

# Przygotowanie odpadów komunalnych do ich energetycznego wykorzystania – paliwo typu SRF

Preparation of the selected groups of waste their energy use - fuel from waste type SRF

mgr Przemysław Pawłowski, mgr inż. Maria Bałazińska, dr inż. Karina Ignasiak,  
dr inż. Jolanta Robak

Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, ul. Zamkowa 1, 41-803 Zabrze, e-mail: ppawlowski@ichpw.pl



## W KILKU SŁOWACH

Energetyczne wykorzystanie odpadów może przynieść wiele korzyści środowiskowych przy dodatnim efekcie finansowym. Głównymi wyzwaniami technologicznymi, związanymi z przeróbką odpadów na paliwo, są: odseparowanie frakcji niepalnych oraz wysoko chlorowanych, rozdrobnienie oraz homogenizacja. Wytworzone paliwo powinno charakteryzować się parametrami spełniającymi kryteria ustanowione przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN). Technologia energetycznego wykorzystania paliwa typu SRF (Solid Recovered Fuel) determinuje wymogi dotyczące właściwości fizykochemicznych oraz użytkowych paliwa, a tym samym decyduje o wyborze technologii jego przygotowania.

## Wprowadzenie

Priorytety związane z postępowaniem z odpadami reguluje hierarchia ustanowiona Dyrektywą 2008/98/WE w sprawie odpadów [1], która została zaimplementowana do polskiego prawa w zapisach rozdziału 2 Ustawy o odpadach [2]. Zgodnie ze wspomnianą hierarchią, nadrzędnym celem powinno być zapobieganie powstawaniu odpadów, a jeśli nie jest to możliwe - przygotowanie ich do ponownego użycia. Przygotowane do ponownego użycia odpady należy skierować do recyklingu lub kolejno do innych metod odzysku. Sposoby zagospodarowania odpadów, począwszy od ich przygotowa-



## SUMMARY

Energy use of recovered fuels can bring many environmental benefits with a positive financial result. The main technological issues associated with the conversion of waste into the fuel is adequate separation of non-combustible and highly chlorinated fraction as well as their fineness and homogenization. Produced fuel should be characterized by the parameters that meet the regulatory requirements of the European Committee for Standardization (CEN). The technology of energy use of solid recovered fuel (SRF) determines the requirements of physicochemical properties and utilization of the fuel, thus determines the choice of technology of their preparation.

nia do ponownego użycia i recyklingu, a skończywszy na innych metodach odzysku, ujęte są w wykazie procesów odzysku, stanowiącym załącznik 1 do wyżej wymienionej Ustawy. Odzyskiwanie wybranych frakcji odpadów komunalnych poprzez wymienione metody wpisuje się w wypełnianie polskich zobowiązań w zakresie uzyskania odpowiednich poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia oraz odzysku innymi metodami.

Jeśli żadna z metod odzysku nie znajduje zastosowania dla wybranych odpadów, pozostaje ich zagospodarowanie metodą unieszkodliwiania. Przykładem unieszkodliwiania jest składowanie odpadów na składowisku, określane

mianem procesu D1. Jednak obok składowania znaleźć można jeszcze wiele innych form tych procesów. W sumie w załączniku 2 do Ustawy o odpadach ustawodawca wymienił 15 procesów unieszkodliwiania.

Duża grupa odpadów nienadających się do ponownego użycia lub recyklingu, charakteryzuje się dobrymi właściwościami palnymi. Nie wykorzystanie zgromadzonych w nich zasobów energii byłoby nierozsądne – odpady takie kierowane są bezpośrednio lub po odpowiednim przygotowaniu do wykorzystania energetycznego, rozumianego jako inny niż recykling proces odzysku i wchodzącego w zakres procesu R1 „Wykorzystanie głównie jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii” (wg załącznika 1 do Ustawy o odpadach [2]).

Odpady o korzystnych walorach energetycznych, kwalifikujących je do wykorzystania energetycznego, mogą być spalane w instalacjach termicznego przekształcania odpadów lub jako paliwo typu RDF (Refuse Derived Fuel)/SRF spalane lub współspalane z paliwami kopalnymi. Ponieważ jednak paliwa typu RDF/SRF zgodnie z obowiązującym prawem nadal zaliczane są do odpadów o kodzie 19 10 12 [3], ich spalanie – poza instalacjami termicznego przekształcania odpadów – realnie możliwe jest jedynie w piecach cementowniczych.

