

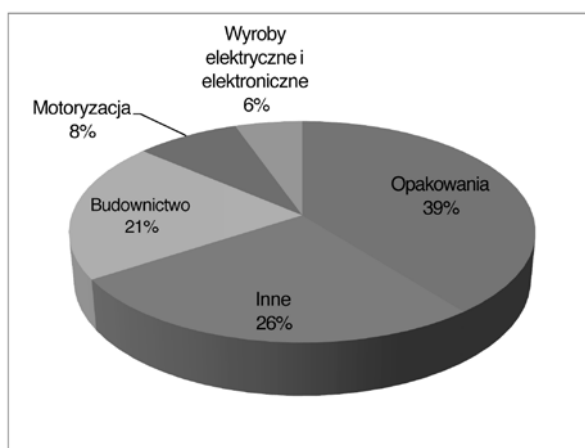
Odzysk energetyczny odpadowych tworzyw sztucznych

Ryszard WASIELEWSKI – Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze; Tomasz SIUDYGA – Politechnika Śląska, Gliwice

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2013, 67, 5, 435–445

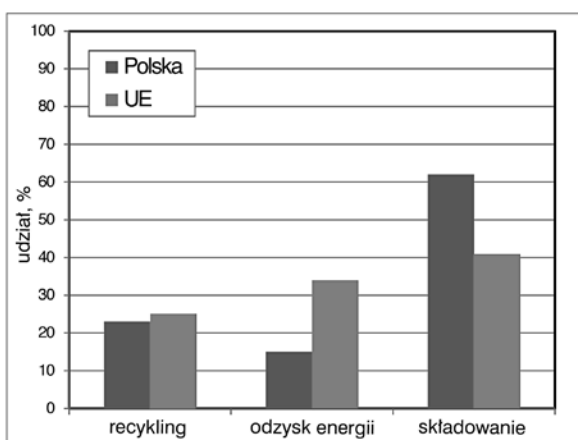
Wprowadzenie

Powszechnemu stosowaniu tworzyw sztucznych towarzyszy niekorzystne zjawisko powstawania odpadów, które stanowią poważny problem ekologiczny. W krajach Unii Europejskiej w ostatnich latach istotną rolę odgrywa wprowadzenie zdecydowanych ograniczeń składowania odpadów organicznych oraz zalecenie osiągania wysokich poziomów odzysku i recyklingu tych grup odpadów, w których znaczną część stanowią tworzywa sztuczne (OTS). Głównym źródłem tych odpadów są zużyte opakowania, a także odpady budowlane i motoryzacyjne (Rys. 1).



Rys. 1. Struktura pochodzenia OTS w Unii Europejskiej w 2011 r. [1]

W pierwszej kolejności OTS poddawane są recyklingowi materiałowemu i surowcowemu, a gdy jest to nieopłacalne – odzyskowi energii. Według danych fundacji PlasticsEurope, w 2011 r. powstało 25,1 mln Mg odpadów z tworzyw sztucznych [1]. 6,3 mln Mg tych odpadów poddano recyklingowi, a 8,6 mln Mg odzyskowi energii. Pozostała część trafia na składowiska.



Rys. 2. Porównanie kierunków zagospodarowania OTS w Polsce oraz krajach UE w 2011 r.

W Polsce ze strumienia odpadów komunalnych, w wyniku selektywnej zbiórki, odzyskuje się jedynie ok. 8% odpadów z tworzyw sztucznych [2]. Ok. 23% tych odpadów poddawanych jest recylin-

gowi, ale od kilku lat obserwuje się systematyczny wzrost w tej dziedzinie. Kolejne 15% odpadów poddawanych jest odzyskowi energii poprzez wykorzystanie ich do produkcji stałych paliw wtórnych [1]. Na Rysunku 2 pokazano jak różniły się kierunki zagospodarowania OTS w Polsce i UE w 2011 r.

Przedstawione na wykresie (Rys. 2) dane wykazują, że odzysk energii z OTS w pozostałych krajach UE odgrywa znacznie większą rolę niż w Polsce. W niektórych krajach, takich jak: Szwajcaria, Dania, Szwecja, Belgia, Austria czy Holandia udział odzysku energii przekroczył już poziom 60% [1].

Odzysk energii z OTS odbywa się najczęściej w spalarniach odpadów i piecach cementowych. Podejmowane są także próby współspalania OTS w instalacjach energetyki zawodowej wykorzystujących kotły pyłowe i fluidalne [3 ÷ 6]. W niektórych krajach (np. Japonia i Niemcy) OTS wykorzystuje się również w procesach hutniczych [7, 8].

W artykule przedstawiono możliwości odzysku energii odpadowych polimerów oraz związane z tym aspekty organizacyjno-prawne.

Energetyczne walory odpadowych tworzyw sztucznych

Tworzywa sztuczne mają bardzo wysoką wartość opałową, przekraczającą często 40 MJ/kg. Wynika to z dużej zawartości węgla i wodoru oraz niskiej zawartości popiołu. Wyższą wartość opałową ma tylko gaz ziemny (48 MJ/kg), a porównywalną olej opałowy (ok. 43 MJ/kg). Natomiast węgiel kamienny ma wartość opałową ok. 28 MJ/kg; papier i drewno ok. 15–16 MJ/kg. Tak wysoka wartość kaloryczna tworzyw sztucznych powoduje, że zużyte tworzywa mogą częściowo zastępować paliwa kopalne, przyczyniając się do oszczędności zasobów naturalnych. Jeżeli recykling prowadzący do odzyskania materiału nie może być przeprowadzony ze względu na ograniczenia techniczne lub brak uzasadnienia ekonomicznego, to odzysk energetyczny jest zdecydowanie najlepszym sposobem utylizacji tworzyw sztucznych.

