



# Stałe paliwo wtórne (SRF) – ekologiczne źródło energii

Solid recovered fuels (SRF) - environmental energy source

mgr Ewelina KIREJCZYK

Autorka jest pracownikiem Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, tel. 77 456 32 01 wew. 320, e-mail: e.kirejczyk@icimb.pl



## W KILKU SŁOWACH

*W artykule poruszono możliwość wykorzystania energii zawartej w odpadach. Scharakteryzowano cechy paliw alternatywnych oraz ich klasyfikacje. Przedstawiono ekologiczny i ekonomiczny potencjał zastosowania stałych paliw wtórnych w przemyśle cementowym.*



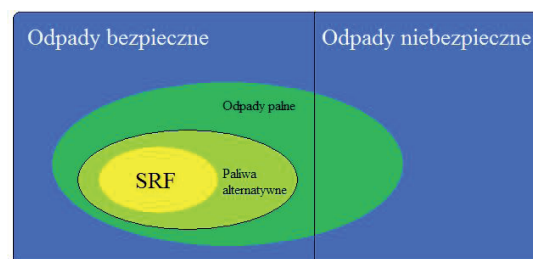
## SUMMARY

*The article raised the possibility of using the energy contained in the waste. Features of the alternative fuels and their classifications were also characterised. The article presents ecological and economic potential for the use of solid recovered fuel in the cement industry.*

## Wstęp

Wzrost ilości odpadów komunalnych i przemysłowych wzrasta wraz z rozwojem cywilizacji i gospodarki, powodując problemy z ich zagospodarowaniem. Zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, odpady te powinny podlegać racjonalnej gospodarce, uwzględniającej możliwość ich ponownego użycia. Z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia odpady mogą być wykorzystane jako źródło energii odnawialnej. Aby odpad mógł być wykorzystany do odzysku energii w procesach spalania i współspalania musi spełnić wymogi określone przez Europejski Komitet Normalizacyjny CEN [1]. Paliwo alternatywne zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 29 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, to odpady sklasyfikowane w grupie 19 12 10 – odpady palne (paliwo alternatywne) [2]. Duże znaczenie energetyczne wśród paliw alternatywnych odgrywają stałe paliwa wtórne, czyli SRF (Solid Recovered Fuels), które produkowane są z odpadów innych niż niebezpieczne, a ich właściwości fizykochemiczne są ściśle określone. Warunki i

instalacje współspalania i spalania paliw alternatywnych muszą spełniać szereg wymogów prawnych oraz standardów emisyjnych. Standardy emisyjne można spełnić stosując paliwa alternatywne o ściśle określonych parametrach jakościowych i wartości opałowej [3].



Rys 1. Umiejscowienie SRF na mapie odpadów.

Stałe paliwa wtórne produkowane są głównie z odpadów komunalnych, ale także z zużytych opon, tworzyw sztucznych, osadów ściekowych, drewna, tekstylii i wielu innych substancji stałych powstałych jako odpad z różnych gałęzi przemysłu. Proces przygotowania SRF zależy od rodzaju i ilości odpadów użytych do ich produkcji. Im większa ilość składników tym bardziej

złożony jest proces produkcyjny. Skład i poziom zanieczyszczeń w otrzymanym produkcie zależy od wielu czynników, ale głównie od źródła pozyskania odpadów do produkcji [4].

### Klasyfikacja paliw alternatywnych

Paliwa alternatywne można podzielić według wielu kategorii. Zwykle klasyfikuje się je na podstawie wymagań jakościowych głównych odbiorców, którymi są: cementownie, przemysł energetyczny i hutniczy. Paliwa zastępcze niewiększym zainteresowaniem cieszą się jednak w przemyśle cementowym, dlatego Europejskie Stowarzyszenie Producentów Cementu opracowało wytyczne, które podzieliły paliwa na pięć klas [5]:

- klasa I – gazowe paliwa alternatywne (gaz koksowniczy, gaz pizolityczny, biogaz)
- klasa II – ciekłe paliwa alternatywne (zużyte rozpuszczalniki o niskiej zawartości chloru, oleje hydrauliczne i smarowe, tłuszcze roślinne, pozostałości z destylacji)
- klasa III – paliwa alternatywne proszkowe, granulowane lub pokruszone (wysuszone osady ściekowe, mączki zwierzęce, wióry, trociny)
- klasa IV – wstępnie pokruszone stałe paliwa alternatywne (odpady z tworzyw i drewna, zgniatane opony itp.)
- klasa V – bryłowe paliwa alternatywne (zużyte opony, plastikowe beły itp.)