Procesy wstępne poprzedzające energetyczne wykorzystanie odpadów, obejmujące między innymi sortowanie, rozdrabnianie, suszenie, zagęszczanie i mieszanie, wchodzą w zakres procesu R12 „Wymiana odpadów w celu poddania ich któremukolwiek z procesów wymienionych powyżej w pozycjach R1-R11” (wg załącznika 1 do Ustawy o odpadach [2]). Przedstawiona prac poświęcona jest zagadnieniom związanym z przekształcaniem odpadów komunalnych w paliwo typu SRF.

## Gospodarka odpadami komunalnymi oraz paliwami z odpadów

Rokrocznie w Polsce zbieranych jest około 11 mln ton odpadów komunalnych. Średnio na mieszkańca Polski w 2014 r. zebrano 268 kg odpadów komunalnych [4]. Metodologia zbierania i interpretacji danych GUS zakłada, że - ze względu na objęcie od 1.07.2013 roku wszyst-

kich właścicieli nieruchomości gminnymi systemami gospodarowania odpadami - ilość odpadów zebranych odpowiada ilości odpadów wytworzonych. Porównanie wyżej pokazanych wskaźników z wskaźnikami europejskimi (średnia europejska dotycząca wytworzonych odpadów komunalnych na jednego mieszkańca w tym roku wyniosła 475 kg [5]) i świadomość stale rosnącej konsumpcji, a więc i towarzyszącej jej ilości odpadów wskazuje, że dane dotyczące zebranych odpadów nie są jednak jednoznaczne z poziomem ich wytworzenia. Należy mieć świadomość, że generowana ilość odpadów komunalnych jest wyższa, niż wskazują na to statystyki GUS, co narzuca konieczność racjonalnego gospodarowania nimi.

Krajowy system gospodarowania odpadami komunalnymi opiera się na tzw. „regionach”, definiowanych jako obszar sąsiadujących ze sobą gmin liczących łącznie minimum 150 tys. mieszkańców, lub jedna gmina o liczbie mieszkańców powyżej 500 tysięcy [2]. Dla regionów gospodarki odpadami przyporządkowuje się Regionalne Instalacje Przetwarzania Odpadów Komunalnych (RIPOK) oraz instalacje zastępcze na wypadek, gdy regionalne instalacje z jakichś przyczyn nie mogłyby przyjmować odpadów. Ponadto, jeśli na określonym obszarze znajduje się spalarnia odpadów komunalnych, wówczas wojewódzki plan gospodarki odpadami może ją wskazać jako instalację ponadregionalną, mogącą przetwarzać odpady pochodzące z więcej niż jednego regionu gospodarki odpadami.

Zgodnie z definicją instalacji regionalnej (art. 35, ust. 6 Ustawy o odpadach) może nią być np. składowisko, kompostownia, ale również instalacja mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP), która stanowi typową formę instalacji regionalnej. Zależnie od przyjętych rozwiązań technologicznych, wyróżnia się dwa typy takiej instalacji, tj. klasyczna MBP oraz MBS (instalacja mechaniczno-biologicznego suszenia). Uogólniony schemat przepływu strumieni dla obydwóch typów instalacji przedstawiono na rys. 1.

Do regionalnej instalacji w postaci MBP/MBS kierowane są zmieszane odpady komunalne, z których odzyskiwane są frakcje możliwe do dalszego wykorzystania (między innymi: papier, metale, tworzywa sztuczne, szkło, substancje







- INDUSTRIAL GAS FURNACES AND BURNERS,
- POURING AND BOTTOM POURING LADLE PREHEATING UNITS
- INCINERATORS AND THERMAL OXIDIZERS.

APGAZ Co. Ltd.,  
INDUSTRIAL GAS TECHNOLOGIES  
62-002 Suchy Las, ul. Sprzeczna 27 Poland  
apgaz@apgaz.pl, +48 61 8720056

www.apgaz.pl

## PIECOBUD



Przedsiębiorstwo PIECOBUD z siedzibą w Płocku od 25 lat świadczy szeroki wachlarz usług zarówno w zakresie inwestycji jak i remontów branży budownictwa ogniotrwałego oraz izolacji termicznych pieców i kotłów przemysłowych w każdej gałęzi przemysłu na terenie całego kraju oraz poza jego granicami.

PIECOBUD oferuje:

- ☑ Projektowanie,
- ☑ Dobór oraz dostawę niezbędnych materiałów
- ☑ Wykonawstwo,
- ☑ Nadzór nad realizacją projektu,
- ☑ Wygrzewanie,
- ☑ Prace serwisowe.