Do odzysku energii trafia też duża część frakcji tworzyw z instalacji segregacji odpadów komunalnych [3, 4]. W Tabelicy 1 podano właściwości tworzyw, w porównaniu do węgla kamiennego.

Tablica 1

Właściwości fizykochemiczne tworzyw sztucznych zawartych w odpadach komunalnych w Polsce, w porównaniu do węgla kamiennego [3]

Rodzaj tworzywa sztucznego	Średni skład morf. %wag	Skład elementarny %s.m.						Zaw. popiołu %s.m.	Wartość opałowa MJ/kg
		C	H	O	N	S	Cl		
PE	25	81,89	12,37	0,00	0,46	1,92	0,97	2,39	41,80
PP	15	68,89	9,13	14,61	1,82	1,29	1,24	2,93	30,90
PVC	40	37,56	4,94	44,00	0,42	0,71	4,43	7,94	13,69
PA	5	65,39	10,38	10,54	8,49	1,41	0,43	3,36	36,76
PS	5	88,48	8,36	0,00	0,50	1,12	0,16	1,38	38,97
PET	10	56,40	5,68	33,10	0,44	0,80	1,43	2,15	21,81
Średnio	100	59,18	7,94	23,68	1,05	1,16	2,37	4,66	26,41
Węgiel kam.*	100	66,90	4,14	9,94	1,17	0,80	0,33	16,7	26,00

* Baza właściwości węgla ICHPW (Mieszko II)

Różnice pomiędzy wartościami oznaczeń poszczególnych parametrów dla substancji czystych oraz odzyskanych z odpadów wynikają ze stosowania w rozwiązaniach praktycznych dla wyrobów z tworzyw dodatków, takich jak: barwniki, wypełniacze, czy substancje uzdatniające, a także zanieczyszczenie innymi substancjami. Prezentowane w Tablicy 1 tworzywa nie obejmują oczywiście wszystkich, z jakimi można się spotkać rozważając możliwość wystąpienia ich jako potencjalnej substancji palnej.

Bardzo często przy rozważaniach dotyczących energetycznego wykorzystania odpadów tworzyw sztucznych, jednym z podstawowych argumentów sprzeciwu jest możliwość emisji szkodliwych związków, takich jak: chlor, chlorowodór, fosgen, benzen i jego pochodne, amoniak i cyjanowodór, a także kwas mrówkowy, formaldehyd, fenol oraz polichlorowane dioksyny i furany. Niebezpieczeństwo takie miałyby stwarzać istotna zawartość halogenów oraz azotu w niektórych polimerach. Pod względem zagrożeń emisyjnych przy spalaniu najbardziej niebezpieczne są: polichlorek winylu PVC, poliuretan PUR, polimetakrylan metylu PMMA, poliamid PA i żywica fenolowo-formaldehadowa PF [9]. Tworzywa te wymagają specjalnej uwagi przy doborze technologii spalania. Ograniczenie emisji szkodliwych substancji dokonuje się z jednej strony poprzez ograniczenie zawartości PVC w przetwarzanych odpadach, a z drugiej – wprowadzenie złożonych systemów oczyszczania gazów spalinowych. Rozwiązanie to wiąże się jednak ze znacznym wzrostem kosztów, których jednoznaczne oszacowanie jest trudne z powodu bardzo wielu rozwiązań technologicznych i różnorodności przetwarzanych odpadów.

Generalnie, odzysk energii z odpadów tworzyw sztucznych można prowadzić w sposób bezpośredni poprzez spalanie odpadów komunalnych zawierających frakcje tworzywowe, lub w formie substytutu paliw stałych (jako składnik tzw. stałych paliw wtórnych). Możliwy jest również wariant pośredni, po termochemicznym przetworzeniu OTS na substytut paliw płynnych.

Wariant bezpośredniego wykorzystania OTS do odzysku energii wiąże się z koniecznością spełnienia wymagań formalno-prawnych i technicznych dla procesu termicznego przekształcania odpadów.

Termiczne przekształcanie odpadów

Zgodnie z przepisami Ustawy z dnia 14 grudnia 2012r. o odpadach (Dz. U. 2013, poz. 21), termiczne przekształcanie odpadów może być prowadzone w spalarniach lub współspalarniach odpadów. Spalarnia odpadów wg tej ustawy, to zakład lub jego część przeznaczone do termicznego przekształcania odpadów z odzyskiem lub bez odzysku wytwarzanej energii cieplnej, obejmujące instalacje i urządzenia służące do prowadzenia procesu wraz z oczyszczaniem gazów odlotowych i wprowadzaniem ich do atmosfery, kontrolą, sterowaniem i monitorowaniem procesów oraz instalacjami związanymi z przyjmowaniem, wstępnym przetwarzaniem i magazynowaniem odpadów oraz instalacjami do magazynowania i przetwarzania substancji otrzymanych w wyniku spalania i oczyszczania gazów odlotowych.