Przemysł cementowy uwzględnia również inny podział, w którym dzieli paliwa alternatywne na trzy grupy ze względu na ich wartość opałową [5]:

- paliwa wysokogatunkowe o wartości opałowej 30-46 MJ/kg
- paliwa średniogatunkowe o wartości opałowej 16-20 MJ/kg
- paliwa niskogatunkowe o wartości opałowej <15 MJ/kg.

W celu ujednoczenia oceny jakości paliw alternatywnych Europejski Komitet Normalizacji (CEM) zaproponował klasyfikację opierającą się na trzech parametrach [1]:

- wartość opałowa
- zawartość chloru
- zawartość rtęci.

Parametry te są niezwykle istotne zwłaszcza

w przemyśle cementowym. Odpowiednie standardy jakościowe paliwa są niezbędne aby zachować właściwe warunki przebiegu procesu technologicznego oraz zapewnić dobrą jakość otrzymanych produktów. Technologia wykorzystania paliw alternatywnych w cementowniach jest bezodpadowa, produkty takie jak popiół są wbudowane mineralogicznie w klinkier. Niezwykle istotnym parametrem jest zawartość chloru. Zbyt wysoka jego zawartość (preferowana zawartość chloru w stanie roboczym <1%) może doprowadzić do zniszczenia ceramicznych wkładzin pieca lub obniżyć jakość produkowanego cementu.

Parametr	Jednostka	Klasa				
		1	2	3	4	5
Wartość opałowa*	[MJ/kg]	≥25	≥20	≥15	≥10	≥2
Zawartość chloru**	[%]	≤0,2	≤0,6	≤1,0	≤1,5	≤3,0
Zawartość rtęci*	[mg/MJ]	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,50

\* w stanie roboczym

\*\* w stanie suchym

Tabela 1. Klasyfikacja parametrów SRF [1]

### Technologia wytwarzania paliw alternatywnych

Spełnienie podstawowych wymagań jakościowych wymaga nieraz bardzo rozbudowanych systemów technologicznych, obejmujących szereg operacji rozdrabniania, separacji, mieszania i kompaktowania odpadów, przy czym ich ilość i kolejność jest z reguły dostosowywana do rodzaju surowca odpadowego. Proces przygotowania stałego paliwa wtórnego składa się z następujących etapów [3]:

- przygotowanie materiału – odpady komunalne są rozdzielane na trzy frakcje: frakcję drobną mineralną, frakcję średnią i grubą (nadsitową). Frakcja nadsitowa dodatkowo podlega segregacji, w której usuwa się z odpady niepalne np. szkło
- rozdrabnianie – surowiec odpadowy jest mechanicznie rozdrabniany
- suszenie – rozdrobniony materiał poddawany jest zasobnikom zasypowym do suszarni bębnowej w celu zmniejszenia wilgoci do 10-15%. Tak przygotowany materiał jest ma-





gazynowany

Niekiedy z paliw produkuje się również brykiety. Rozdrobnione i wysuszone paliwo przy użyciu urządzenia brykietującego w temperaturze 100°C formowane jest w brykiety, a następnie jest schładzane i pakowane.

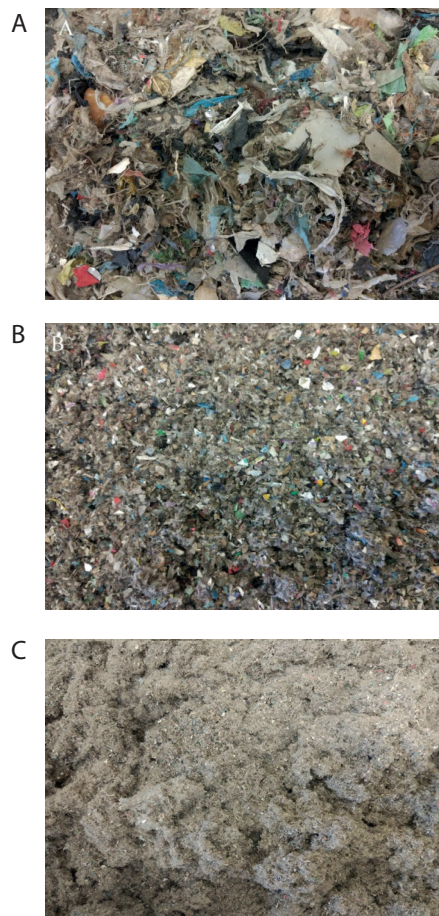
**Analiza jakościowa stałych paliw wtórnych**