PIECOBUD to:

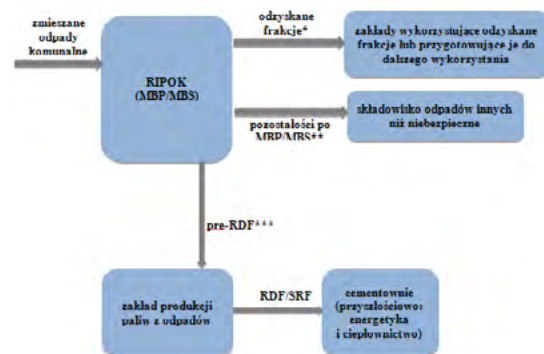
- ☑ Solidne partnerstwo,
- ☑ Dyspozycyjność,
- ☑ Dbalność o bezpieczeństwo,
- ☑ Jakość,
- ☑ Najwyższej klasy specjaliści.



Zapraszamy do współpracy!

PIECOBUD  
09-411 Płock, ul. Zglenickiego 52 c

www.piecobud.com  
e-mail: info@piecobud.com  
tel. 24 366 04 40



\* papier, metale, tworzywa sztuczne, szkło, ale również kompost  
\*\* w przypadku klasycznej instalacji MBP- odpady wytwarzane w procesie biologicznej stabilizacji, m.in. stabilizat;  
w przypadku MBS - odpady wytwarzane w procesie biosuszenia m.in. balast  
\*\*\*w rzadkich przypadkach bezpośrednio z RIPOK wytwarzane są RDF/SRF.  
Rys.1. Główne strumienie surowców z typowej instalacji regionalnej (MBP/MBS)

organiczne – np. kompost) oraz frakcja nadsitowa, paliwowa, będąca odpadem o kodzie 19 12 12 (tzw pre-RDF) lub 19 12 10 (RDF). Szacuje się, że frakcja paliwowa stanowi ok. 30 – 40 % całkowitej masy strumienia odpadów kierowanych do instalacji MBP/MPS [6].

Pre-RDF z instalacji MBP/MBS przekazywane jest do zakładu produkcji paliw z odpadów, gdzie komponowane są paliwa typu RDF/SRF zgodnie z wymaganiami odbiorców. W rzadkich przypadkach można spotkać instalacje RIPOK bezpośrednio produkujące paliwo RDF/SRF. Do zakładów produkcji paliw z odpadów kierowane są, poza frakcją pre-RDF, palne odpady przemysłowe, z tego względu dysponują one większymi możliwościami komponowania paliw o odpowiednich walorach użytkowych. Paliwa typu RDF (Refuse Derived Fuels) definiowane są jako paliwa z odpadów komunalnych, natomiast SRF (Solid Recovered Fuels) są to – zgodnie z normą EN-15359:2005 i normą PN-EN 15357:2015 – paliwa o unormowanych właściwościach jakościowych (np. wartość opałowa, zawartość chloru, zawartość rtęci) wytworzone z odpadów innych niż niebezpieczne, wykorzystywane jako źródło energii w procesach spalania lub współspalania odpadów.

Aktualnie w Polsce jedynymi odbiorcami RDF/SRF są cementownie, jednak coraz częściej kolejne ciepłownie, rzadziej elektrociepłownie, informują o planowanej budowie lub dostosowaniu obecnego układu

technologicznego do spalania/współspalania paliw z odpadów.

### SRF - klasyfikacja i wymagania jakościowe

Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) opracował system klasyfikacji SRF, który ujęty jest w normie PN-EN 15359:2012 „Stałe paliwa wtórne – Wymagania techniczne i klasy”. Klasyfikacja opiera się na trzech parametrach: wartości opałowej, zawartości chloru oraz zawartości rtęci. Do każdego z tych parametrów przyporządkowano 5 klas, określając dla każdej z nich odpowiadający im zakres wartości (Tabela 1). Kombinacja numerów klas dla parametrów tworzy kod paliwa, przy czym wszystkie parametry będące podstawą klasyfikacji są równorzędne.

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

Tabela 1. Klasyfikacja SRF według PN-EN 15359:2012

Opracowany system klasyfikacji paliwa typu SRF miał za zadanie szczegółowe scharakteryzowanie jego właściwości, ułatwiające dobór paliwa dla konkretnych warunków jego energetycznego wykorzystania oraz obrót handlowy. W rzeczywistości jednak główne parametry, które je określają, mogą być niewystarczające dla wszystkich potencjalnych odbiorców, wydają się natomiast być dobrane specjalnie dla przemysłu cementowego, będącego aktualnie jego głównym odbiorcą.