Współspalarnia natomiast, to zakład lub jego część, których głównym przedmiotem działalności jest wytwarzanie energii lub produktów, w którym wraz z paliwami są przekształcane termicznie odpady, w celu odzyskania zawartej w nich energii lub w celu ich unieszkodliwiania. Współspalarniami są więc m.in. cementownie albo zakłady energetyczne wykorzystujące obok podstawowego paliwa – odpady jako nośnik energii. Wymagania, jakim powinny odpowiadać spalarnie i współspalarnie, co do zasady są jednakowe.

Ustawa wymaga, aby spalarnie i współspalarnie odpadów były projektowane, budowane, wyposażane i użytkowane w sposób zapewniający osiągnięcie takiego poziomu termicznego przekształcania, przy którym ilość i szkodliwość odpadów i innych emisji powstających wskutek termicznego przekształcania (w tym pozost

stałości po procesie) będzie jak najmniejsza. Szczegółowe wymagania w tym zakresie określa Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz. U. nr 37, poz. 339, wraz z późn. zm.).

Rozmieszczenie zakładów termicznego przekształcania odpadów komunalnych w wybranych krajach Europy, wraz z szacunkową ilością przetwarzanych termicznie odpadów innych niż niebezpieczne, przedstawiono w Tablicy 2. Niemal wszystkie nowoczesne, duże instalacje termicznego przekształcania odpadów, jakie powstały w Europie w ostatnich latach, to instalacje rusztowe. W latach 90. ub.w. alternatywą w tym obszarze wydawały się instalacje fluidalne, jednak trudności związane z koniecznością wstępnego rozdrabniania odpadów i związane z tym zużycie energii sprawia, że technologie tego typu charakteryzują się niższym w porównaniu z rusztowymi wskaźnikiem efektywności energetycznej. Dlatego pomimo wielu zalet dotąd nie znalazły szerszego zastosowania do termicznego przekształcania odpadów. Najpopularniejsze w tym obszarze są rozwiązania z rusztem schodkowym (m.in. firm Steinmüller, Niell, Martin, von Roll, Vølund oraz Krüger) oraz z rusztem walcowym (np. Deutsche Babcock Anlagen).

Tablica 2

Rozmieszczenie zakładów termicznego unieszkodliwiania odpadów w wybranych krajach Europy – stan w 2009 r. [10]

Kraj	Liczba instalacji	Ilość przetwarzanych odpadów, mln Mg/r
Austria	14	2,2
Belgia	16	2,8
Czechy	3	0,4
Dania	31	3,5
Finlandia	3	0,3
Francja	130	13,7
Hiszpania	10	2,2
Holandia	12	6,3
Niemcy	10	19,1
Norwegia	20	1,0
Polska	1	0,04
Portugalia	3	1,1
Słowacja	2	0,2
Słowenia	1	0,01
Szwajcaria	28	3,6
Szwecja	31	4,7
Węgry	1	0,4
Wielka Brytania	23	3,4
Włochy	49	4,5

Aktualnie jedynym tego typu obiektem w Polsce jest, zlokalizowany w Warszawie, Zakład Unieszkodliwiania Stałych Odpadów Komunalnych (ZUSOK), który rozpoczął działalność w 2001 r.. Najważniejsze parametry pracy tej instalacji zestawiono w Tablicy 3.

Tablica 3

Wybrane dane eksploatacyjne spalarni ZUSOK za 2008 r. [11]

Parametr	Jednostka	Wartość
Strumień odpadów	Mg/rok	39729
Średnia wartość opałowa odpadów	MJ/kg	10,06
Moc generatora prądu elektrycznego	MW _e	2,4
Ilość wytworzonej energii elektrycznej	MWh _e	10545,3
Moc cieplna przyłącza do sieci	MW _{th}	9,0
Ilość ciepła przekazanego do sieci	GJ	243010
Średnie stężenie pyłu	mg/m ³	0,56
Średnie stężenie SO ₂	mg/m ³	4,22
Średnie stężenie NO ₂	mg/m ³	114,56
Średnie stężenie CO	mg/m ³	0,29

Program budowy spalarni odpadów komunalnych stworzony w 2007 r. i objęty tzw. listą indykatywną Ministerstwa Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, zakładał początkowo wybudowanie 12. spalarni odpadów komunalnych: w Szczecinie, Koszalinie, Poznaniu, Gdańsku, Olsztynie, Białymstoku, Bydgoszczy, Łodzi, Warszawie, Krakowie oraz 2. instalacji na Śląsku. Sumaryczna wydajność instalacji miała sięgać ok. 2,4 mln Mg rocznie [12].

Obecnie na istotnych stopniach realizacji znajdują się tylko obiekty: w Szczecinie, Poznaniu, Bydgoszczy, Białymstoku oraz Krakowie. Udało się również uzyskać decyzję środowiskową dla niewystępującej na pierwotnej liście lokalizacji w Koninie. Sumaryczna wydajność tych 6. instalacji wynosić może maksymalnie ok. 1,1 mln Mg/r, a planowany termin oddania ich do eksploatacji to koniec 2015 r. Największy spośród planowanych obiektów budowany jest w Poznaniu i jego wydajność wynosić będzie 220 tys. Mg/r. Koszty inwestycyjne dla tej instalacji szacowane są na 725 mln zł [13]. Pojawiły się liczne inicjatywy budowy regionalnych spalarni odpadów komunalnych, m.in. w Tarnowie, Chrzanowie, Jastrzębiu Zdroju, Rzeszowie, Gorlicach, Włocławku, Gdyni, Hrubieszowie i Chodzieży.

