Chemik- Nauka, Technika, Rynek”, 4/2006, s. 221-225.
- [12] *Informator Stowarzyszenia Producentów Cementu - Polish Cement Association.*
- [13] Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., Sarna M., *Use of alternative fuels in the Polish cement industry*, [w:] “Applied Energy”, 74/2003, s. 101-111.
- [14] Bilitewski B., Härdtle G., Marek K., *Poradnik gospodarki odpadami, Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Seidel - Przywecki, Warszawa 2003.
- [15] Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., *Możliwości wykorzystania odpadów komunalnych jako paliw alternatywnych*, Ustronie Morskie, 2001, s. 207-216.
- [16] *CEMBUREAU - the European Cement Association, Alternative fuels In cement manufacture*, Brussels: Cembureau, 1999.
- [17] Srogi K., *Paliwa alternatywne z odpadów w przemyśle cementowym*, [w:] „Przeгляд Komunalny”, 5/2006, s. 40-41.
- [18] *Specyfikacja techniczna CEN/TS 15359:2006 Solid recovered fuels - specification and classes*, British Standards Institution, 2006.

- [19] Tora B., Wasilewski R., *Bariery stosowania paliw alternatywnych w energetyce, Czysta energia - Czyste środowisko 2008*, Małopolsko-podkarpacki klaster czystej energii, s. 465-472.
- [20] Coru J., *Program SUWO dotyczący produkcji paliw alternatywnych w Wierzbicy, V seminarium paliwa alternatywne w przemyśle Cementowym*, Kamień Śląski, 1999, s. 42-49.
- [21] Czajka K., Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., *Paliwa alternatywne jako niekonwencjonalne źródła energii*, XIII Konferencja z cyklu: Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej „Funkcjonowanie kompleksu paliwowo-energetycznego w świetle Prawa Energetycznego oraz nowych przepisów ochrony środowiska”, Zakopane, 1999, s. 1-9.
- [22] Sarna M., Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., *Paliwa alternatywne z odpadów dla cementowni - doświadczenia Lafarge Cement Polska S.A.*, [w] Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, 21, Koszalin 2003, s. 309-316.
- [23] *Paliwa z odpadów*, pod. red. Wandrasza J.W. i Nadziakiewicza J., Gliwice 1999.
- [24] [online] [dostęp: 10.12.2010]. Dostępny w Internecie: http://www.visno.nl/pages/%20UK1.1/visnoicopower_specs_uk_a.htm
- [25] Ulewicz M., Siwka J., *Procesy odzysku i recyklingu wybranych materiałów*, Wydawnictwo P.Cz., Częstochowa, 2010.
- [26] [online] [dostęp: 10.12.2010]. Dostępny w Internecie: <http://pl.tuzal.pl/produkt-30,metodaortwed.html>
- [27] Stawicki B., Stawicka A., *Generowanie energii odpadów powstających przy przerobieniu makulatury - produkcja paliw wtórnych*, [w:] „Przegląd Papierniczy”, 63, 2007, s. 121-125.
- [28] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 20.12.2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz. U. 2005, nr 260, poz. 2181.
- [29] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 21.03.2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów, Dz. U. 2002, nr 37, poz. 339 z późn. zm.
- [30] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 23.12.2004 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji, Dz. U. z 30.12.2004 r. nr 283 poz. 2842.

APPLICATION OF ALTERNATIVE FUELS – ECOLOGICAL BENEFITS

Summary

Fuels made from municipal and industrial waste, called alternative fuels, have been used in numerous countries for over 20 years. Alternative fuels are known to be made up of mixtures of different flammable waste, which can be solid or liquid. There are a number of wastes that can be incinerated as fuel: selected combustible fractions of municipal wastes, waste products

derived from paint and varnish production, liquid crude-oil derived wastes, car tyres and others. These fuels should fall within the extreme values of parameters such as: minimum heating value, maximum humidity content, maximum content of heavy and toxic metals. There are a number of countries that use their own alternative fuels, which have different trade names, differ in the amounts and the quality of the selected municipal and industrial waste fractions, in order to ensure the better use of the chemical energy contained in waste. In Poland, there are different plants that also use alternative fuels, for instance cement plants have initiated activities directed at promoting the wider use of alternative fuels. The experience gained by the cement plants confirms that such activities are economically and ecologically beneficial. The incineration of alternative fuels is a safe method of waste utilisation.

Key words: *alternative fuels, industrial waste utilisation, municipal waste utilisation*

Artykuł recenzował: prof. dr hab. inż. Jerzy ZWOŹDZIAK