Podstawowym walorem użytkowym wszel-

kich paliw jest ich wartość opałowa. Mieszanka paliwowa kierowana do pieca cementowego charakteryzuje się energią chemiczną na stałym poziomie. Kierując do pieca SRF o wyższej wartości opałowej, można zastąpić w większym udziale paliwo podstawowe, jakim jest zdecydowanie droższy węgiel kamienny. Oczywiście występuje również pewne minimum technologiczne dla udziału węgla w mieszance, jednak do wyznaczonej granicy wzrost udziału SRF w mieszance jest pożądanym.

Kolejnymi parametrami ujętymi w klasyfikacji paliwa typu SRF są zawartość chloru i rtęci. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu [7] określa wymagania m.in. dla współspalania paliw typu SRF, będących nadal z prawnego punktu widzenia odpadem. W piecu cementowym temperatura w strefie spiekania sięga 2000°C, a czas przebywania gazów w temperaturze nie niższej, niż 1200°C wynosi ok. 10 s [8]. Zatem dotrzymanie zaostrzonych dla odpadów niebezpiecznych wymagań w/w Rozporządzenia, dotyczących temperatury spalin (nie niższej niż 1100°C) i czasu ich przebywania w tej strefie temperaturowej (minimum 2 s) dla cementowni nie stanowi problemu. Jednocześnie jednak cementownie zobowiązane są do dotrzymania odpowiednich standardów emisyjnych, regulowanych Rozporządzeniem 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 [9]. Ponieważ poziom emisji szkodliwych związków chloru i rtęci zależy jednak przede wszystkim od zawartości tych pierwiastków w paliwie, informacja o nim jest również pożądana.

Jak wspomniano wyżej, głównym odbiorcą paliwa typu SRF w warunkach krajowych jest jak dotychczas przemysł cementowy. Zakaz składowania odpadów komunalnych o ciepłej spalania powyżej 6 MJ/kg, wprowadzony w życie z dniem 1 stycznia 2016 r., zwiększył nacisk na wykorzystanie tego typu paliwa również w innych sektorach gospodarki. Spodziewane

Literatura:  
1. Dyrektywa 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy (Dz. Urz. UE L 312 z 22.11.2008 r.)  
2. Ustawa o odpadach z dn. 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013, poz. 21)  
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 9 grudnia 2014 w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2014, poz. 1923)  
4. Ochrona środowiska 2015, http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2015,1,16.html (dostęp 5.10.2016)  
5. Municipal waste statistics, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\_waste\_statistics (dostęp 5.10.2016)  
6. Wielgosiński G., Namiecińska O., Spalarnie odpadów, komunalnych – perspektywa roku 2020, Nowa Energia, 2 (2016), s. 11-20, http://www.cire.pl/pliki/2/13888artgrzegorzwielosinski.pdf (dostęp 5.10.2016)  
7. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu (Dz.U.2016, poz.108)  
8. Przemysł cementowy w Polsce, Materiał informacyjny Stowarzyszenia Producentów Cementu, http://www.lafarge.pl/Paliwa\_alternatywne\_ulotka\_Stowarzyszenia\_Producentow\_cementu.pdf (dostęp 5.10.2016)  
9. 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)  
10. Nasrullah M., Vainikka P., Hannula J., Hurme M., Oinas P. Elemental balance of SRF production process: solid recovered fuel produced from municipal solid waste. Waste Management & Research, t. 34, 1 (2015), s. 38-46, DOI: 10.1177/0734242X15615697, https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/18948/article6.pdf?sequence=5 (dostęp 5.10.2016)  
11. Iluk T., Sobolewski A., Szul M., Zgazowanie w skali pilotowej stałych palnych odpadów komunalnych, biomasy oraz osadów ściekowych w generatorze gazu ze złożem stałym, Przemysł Chemiczny, t. 98, 8 (2016), s.1634-1640  
12. Nowak M., Szul M., Possibilities for application of alternative fuels in Poland, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, t. 18, 1 (2016), s. 33-44  
13. Wzorek M., Król A., Ocena jako-





jest pojawienie się na rynku odbiorców paliwa typu SRF elektrociepłowni i ciepłowni. Zakłady te zobowiązane są do spełnienia wymagań zawartych w tych samych aktach prawnych, którym podlegają cementownie, jednak w ich przypadku dopuszczalne poziomy emisji są inne. Ze względu na temperaturę spalania w kotłach, oscylującą w zakresie 850-1500°C, wymagany jest niższy poziom zawartości chloru w paliwie SRF, niż jest to tolerowane dla cementowni. Również, z powodów eksploatacyjnych, wymagany poziom wartości opałowej tego typu paliwa dla energetyki jest niższy, niż w przypadku cementowni.