Sumaryczna wydajność wspomnianych instalacji wydaje się być zdecydowanie zbyt mała w kontekście wymagań dyrektywy składowiskowej (1999/31/WE), w myśl której, wstępując do struktur Unii Europejskiej Polska zobowiązała się do 50% redukcji deponowanych na składowiskach odpadów biodegradowalnych w 2013 r. Dodatkowo w 2020 r. powinniśmy osiągnąć kolejny, tym razem 65%, próg redukcji ilości odpadów biodegradowalnych trafiających na składowiska. Należy również mieć na uwadze fakt, że Komisja Europejska planuje na 2025 r. wprowadzenie całkowitego zakazu składowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, co dodatkowo podnosi wagę inwestycji w tym obszarze.

Wymagane roczne poziomy odzysku i recyklingu dla odpadów opakowaniowych i użytkowych reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i użytkowych. Zawarte są one w załączniku do tego rozporządzenia (fragment dotyczący opakowań tworzyw sztucznych). W ramach podpisanego przez Polskę Traktatu Akcesyjnego, do 2014 r. w Polsce musi być przetwarzane 60% wymienionych odpadów. W tym samym roku musi zostać osiągnięty poziom recyklingu odpadów opakowaniowych na poziomie 55%. Zakłada się również, że do tego roku poziom recyklingu dla

opakowań z tworzyw sztucznych będzie wynosić co najmniej 22,5%, a to oznacza, że pula ta uszczupla bazę dostępną dla procesów odzysku energetycznego.

Odpadowe tworzywa sztuczne jako składnik stałych paliw wtórnych

Wysoka wartość odpadów polimerowych sprawia, że są one często mieszane z innymi odpadami, takimi jak: makulatura, tekstylia, odpadowe drewno czy zużyte opony i przerabiane na tzw. paliwa alternatywne [3, 4]. Wytwarzanie paliw alternatywnych z odpadów jest często wskazywane jako jeden z podstawowych elementów zintegrowanego systemu zarządzania w gospodarce odpadami. W Tablicy 4 przedstawiono przykładowe składy stałych paliw alternatywnych pochodzących z wybranych instalacji europejskich.

Tablica 4

Przykładowe składy stałych paliw alternatywnych [4]

Fracja odpadów	Belgia		Włochy	Wielka Brytania
	z instalacji sortowania odpadów	z instalacji MBT		
Odpady polimerowe	31	9	23	11
Papier, karton	13	64	44	84
Drewno odpadowe	12	25	4,5	5
Tekstylia	14		12	
Inne	30		14	
Balast		2	2,5	

Z przedstawionych danych wynika, że skład stałych paliw alternatywnych wytwarzanych w różnych instalacjach cechuje duża zmienność. Wynika to zarówno z lokalnego dostępu do surowca, jak i wymagań odbiorców. Duże znaczenie ma ponadto układ technologiczny linii produkcyjnej, który nie jest standaryzowany.

Produkcja paliw alternatywnych w krajach Unii Europejskiej systematycznie wzrasta. Największym producentem SRF w UE są Niemcy, Szwecja i Włochy. Produkcja SRF w Niemczech w latach 2005–2008 wzrosła z 2 do ponad 5 mln Mg/r [14]. Trend ten obserwowany jest również w warunkach krajowych. Wg danych Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, produkcja stałych paliw wtórnych w Polsce osiągnęła w 2011 r. poziom prawie 1 mln Mg/r. Cały strumień tych paliw był wykorzystywany w przemyśle cementowym. Wg danych Stowarzyszenia Producentów Cementu – potencjalne zużycie w przemyśle cementowym prognozuje się na ok. 1 200 000–1 500 000 Mg/r. Tak więc podaż SRF niedługo zaspokoi popyt w tym sektorze. Analiza Wojewódzkich Planów Gospodarki Odpadami, które były nowelizowane w 2012 r. wykazała, że w Polsce w końcu 2010 r. działało ponad 100 instalacji produkujących stałe paliwa wtórne [15]. Wśród nich kilka posiadało zdolności przerobowe na poziomie 100 000 Mg odpadów na rok.

Obserwowane, rosnące systematycznie zainteresowanie wykorzystaniem odpadów w charakterze paliw, stworzyło w na terenie Unii Europejskiej potrzebę opracowania spójnego, uniwersalnego systemu klasyfikacji tych paliw. Zadania te zostały podjęte przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN).