Polski jak i Europejski Komitet Normalizacyjny ustalił referencje normy badawcze dedykowane dla stałych paliw wtórnych (SRF). Tabela 2 przedstawia spis aktualnych (2016 r.) norm referencyjnych dla SRF.

Badany parametr	Norma	Metoda badawcza
Pobór próby SRF	PN-EN 15442:2011	-
Przygotowanie próbki laboratoryjnej	PN-EN 15443:2011	-
Przygotowanie próbki analitycznej	PN-EN 15413:2011	-
Zawartość wilgoci	PN-EN ISO 18134-1:2015-11 PN-EN ISO 18134-2:2015-11	Metoda wagowa
Zawartość wilgoci w próbce analitycznej	PN-EN 15414-3:2011	Metoda wagowa
Zawartość węgla całkowitego TC	PN-EN 15407:2011	Metoda wysokotemperaturowego spalania
Zawartość azotu	PN-EN 15407:2011	Metoda wysokotemperaturowego spalania
Zawartość wodoru	PN-EN 15407:2011	Metoda wysokotemperaturowego spalania
Zawartość siarki	PN-EN 15408:2011	Metoda wysokotemperaturowego spalania
Ciepło spalania	PN-EN 15400:2011	Metoda kolorymetryczna
Wartość opałowa	PN-EN 15400:2011	Metoda obliczeniowa
Zawartość popiołu	PN-EN 15403:2011	Metoda wagowa
Zawartość chloru	PN-EN 15408:2011	Metoda chromatografii jonowej (IC)
Zawartość biomasy	PN-EN 15440:2011	- Metoda selektywnego roztwarzania - Metoda spektrometrii ciekłoscytylacyjnej (LSC)
Zawartość części lotnych	PN-EN 15402:2011	Metoda termo grawimetryczna (TGA)
Zawartość metali ciężkich	PN-EN ISO 17294-2:2006	- Metoda spektrometrii mas z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-MS)

Tabela 2. Normy stosowane do badań SRF [6]

Ważnym choć często niedocenianym etapem w analizie stałych paliw wtórnych jest odpowiedni sposób przygotowania próbki laboratoryjnej i analitycznej. Próbka musi być odpowiednio uśredniona, rozdrobniona i wysuszona, tak aby w warunkach analizy była stabilna i homogeniczna. Na rysunku 2 przedstawiono próbkę SRF w stanie roboczym (ziarno > 10mm), laboratoryjnym (ziarno <10mm) i analitycznym (ziarno <1mm).



Rys 2. Stałe paliwo wtórne A- próbka robocza, B- próbka laboratoryjna, C- próbka analityczna

Poza podstawowymi parametrami paliwa jak: wartość opałowa, zawartość chloru, zawartość metali i zawartość popiołu, bardzo ważny aspekt odgrywa zawartość biomasy w paliwie. Stosowanie paliw wytwarzanych z odpadów w procesach współspalania przyczynia się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, głównie dwutlenku węgla CO<sub>2</sub>. W niektórych krajach Unii Europejskiej frakcje biodegradowalną uznają się jako nośnik energii odnawialnej [4].

Całkowity współczynnik emisji CO<sub>2</sub> wylicza się z wzoru [7]:

$$CWE_{CO_2} = \frac{10000 \times 3,664 \times T_c}{NCV} \text{ [t CO}_2\text{/TJ]}$$

gdzie:

TC – to całkowita zawartość węgla w stanie roboczym

NCV – wartość opałowa w stanie roboczym.

Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji Unii Europejskiej nr 601/2012 z dnia 21 czerwca 2012 roku, każdy zakład spełniający wymogi prawne związane ze spalaniem i współspalaniem paliw pochodzenia odpadowego, może pomniejszyć ilość emisji CO<sub>2</sub> o dwutlenek węgla pochodzenia naturalnego. W tym celu należy przeprowadzić badania na udział procentowy węgla pochodzącego z biomasy w stosunku do całkowitego węgla zawartego w paliwie (χBTC).

Biogeny współczynnik emisji CO<sub>2</sub> można wyliczyć według wzoru:

$$BWE_{CO_2} = CWE_{CO_2} \times \chi BTC \text{ [t CO}_2\text{/TJ]}$$

gdzie:

χBTC – całkowity węgiel biogeny

CWE<sub>CO<sub>2</sub></sub> – całkowity współczynnik emisji CO<sub>2</sub>

Zawartość całkowitego węgla biogenego w paliwach typu PASr, czyli paliw wytworzonych głównie z odpadów komunalnych mieści się od 30 do nawet 60%, natomiast w paliwach typu gumy (cięte opony) maksymalnie do 30%. Wysoka zawartość węgla biogenego pozwala obniżyć nawet o ponad połowę raportowaną emisję CO<sub>2</sub> (sektory produkcyjne posiadają limit emisji CO<sub>2</sub>). Pozostałe parametry przedstawiono w tabeli nr 3.

## Podsumowanie

Zastosowanie stałych paliw wtórnych jest szansą na wykorzystanie energii zawartej w odpadach, a także zmniejszenia emisji niebiogenego CO<sub>2</sub> do atmosfery. Stałe paliwa wtórne ze względów ekonomicznych (tańsze od konwencjonalnych paliw) i ekologicznych (mniejsza

Badany parametr	Jednostka	Paliwa typu PASr	Paliwa typu Guma
Zawartość wilgoci	[%]	10-20	2-6
Zawartość węgla całkowitego TC	[%]	40-50	50-65
Zawartość azotu	[%]	0,6-1,0	0,5-0,9
Zawartość wodoru	[%]	5-6	5-7
Zawartość siarki	[%]	0,1-0,3	1-1,3
Ciepło spalania	[KJ/kg]	18-26	30-34
Wartość opałowa	[KJ/kg]	16-22	28-33
Zawartość popiołu	[%]	11-20	8-16
Zawartość chloru	[%]	0,3-0,8	0,1-0,3
Zawartość biomasy	[%]	30-60	15-30

Tabela nr 3. Średnie granice parametrów dla SRF w stanie roboczym

emisja niebiogenego CO<sub>2</sub> oraz racjonalne wykorzystanie odpadów) wprowadzane są do wielu gałęzi przemysłu, a głównie do przemysłu cementowego. Surowce do wytwarzania paliw alternatywnych muszą być bezpieczne zarówno na etapie produkcyjnym jak i na etapie ich wykorzystania. Potencjał stałych paliw wtórnych w Europie szybko rośnie dając wymierne efekty ekonomiczne i ekologiczne. Wprowadzona w niektórych krajach Unii Europejskiej klasyfikacja paliw alternatywnych i ujednoczenie metod badających ich parametry jakościowe z biegiem czasu może upowszechnić stosowanie tego rodzaju paliwa.

Literatura:

- [1] Information Document on EN15359, Solid Recovered Fuels – Specifications and Classes, European Recovered Fuel Organisation (<http://erfo.info>).
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 27.09.2001 r. w sprawie katalogu odpadów, Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1206
- [3] Ulewicz M., Maciejewski P., Ekologiczne korzyści ze spalania paliw alternatywnych, Zeszyty Naukowe WSOWL 2011, Nr 2 (160), s. 384-402
- [4] Wasilewski R., Tora B., Stałe paliwa wtórne, Górnictwo i Geoinżynieria 2009, Zeszyt 4, s. 309-316
- [5] CEMBUREAU – the European Cement Association, Alternative fuels In cement manufacture, Brussels: Cembureau 1999
- [6] [www.pkn.pl](http://www.pkn.pl)
- [7] Rozporządzenia Komisji (UE) nr 601/2012 z dnia 21 czerwca 2012 r.