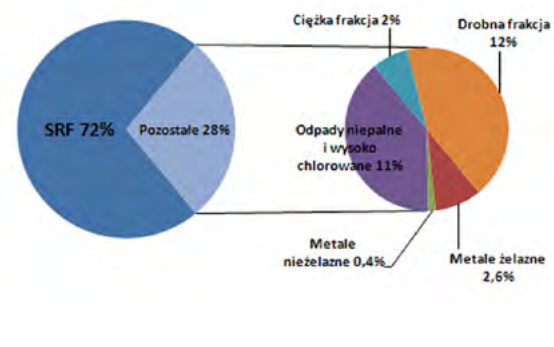
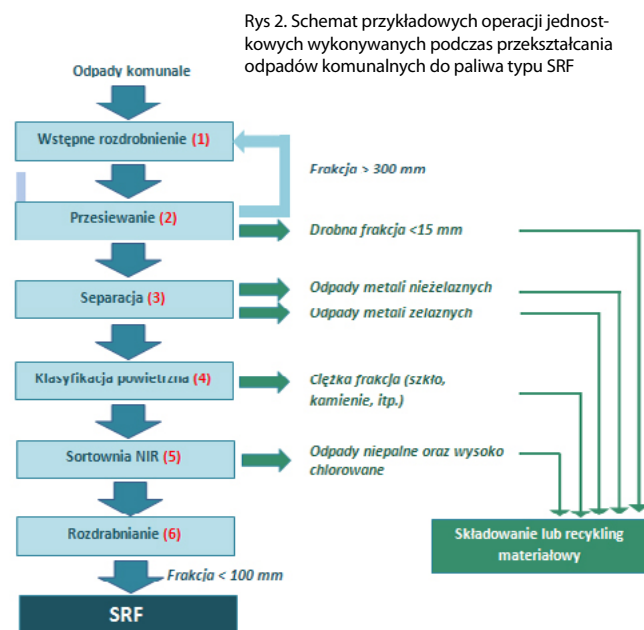
**Technologia produkcji paliwa typu SRF**

Technologia przerobu odpadów do paliwa typu SRF jest procesem złożonym i wymaga wielu operacji jednostkowych (rys. 2). Proces konwersji odpadów do paliwa powinien charakteryzować się dużą efektywnością uzysku frakcji palnych oraz maksymalnym stopniem separacji odpadów niepalnych bądź wysoko chlorowanych w celu otrzymania paliwa o odpowiednich właściwościach jakościowych oraz walorach użytkowych.

W pierwszym etapie przerobu odpadów surowiec poddawany jest procesowi wstępnego rozdrobnienia (1) do frakcji o średnim rozmiarze <300 mm. Tak przygotowane odpady przesiewa się (2) w celu odseparowania

nadziarna, które jest z powrotem zawracane do procesu wstępnego rozdrabniania surowca, oraz drobnej frakcji (podziarna), która docelowo będzie kierowana na składowisko odpadów. W kolejnym etapie strumień odpadów o odpowiednim rozkładzie uziarnienia trafia do separatora magnetycznego oraz separatora prądów wirowych (3) w celu oddzielenia odpadów żelaznych oraz nieżelaznych. Frakcja odpadów pozbawiona wtrąceń żelaznych oraz nieżelaznych kierowana jest do separatora powietrznego (4) w celu rozdziału odpadów lekkich (typu papier i tektura, tworzywa sztuczne, tkaniny, pianki, drewno itp.) od ciężkich. Lekka frakcja odpadów kierowana jest do sortowni wyposażonej np. w czujniki bliskiej podczerwieni NIR (5) w celu separacji frakcji niepalnych oraz wysoko chlorowanych (typu PCV). W ostatnim etapie przetwarzania odpadów następuje ponowne ich rozdrabnianie (6) w celu uzyskania frakcji o średnim uziarnieniu 80-100 mm, a następnie - w zależności od preferencji odbiorcy - paliwo typu SRF jest wysyłane w postaci sypkiej bądź w foliowanych belach.