Opracowany przez CEN system klasyfikacji i jakości paliw wytwarzanych z odpadów, dla których przyjęto nazwę SRF (ang. *solid recovered fuels*, pol. stałe paliwa wtórne), pozwala na jednoznaczne zaklasyfikowanie paliwa do konkretnej klasy oraz bardzo szczegółowe wyspecyfikowanie jego właściwości fizykochemicznych. Umożliwia to operatorom instalacji, w których stałe paliwa wtórne mogą być wykorzystywane, uzyskanie wiarygodnej informacji dotyczącej jakości

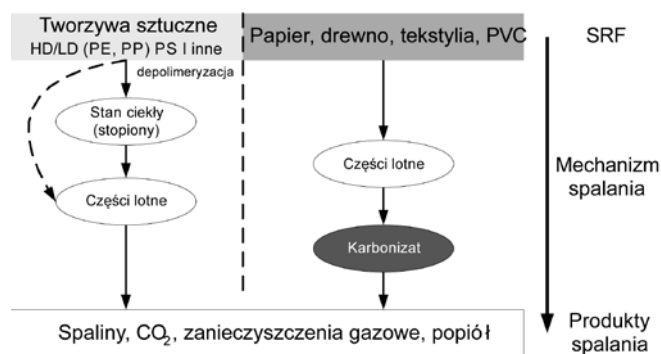
tego materiału, a przede wszystkim wybór paliwa o gwarantowanej jakości, spełniającej wymagania techniczne konkretnej instalacji [16 ÷ 18].

Rozpatrując możliwość zastosowania odpadowych polimerów jako składników stałych paliw wtórnych, warto zwrócić uwagę na to, że wysoka zawartość tworzyw sztucznych wpływa na mechanizm spalania tych paliw.

Spalanie paliw stałych zachodzi w czterech głównych etapach obejmujących:

- podgrzanie cząstki
- odgazowanie/pirolizę z wytworzeniem karbonizatu
- zapłon części palnych
- spalanie karbonizatu.

W praktyce, podgrzewanie cząstki i jej odgazowanie zachodzą równocześnie. Karbonizat jest zwykle wytwarzany jako produkt pośredni procesu spalania paliwa, po jego podgrzaniu i odgazowaniu. Zapłon paliw heterogenicznych może być procesem homogenicznym lub heterogenicznym, z oddziaływaniem faz: gaz/gaz, gaz/ciecz i/lub gaz/ciało stałe. Możliwość zachodzenia poszczególnych interakcji zależy od składu frakcyjnego paliwa alternatywnego. Na Rysunku 3 przedstawiono schemat możliwych dróg przebiegu procesu spalania dla różnych frakcji paliwa, wyróżniając trzy lub cztery główne etapy. Frakcja tworzyw sztucznych praktycznie nie wytwarza karbonizatu (za wyjątkiem PVC), tak więc nie występuje tu etap spalania karbonizatu. Podgrzane tworzywa przechodzą do fazy ciekłej, zanim ma miejsce zapłon fazy gazowej. Inne frakcje materiałowe zawarte w paliwach z odpadów przechodzą proces spalania czteroetapowo [19].



Rys. 3. Schemat przebiegu spalania różnych frakcji zawartych w paliwach z odpadów [19]

Przy wykorzystaniu odpadowych tworzyw sztucznych do produkcji paliw z odpadów, ważną rolę odgrywa ograniczanie obecności polichloru PVC, pomimo jego wysokiej wartości opałowej, ze względu na zagrożenia emisyjne i korozyjne. Odbiorcy paliw z odpadów z reguły stawiają wymagania co do zawartości chloru w paliwie (najczęściej < 1%). Polichlorek winylu, ze względu na powszechność stosowania, jest głównym składnikiem OTS odpowiedzialnym za wysoki poziom zawartości chloru w paliwach z odpadów. Należy jednak zaznaczyć, że obecnie istnieją już możliwości techniczne separacji tego tworzywa w zautomatyzowanych liniach sortowniczych.

Szacując, że przeciętny udział odpadowych tworzyw sztucznych w SRF produkowanych w Polsce waha się w granicach 20–30%, można przyjąć, że do produkcji SRF wykorzystuje się ok. 200–300 000 Mg tych odpadów.

Otoczenie prawne dotyczące wytwarzania i wykorzystania SRF¹⁾

Dalej przedstawiono najważniejsze uwarunkowania formalno-prawne i techniczne, obowiązujące dotychczas (stan na styczeń 2013 r.) w zakresie wytwarzania i wykorzystania stałych paliw wtórnych z odpadów.

Aktualnie obowiązujące regulacje prawne traktują paliwa alternatywne wytworzone z odpadów jako „odpady”. Określenie „paliwo alternatywne” funkcjonuje w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. 2001, nr 112, poz. 1206). Wyróżnia ono kategorię odpadów palnych, w nawiasie określając je jako „paliwa alternatywne” (kod 19 12 10). Należy zauważyć, że są to odpady inne niż niebezpieczne.

W myśl obowiązującej ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2013, nr 0, poz. 21), wytwarzanie „paliw alternatywnych” jest działalnością w zakresie odzysku odpadów w procesie R12 (wymiana odpadów w celu poddania ich któremukolwiek z procesów wymienionych w pozycji R1–R11 – wg zał. nr 1 do ustawy). Natomiast wykorzystanie paliw alternatywnych stanowi proces odzysku R1 (wykorzystanie głównie jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii – wg zał. nr 1 do ustawy). Schematycznie łańcuch tych procesów pokazano na Rysunku 4.



Rys. 4. Wytwarzanie i wykorzystanie SRF w procesie odzysku energii

Działalność w zakresie odzysku odpadów w procesie R15 nie jest objęta obowiązkiem uzyskania pozwolenia zintegrowanego.