Przykładowy bilans masowy technologii wytwarzania paliwa typu SRF z odpadów komunalnych z uwzględnieniem poszczególnych frakcji odpadów uzyskanych w kolejnych procesach jednostkowych przedstawiono na rysunku 3 [10]. Wielkość uzysku poszczególnych frakcji zależy zarówno od składu i źródła pochodzenia odpadów komunalnych, jak i efektywności oraz doboru urządzeń i maszyn w poszczególnych węzłach ciągu technologicznego. Odseparowane podczas poszczególnych procesów jednostkowych odpady poddawane



Rys. 3. Przykładowy bilans masowy technologii wytwarzania paliwa typu SRF z odpadów komunalnych z podziałem na poszczególne strumienie procesowe [10]

są procesowi unieszkodliwiania (składowania) bądź recyklingu (ukierunkowanym na odzysk materiałowy). Uzyskany strumień SRF stanowi potencjalne paliwo, które musi zostać odpowiednio przygotowane w zależności od wymogów technologii energetycznego odzysku energii.

Właściwości fizykochemiczne wytworzonych paliw typu SRF zależą głównie od rodzaju odpadów z jakich zostały wytworzone. Zakres literaturowych właściwości fizykochemicznych paliw typu SRF przedstawiono w tabeli 3 [11-14].

Parametr	J.m.	Paliwo SRF
Wartość opałowa	MJ/kg	9,15 – 35,16
Zawartość wilgoci całkowitej	%	1,7 – 30,45
Zawartość popiołu	%	3,98 – 24,3
Zawartość chloru	%	0,23 – 1,43
Zawartość rtęci	mg/kg	0,03 – 0,45
Zawartość siarki	%	0,10 – 0,95

Tabela 3. Właściwości paliw typu SRF [11-14]

**Przygotowanie paliwa typu SRF do energetycznego wykorzystania**

Energetyczny odzysk energii z SRF może być realizowany w procesie bezpośredniego współspalania (kotły rusztowe, fluidalne bądź pyłowe), pośredniego współspalania (kotły z reaktorem zgazowania i kotły z przedpaleniskiem), spalania (kotły z rusztem mechanicznym i kotły fluidalne) oraz zgazowania (reaktor do zgazowania ze złożem stałym bądź fluidalnym). Każda z wymienionych technologii energetycznego wykorzystania paliwa typu SRF stawia indywidualne wymagania dotyczące przygotowania surowca w celu nadania mu odpowiednich właściwości użytkowych, takich jak wartość opałowa, rozkład uziarnienia czy homogeniczność.

Polecana granulacja paliwa w kotłach z rusztem mechanicznym mieści się w granicach 0÷25 mm, przy czym wskazane jest, by frakcja 0÷2 mm stanowiła nie więcej, niż 25% całkowitego strumienia paliwa. W przypadku kotłów rusztowych istotnym jest również odpowiednia wartość opałowa paliwa, co wynika

z limitowanej odporności rusztów na działanie wysokiej temperatury. Przygotowanie paliwa typu SRF dla tego typu kotłów wymaga więc jego rozdrobnienia zgodnie z przedstawionymi wyżej wymaganiami oraz utrzymania jego wartości opałowej i homogeniczności tak samego paliwa, jak i mieszanki z węglem na poziomie zapobiegającym miejscowym przegrzaniom rusztu [15].

Najmniejsze wymagania pod względem odpowiedniego rozdrobnienia paliwa stawia technologia współspalania odpadów w kotłach fluidalnych [16]. Optymalnie przygotowany SRF dla tej technologii powinien charakteryzować się ziarnem o rozmiarze poniżej 50 mm.

W przypadku współspalania SRF z paliwami kopalnymi w kotle pyłowym istotnym etapem przygotowania SRF jest jego głębokie rozdrobnienie. Stopień rozdrobnienia SRF zależy od wymogów palnika gdyż istnieje możliwość spalania SRF przy użyciu palników dedykowanych dla paliw kopalnych bądź w niezależnych palnikach dostosowanych do spalania SRF. Klasyczne palniki w kotłach pyłowych wymagają rozdrobnienia paliwa do uziarnienia poniżej 200 µm, przy czym 60-70% paliwa powinna stanowić frakcja 200-90 µm [17].

Odpowiednie wymogi pod względem rozdrobnienia paliwa dla procesu zgazowania w zależności od typu gazogeneratora przedstawiono w tabeli 4. [18].

Typ reaktora zgazowania	Złoże stałe współprądowe	Złoże stałe przeciwprądowe	Złoże fluidalne BFB	Złoże fluidalne CFB
Uziarnienie paliwa [mm]	20-100 (preferowane pelety z SRF)	5-100 (preferowane pelety z SRF)	<30	<10

Tabela 4. Wymagania dotyczące uziarnienia paliwa w zależności od reaktora do zgazowania [18]

Z punktu widzenia wydajności i sprawności procesu spalania, największymi możliwościami oraz atrakcyjnością dla sektora energetycznego charakteryzuje się technologia współspalania SRF z paliwami kopalnymi w kotłach pyłowych. Zwykle jednak proces przygotowania SRF do współspalania w paliwami węglowymi wymaga odrębnego węzła przygotowania, gdyż - ze względu na właściwości fizykochemicz-

ści paliw z odpadów stosowanych w procesach współspalania z węglem, Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, t.5, 10 (2012), [http://icimb.pl/opole/images/stories/PDF/prace\\_icimb\\_nr\\_10\\_art\\_35\\_pl.pdf](http://icimb.pl/opole/images/stories/PDF/prace_icimb_nr_10_art_35_pl.pdf) (dostęp 5.10.2016)

14. Burzała B., Paliwa z odpadów - właściwości, <http://eip-online.pl/paliwa-z-odpadow-wlasciwosci/> (dostęp 5.10.2016)

15. Glód K., Hrycko P., Rysiawa M., Współspalanie biomasy i paliw alternatywnych w kotłach rusztowych, IX konferencja naukowo-techniczna „Ochrona środowiska w eksploatacji kotłów rusztowych”, Szczyrk, październik 2007

16. Sobolewski A., Wasielewski R., Stelmach S., Wykorzystanie stałych paliw wtórnych w energetyce, Polityka Energetyczna, t.10, z. specjalny 2 (2007), s. 379-389

17. Zuwała J., Glód K. Analiza wpływu dodatków biomasy na parametry pracy instalacji młynowej kotła OP-650 w Elektrowni Dolna Odra, INSTAL, 11 (2006), s. 8-12

18. Sobolewski A., Ilmurzyńska J., Iluk T., Czapllicki A., Zgazowanie biomasy. Praca zbiorowa pod red. Bocian P., Golec T., Rakowski J.: Nowoczesne technologie pozyskania i energetycznego wykorzystania biomasy. Warszawa, Instytut Energetyki 2010, s. 280-309



ne – paliw typu SRF nie można rozdrabniać w klasycznych młynach oraz rozdrabniaczach dedykowanych paliwom kopalnym. Konieczność rozbudowy instalacji energetycznych wyposażonych w kotły pyłowe o dodatkowy węzeł przygotowania SRF wiąże się z dodatkowymi nakładami inwestycyjnymi oraz podwyższonymi kosztami operacyjnymi.

Biorąc pod uwagę jedynie przygotowanie SRF do współspalania z węglem, korzystniejszym rozwiązaniem, wymagającym niższych nakładów na rozdrobnienie i przygotowanie paliwa przed podaniem do kotła, jest jego spalanie w kotłach rusztowych.

Jak wyżej przedstawiono, każda z technologii energetycznego wykorzystania paliwa typu SRF stawia indywidualne wymagania dotyczące przygotowania jego fizycznej formy: stopnia rozdrobnienia, homogeniczności, formowania poprzez np. peletowanie w celu uzyskania paliwa o odpowiednim zagęszczeniu energii. Różne formy odpadów komunalnych bądź paliw z odpadów przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Odpady komunalne (a), paliwo typu SRF (b), pelety z SRF (c)

Pomimo, iż na rynku są dostępne kompleksowe linie technologiczne do przygotowania odpadów oraz produkcji z nich paliw typu SRF, istnieje nadal szereg problemów technologicznych oraz eksploatacyjnych. Problemy te, spowodowane głównie zanieczyszczeniem materiału wsadowego twardymi wtrąceniami, jak szkło, metale bądź kamienie, mogą doprowadzić do uszkodzenia podzespołów instalacji, jak np. noży w młynach bądź matryc w pelecniarkach. Dalszy rozwój technologii otrzymywania paliw typu SRF ukierunkowany jest więc na coraz precyzyjniejsze i efektywniejsze wydzielenie frakcji nie wchodzących w skład paliwa z całego strumienia odpadów podlegających przeróbce.