W myśl zapisów nowej ustawy o odpadach, w stosunku do zmieszanych odpadów komunalnych, pozostałości z sortowania odpadów komunalnych lub procesu mechaniczno-biologicznego przetwarzania tych odpadów, przeznaczonych do składowania i odpadów zielonych rozumianych jako odpady komunalne, stanowiące części roślin z pielęgnacji terenów zielonych, ogrodów i parków, będzie obowiązywało zbieranie i przetwarzanie tych odpadów w ramach regionów, określonych w wojewódzkich planach gospodarki odpadami. Wyjątkiem od tej reguły będzie sytuacja, w której „instalację zastępczą” do obsługi regionu gospodarki odpadami komunalnymi wyznaczono poza tym regionem.

Należy zauważyć, że w myśl obowiązujących aktów prawnych – instalacje produkcji stałych paliw wtórnych nie zostały zaliczone do tzw. instalacji regionalnych, co stanowi poważne utrudnienie w dostępie do przerabianego surowca.

Proces współspalania paliwa alternatywnego o kodzie 19 12 10 z paliwami kopalnymi, np. węglem kamiennym, jest procesem przekształcania termicznego odpadów innych niż niebezpieczne, a instalacja przemysłowa, w której proces ten zachodzi, jest instalacją współspalania odpadów. Instalacja, w której proces współspalania odpadów ma być prowadzony, musi więc spełniać odpowiednie wymagania, zarówno formalno-prawne jak i techniczne. Spośród wymienionych rozporządzeń, z punktu widzenia technicznych wymagań dla prowadzenia procesu współspalania odpadów, najważniejsze znaczenie mają:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz. U. Nr 37, poz. 339) wraz z późn. zm.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. Nr 206, poz. 1291)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. Nr 95, poz. 558).

Wariant przetwarzania OTS w kierunku komponentów ciekłych paliw motorowych i opałowych

Do końca 2006 r. w Polsce poważnie rozwijał się chemiczny recykling odpadowych poliolefin w kierunku wytwarzania frakcji paliwo-

¹⁾ Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto, że pojęcie „stałe paliwa wtórne” jest tożsame z pojęciem „paliwo alternatywne”, gdyż takie nazewnictwo jest używane w istniejących aktach prawnych.

wych o symbolu handlowym KTS-F (wyrób zharmonizowany, PKWiU 24.66.32–90.00). Produkt wytwarzany był w procesie termicznego bądź termiczno-katalicznego rozkładu poliolefin, w dwóch wariantach technologicznych: kopioliza z olejami technologicznymi [20, 21] lub w wersji „bezolejowej” [22]. Szeroka frakcja węglowodorowa poddawana była następnie destylacji z wydzieleniem frakcji benzynowej (<200°C) i oleju napędowego (200–350°C), a następnie poddaniu jej procesom wodorowego uszlachetniania w celu nadania właściwości odpowiadającym wymaganiom jakościowym dla poszczególnych kategorii paliw. W największych firmach działających w oparciu o wersję z olejem parafinowym (Agrob-Eko Sp. z o.o., Zabrze, Grupa LOTOS-Jasło SA) stosowano wsad zawierający 15–25% aglomeratów z poliolefin. Proces realizowany był w kierunku maksymalizacji zawartości frakcji odpowiadającej temperaturom wrzenia oleju napędowego (~50–55% m/m w stosunku do ilości wsadu polimerowo-olejowego).

W przypadku technologii realizujących współrozkład poliolefin z olejami, otrzymuje się produkt o niższej zawartości związków nienasyconych; dla analizowanych technologii różnica wynosi 10–25%. Oznacza to zbliżenie się do wymagań jakościowych dla odpowiednich frakcji (np. w przypadku frakcji benzynowych zawartość związków nienasyconych nie może przekraczać 18% v/v). Ujemną stroną wprowadzenia oleju parafinowego do wsadu poliolefinowego jest znaczący wzrost zawartości siarki w produktach; w technologii Agrob-Eko Sp. z o.o. osiąga on nawet wartość 0,3–0,5%, podczas gdy w technologiach „bezolejowych” zwykle nie więcej niż 0,1% [23].

Należy nadmienić, że wspomniany kierunek zagospodarowania odpadów polimerowych (w zasadzie tylko poliolefinowych) pozwala na przekształcenie ich w produkt, który przestaje być odpadem i może być włączony w strumień surowców do wytwarzania płynnych paliw motorowych i opałowych. W związku z tym, jego dalsze wykorzystanie nie wiąże się z koniecznością spełnienia wymagań dla obiektów prowadzących termiczne przekształcanie odpadów. Z uwagi na wysokie koszty wytwarzania produktu proces był jednak deficytowy; dodatni efekt finansowy uzyskiwano na podstawie Rozporządzenia Ministra Finansów o zwolnieniu z podatku akcyzowego (Dz. U. nr 279, poz. 2763). Po 1 stycznia 2007 r., wraz z likwidacją wspomnianej ulgi, działalność sektora prowadzącego ten rodzaj recyklingu niemal całkowicie ustała.