## Podsumowanie

Proces przeróbki odpadów komunalnych na paliwo typu SRF rozpoczyna się od etapu wydzielenia frakcji palnej, który decyduje o jakości wytworzonego paliwa. W skład frakcji palnej wchodzi głównie papier, tworzywa sztuczne, odpady tekstylne i drewno. Różnorodność strumienia odpadów kierowanych do przerobu uniemożliwia zastosowanie uniwersalnego systemu przerobu, co determinuje konieczność rozwoju innowacyjnych technologii wytwarzania paliw z odpadów.

Aktualnie rynek na paliwo typu SRF stanowią wyłącznie cementownie. Zakaz składowania odpadów komunalnych o ciepłe spalania powyżej 6 MJ/kg powoduje, że spodziewane jest rozszerzenie grupy odbiorców tego paliwa o sektor energetyczny. Według dostępnych informacji, wiele ciepłowni, rzadziej elektrociepłowni, planuje budowę lub dostosowanie obecnego układu technologicznego do spalania/współspalania paliw z odpadów.

Sygnalizowana możliwość zaniżenia ilości rzeczywiście wytwarzanych w kraju odpadów komunalnych, widoczna nie tylko przy porównaniu średniego wolumenu krajowego i europejskiego, ale również w postaci ciągle istniejących dzikich wysypisk i smogu generowanego w efekcie ich spalania w gospodarstwach domowych, powoduje, że problem efektywnego ekonomicznie i ekologicznie wykorzystania tego strumienia odpadów oraz innych odpadów palnych jest nadal otwarty. Istotnym jest w związku z tym dalsze rozwijanie istniejących oraz nowych technologii przygotowania paliw z odpadów, ukierunkowane na zwiększenie efektywności wyodrębniania ze strumienia odpadów frakcji palnej oraz przygotowywania z niej paliw o formie i właściwościach dostosowanych do potencjalnych ich użytkowników. Zwiększenie ilości pozyskiwanych i wykorzystywanych energetycznie paliw z odpadów (tańszych, niż klasyczne paliwa kopalne) może jednocześnie bezpośrednio przyczynić się do obniżenia cen ciepła, a tym samym wpłynąć na poprawę społecznego odbioru konieczności segregowania i zgodnego z prawem postępowania z odpadami.

# Badania mikronizacji węgla kamiennego w młynie elektromagnetycznym

## Micronization studies of hard coal with use of electromagnetic mill

Tomasz Micorek, Michał Rejda, Jolanta Robak, Grzegorz Różycki  
Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla



### W KILKU SŁOWACH

W pracy przedstawiono wyniki prób mokrego mielenia węgla kamiennego w młynie elektromagnetycznym. Mielenie węgla realizowano w systemie periodycznym, przy różnych uziarnieniach początkowych surowca, różnych koncentracjach węgla w nadawie oraz różnych czasach mielenia. Na podstawie analizy regresji wielokrotnej otrzymanych danych stwierdzono, iż efektywność procesu mielenia węgla w młynie elektromagnetycznym zależy od czasu przebywania cząstek w przestrzeni roboczej młyna oraz udziału fazy stałej w surowcu do procesu.



### SUMMARY

The paper presents the results of the test of wet grinding of coal with use of electromagnetic mill. The tests were carried out in a batch system at different initial grain sizes of raw material, various coal concentrations in the feed and the various milling times. Based on the multiple regression analysis of the obtained data, it can be concluded that the efficiency of coal grinding with use of electromagnetic mill depends on the residence time of the particles in the mill working chamber and a solid phase concentration in the feed directed to the process.

## Wprowadzenie

Mielenie jest kluczową operacją jednostkową w wielu procesach przemysłowych. W świetle obecnych trendów ukierunkowanych na poprawę ekonomiczną i ekologiczną efektywności przemysłu, poszukuje się również nowych, efektywnych metod rozdrabniania węgla. Opierając się na doniesieniach literaturowych [1,2] można stwierdzić, iż jedną z metod poprawy efektywności rozdrabniania surowców – zwłaszcza głębokiego mielenia węgla – może być wykorzystanie młynów elektromagnetycznych.

Kruszenie materiału mielonego w młynach elektromagnetycznych na drobniejsze kawałki do ultra-drobnego włącznie jest efektem różnego rodzaju zderzeń wywołanych poruszającymi się w przestrzeni roboczej młyna mielnikami – prętami ferromagnetycznymi, których rotacja wywołana jest działaniem wirowego pola elektromagnetycznego. W młynie elektromagnetycznym możliwe są zderzenia pomiędzy mielnikami a kawałkami materiału mielonego, mielnikami a ścianą komory roboczej oraz pomiędzy kawałkami mielonego materiału – przykładowe schematy występujących zderzeń po-