Warto wspomnieć, że rozwój wspomnianego kierunku zagospodarowania odpadów poliolefinowych dokonywał się w oparciu o osiągnięcia krajowych ośrodków akademickich (głównie Politechniki Śląskiej i Wrocławskiej), i dzięki ich ścisłej i owocnej współpracy z przemysłem. Pomimo tego, obserwowano jednak przypadki braku poszanowania dla własności intelektualnej – jak choćby kilkakrotny przypadek naruszenia praw patentowych współuprawnionych przez Rafinerię Jasło SA (w jednym przypadku rozstrzygnięty nawet odrzuceniem sprzeciwu rafinerii przez Najwyższy Sąd Administracyjny).

Podsumowanie

Walory energetyczne odpadów tworzyw sztucznych składają do ich wykorzystywania w charakterze składników stałych paliw wytwarzanych z odpadów. Obecność tworzyw sztucznych w paliwach z odpadów wpływa na przebieg procesu ich spalania, a także może powodować emisję szkodliwych zanieczyszczeń. Należy przy tym pamiętać, że odzysk energii z wykorzystaniem stałych paliw wtórnych jest procesem termicznego przekształcania odpadów i obowiązują w tym zakresie odpowiednie wymagania formalno-prawne i techniczne.

Znacznie mniejszym ograniczeniom podlega energetyczne wykorzystanie paliw płynnych wytworzonych w wyniku termochemicznej przeróbki odpadów tworzyw sztucznych.

Biorąc pod uwagę wszystkie możliwości odzysku odpadów z tworzyw sztucznych, należy rozważyć najbardziej korzystną ich kombi-

nację. Wybrana opcja powinna uwzględniać określone dla danego przypadku, dostępne możliwości zbierania i sortowania, zapotrzebowanie na regranulat, surowce czy opał. Zgodnie z obowiązującą hierarchią postępowania z odpadami, dopiero po wyczerpaniu możliwości recyklingu ze względów technicznych lub ekonomicznych, odpady tworzyw sztucznych należy kierować do odzysku energii.

Do najważniejszych zalet termicznego przekształcania odpadów należą niewielkie koszty wstępnego przygotowania odpadów przed właściwym procesem odzysku energii, co w znacznej mierze determinuje opłacalność procesu i jego konkurencyjność, w porównaniu z innymi kierunkami zagospodarowania odpadów. Mierzona jest ona często wskaźnikiem efektywności energetycznej, który jest najkorzystniejszy dla instalacji rusztowych. Konieczność wstępnego przygotowania surowca i związane z tym zużycie energii (jak w przypadku instalacji fluidalnych) skutkuje obniżeniem wartości tego wskaźnika. Z tej samej przyczyny inne procesy prowadzące do przetwarzania odpadów w kierunku paliw (jak na przykład wytwarzanie paliw płynnych z odpadów w procesach termicznego rozkładu) nie znalazły dotychczas szerokiego zastosowania.

Literatura

1. *Tworzywa sztuczne – Fakty 2012*. Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie w roku 2011 (www.plasticseurope.com).
2. Rocznik statystyczny GUS, 2012.
3. Wandrasz J.W., Wandrasz A.J.: *Paliwa formowane. Biopaliwa i paliwa z odpadów w procesach termicznych*. Wyd. Seidel-Przywecki, Sp. z o.o., Warszawa, 2006.
4. *Refuse derived fuel, current practice and perspectives – Final Report*. European Commission – Directorate General Environment, 2003.
5. Campbell P.E., McCahey S., Williams B.C., Beekes M.L.: *Coal and plastic waste in a PF boiler*. Energy Policy 2000, **28**, 223–229.
6. Boavida D., Abelha P., Gulyurtlu I., Cabrita I.: *Co-combustion of coal and non-recyclable paper and plastic waste in a fluidised bed reactor*. Fuel 2003, **82**, 1931–1938.
7. Nomura S., Kato K.: *Basic study on separate charge of coal and waste plastics in coke oven chamber*. Fuel 2005, **84**, 429–434.
8. Sobolewski A., Wasielewski R.: *Wykorzystanie odpadów tworzyw sztucznych w procesie wielkopieczym*. Chemik 2006, **4**, 221–225.
9. *Tworzywa sztuczne*. Poradnik. WNT, Warszawa, wydanie V, 2000.
10. www.cewep.eu
11. Pająk T.: *ZUSOK – ochrona klimatu, źródło energii*. VI Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw „Bezpieczeństwo energetyczne a nowe kierunki wytwarzania i wykorzystania energii w Warszawie”, Warszawa, 16 października 2009 r.
12. Wielgosiński G.: *Wybór technologii termicznego przekształcania odpadów komunalnych*. Nowa Energia 2012, **1**.
13. http://www.waste-management-world.com/articles/2013/04/sita-waste-to-energy-plant-largest-ppp-for-poland.html?cmpid=EnIWMW_WeeklyApril122013.
14. www.erfo.info
15. *Perspektywy wykorzystania stałych paliw wtórnych (SPW) do spalania w sektorach innych niż cementowy oraz wykorzystania odpadów tworzyw sztucznych*. Sprawozdanie IChPW, Zabrze, 2012 (niepublikowane).
16. Sobolewski A., Wasielewski R., Stelmach S.: *Wykorzystanie stałych paliw wtórnych w energetyce*. Polityka Energetyczna 2007, **2**, 379–390.
17. Van Tubergen J., Glorius T., Waeyenbergh E.: *Classification of Solid Recovered Fuels*. ORFA 2005.
18. Wasielewski R., Stelmach S., Sobolewski A.: *Wytwarzanie i wykorzystanie stałych paliw wtórnych*. Chemik 2011,
19. prCEN/TR 15716 Solid recovered fuels – Determination of combustion behaviour.
20. Praca zbiorowa pod red. J. Kijeńskiego, A.K. Błędzkiego i R. Jeziórskiej: *Odzysk i recykling materiałów polimerowych*. PWN, Warszawa, 2011.

21. Mianowski A., Kałyniak P., Siudyga T.: *Diesel fuel from waste plastics*. 5th IDENTIPLAST 2005, the Biennial Conference on the Recycling and Recovery of Plastics: Identifying the Opportunities for Plastics Recovery, Bruksela, 18-19.04.2005.
22. Walendziewski J.: *Termiczne przetwarzanie odpadowych poliolefin*. Chemia Przemysłowa 2005, 1, 22.
23. Siudyga T., Mianowski A.: *Termiczny rozkład odpadów poliolefinowych z perspektywy badań laboratoryjnych i przemysłowego wykorzystania*. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, 2007, 23, 373.

Dr inż. Ryszard WASIELEWSKI jest absolwentem Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach (1980). Ukończył także studia podyplomowe w zakresie Gospodarki odpadami na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki tej uczelni (2000) i uzyskał I stopień specjalizacji inżyniera w zakresie Ochrona Środowiska (2001). Doktorat na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej (2012) z wyróżnieniem. Laureat kilku międzynarodowych i krajowych nagród za rozwiązania technologiczne w dziedzinie ochrony środowiska, m.in.: EUREKA Bruksela (1992), IENA Norymberga (1998), MTWil Warszawa (2010), EXPOCHEM Katowice (2011). Obecnie pracuje w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, specjalizując się w zakresie problematyki termicznych metod przeróbki węgla i odpadów. Jest autorem lub współautorem 8. rozdziałów w monografiach, 122. artykułów w prasie naukowo-technicznej oraz 68. referatów i posterów na konferencjach krajowych i zagranicznych.

e-mail: rywas@ichpw.zabrze.pl; tel. 32 271 00 41

Dr Tomasz SIUDYGA jest absolwentem Wydziału Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Studia doktoranckie na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej zakończone uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych (2006). Laureat kilku międzynarodowych i krajowych nagród za rozwiązania technologiczne w obszarze przemysłu chemicznego i ochrony środowiska, m.in.: Międzynarodowa Wystawa Wynalazków i Innowacji w Warszawie (2010), EXPOCHEM 2011, INTARG 2011, IENA w Norymberdze (2010) i ARCHIMEDES w Moskwie (2011).

e-mail: Tomasz.siudyga@polsl.pl; tel. 32 237 19 02

JUNIOR ADVANCED RESEARCH AWARDS 2014–2015

Program stypendialny finansowany przez rządy Stanów Zjednoczonych i Polski przeznaczony dla doktorantów w polskich uczelniach i instytucjach naukowych, którzy w roku realizacji stypendium będą uczestnikami ostatnich 2 lat studiów doktoranckich i których rozprawa doktorska będzie ukończona nie wcześniej, niż po powrocie ze stypendium. Stypendium przeznaczone na prowadzenie badań związanych z przygotowywaną rozprawą doktorską. Czas trwania stypendium: od 6 do 12 miesięcy. Zgłoszenia przyjmowane są do 29 czerwca br. (kk)

(<http://www.fulbright.edu.pl>, 20.04.2013)

Apel Komisji Historycznej Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego

Zarząd Główny Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego wraz z Komisją Historyczną ZG zwraca się z prośbą o podjęcie dalszych działań zmierzających do zintensyfikowania na terenie całej naszej Organizacji prac prowadzących do większej popularyzacji i rozpowszechnienia wiedzy o wybitnych polskich chemikach działających zarówno w sferze nauki, badań, jak i przemysłu chemicznego, w minionych latach.

Jednym z forum, gdzie taka działalność może być prezentowana jest wydawany od 20. lat przez FSNT-NOT, Słownik Biograficzny Techników Polskich. Na jego łamach zamieszczane są obszernie opracowania poświęcone, niezującym już, wybitnym działaczom nauki i techniki polskiej ze wszystkich dziedzin, w tym oczywiście również chemii i przemysłu chemicznego. Dotychczas w wydanych już 20 tomach Słownika, na wymienionych w nich prawie 3 tys. biogramach zasłużonych osób, pojawiło się tylko 75 biogramów przedstawicieli chemii. Udział ten jest stanowczo nieadekwatny do faktycznej roli chemików i chemii w naszym kraju – w nauce i technice. Stan ten musi ulec zdecydowanej poprawie.

Komisja Historyczna SITPChem uprzejmie prosi o przygotowywanie biogramów chemików – naukowców i inżynierów i przesyłanie ich do biura Zarządu Głównego SITPChem w Warszawie.

Biuro ZG SITPChem

ul. Czackiego 3/5, p. 300 00 043 Warszawa

e-mail: sitpchem.zg@neostrada.pl lub: sekretariat@sitpchem.org.pl