

Jan J. HYCZAR\*

## Aspekty ekologiczne procesu zgazowania paliw

**STRESZCZENIE.** Procesy zgazowania paliw z tytułu zachodzących procesów wysokotemperaturowych i stosowanych procesów oczyszczania i przeróbki gazu umożliwiają nie tylko odzyskiwanie i uzyskiwanie ciepła, ale również gazu syntezowego i wodoru dla chemii i energetyki oraz stosunkowo łatwej separacji i sekwestracji dwutlenku węgla. Zagraniczne doświadczenia wskazują, że poprzez właściwy dobór reaktora zgazowującego, wsadem mogą być nie tylko konwencjonalne paliwa, ale także biomasa; odpady rafineryjne, z górnictwa węgla, komunalne itp. Ponadto, wysokie temperatury umożliwiają likwidację odpadów niebezpiecznych. Powstające w procesie odpady stałe w zależności od temperatury zgazowania przyjmują postać żużla spieczonego (popiół denny) lub topionego. Żużel topiony w przeciwieństwie do popiołu dennego, praktycznie niezależnie od zgazowywanego paliwa, w wyniku wetryfikacji stanowi materiał neutralny dla środowiska o dużych możliwościach zagospodarowania. Występujące zanieczyszczenia stałe i ciekłe w gazie, po oddzieleniu zazwyczaj są zawracane do reaktora i podlegają procesowi zgazowania a część mineralna przechodzi do żużla. Związki siarki natomiast są redukowane do siarki. W zależności od przyjętego modelu przeróbki, z gazu syntezowego może być wydzielany dwutlenek węgla i wodór. Odzysk ciepła z gazu syntezowego i z jego spalania w układzie gazowo-parowym decyduje o wysokiej sprawności procesu i minimalizacji emisji wszelkich zanieczyszczeń do środowiska.

**SŁOWA KLUCZOWE:** zgazowanie paliw i odpadów, produkty uboczne i odpady ze zgazowania paliw

---

\* Dr inż. — ECOCOAL Consulting Center [ecocoal@neostrada.pl](mailto:ecocoal@neostrada.pl)

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

## Wprowadzenie

Proces zgazowania paliw stałych i ciekłych z etapu militarnego (II wojna światowa) i dyskryminacyjnego (RPA – Sasol), w ostatnich 30 latach staje się podstawowym kierunkiem rozwoju technologii syntezy organicznej i energetycznych. Rozpowszechnianie zgazowania nie tylko rozwiązuje potrzeby rozwoju chemii i energetyki, ale bardzo pozytywnie wpisuje się w ochronę środowiska człowieka.

Dotychczasowa statystyka wykazuje, że w latach 1972 – 2007 powstało 21 instalacji IGCC, doświadczalnych i komercyjnych do zgazowania węgla, pozostałości z przeróbki ropy naftowej, koksu naftowego, asfaltu, biomasy i odpadów, o mocy bloków energetycznych od 15 do 550 MW<sub>e</sub> i o ogólnej mocy 4050 MW<sub>e</sub> (tab. 1) [1]. Zbudowane bloki w przeważającej liczbie ukierunkowane są na wytwarzanie energii elektrycznej (układy gazowo-parowe, 14 bloków), a także jako źródło pary (4 bloki), wodoru (2 bloki) i metanolu (2 bloki).

Perspektywy rozwoju technologii zgazowania na najbliższe lata są imponujące. W USA prognozowana jest budowa 55 obiektów o mocy jednostkowej od 74 do 630 MW<sub>e</sub>, w większości poligeneracyjnych umożliwiających produkcję energii elektrycznej i ciepła oraz z gazu syntezowego amoniaku, mocznika, metanolu, wodoru, paliw ciekłych; a ponadto na trzech obiektach planowane jest wydzielanie i sekwestracja CO<sub>2</sub> (tab. 1).

Nie mniej ambitne plany są rejestrowane w pozostałych krajach świata. Bazując na tych samych źródłach pochodzących z EPRI i GTW, liczbie planowanych projektów została ustalona na 26 obiektów [1], z tego 7 obiektów ma być realizowane w Chinach, 6 w Wlk. Brytanii, po 3 w Australii i w Indiach, 2 w Niemczech i po 1 instalacji w Japonii, Holandii, Portugalii, Norwegii i w Polsce (Lotos).

W tej statystyce nie uwzględniono 117 obiektów z 385 gazogeneratorami o mocy około 45 000 MW<sub>t</sub> wytwarzających syngaz do produkcji chemikalii (37%), w tym wodoru stosowanego do produkcji amoniaku oraz syntetycznego gazu naturalnego i paliw ciekłych (Fischer-Tropsch, 36%), a także energii (19%) [2]. W porównaniu do powyższych danych za 2004 r., w 2007 roku wielkości te ulegają odpowiednio wzrostowi: 138 obiektów z 417 gazogeneratorami o mocy około 56 000 MW<sub>t</sub>, z przeznaczeniem syngazu do produkcji chemikalii (44%), paliw gazowych i ciekłych F-T (30%) i energii (18%).

Z upływem lat rozwoju technologii następuje nie tylko upowszechnienie zgazowania paliw, ale także:

- ✧ wzrost mocy obiektów i bloków energetycznych (2000 r. – 550 MW<sub>e</sub>; 2010 r. – USA 630 MW<sub>e</sub>, Wlk. Brytanii 800 MW<sub>e</sub>, 2011 r. Holandia – 1200 MW<sub>e</sub>);
- ✧ rozszerzenie dotychczasowej bazy surowcowej (węgiel, koks naftowy, pozostałości z przeróbki ropy naftowej, biomasa) o zgazowanie odpadów węglowych i antracytowych, łupków bitumicznych, pozostałości z produkcji etylenu, bitumów, gazu ziemnego i odpadów;
- ✧ wzrost udziału w budowanych instalacjach gazogeneratorów z ciekłym odprowadzaniem mineralnej części paliw i zawracanych z procesu odpadów – żużla topionego;

TABELA 1. Charakterystyka instalacji zgazowania paliw i odpadów [1]

TABLE 1. The characteristic of fuels and wastes gasification plants [1]

Instalacje zgazowania	Technologia zgazowania Liczba obiektów	Moc, [Mwe]	Surowce paliwa-odpady	Produkty
Instalacje wybudowane na świecie w latach 1972–2007	21 GE (Texaco) – 9	15–550 45, 120, 180, 240, 250, 260, 350, 510, 550	w, k, b, o, p, a, e k, w, e, k, p, w/k, a, a, p	Energia elektryczna (21×) + para (4×), metanol (2×), wodór (2×)
	Shell – 3	120, 250, 253	p, p, w/b	
	Lurgi – 2	170*, 350	w, w/k	
	Dow – 1	15*	w	
	Destec – 1	208	w	
	CoP – 1	260	w	
	Sustec – 1	40	w/o	
	Prenflo – 1	320	w/k	
	China MB – 1 Mitsubishi – 1	72 220	w w	
Proponowane projekty instalacji w USA do uruchomienia w latach 2008–2014	55 GE – 17	75–635 140–630	w × 36, k × 7, s × 5, w/k × 4, w/p × 1, a × 1, o × 1	Energia elektryczna + wodór (13×), syntetyczny gaz (12×), paliwa ciekłe (6×), amoniak-mocznik (3×), metanol (2×), para (1×), chemikalia (1×), nie ustalone (3×). Wydzielanie i sekwestracja CO <sub>2</sub> (3×)
	CoP E-Gas – 4	75–630		
	MHI – 4	630–630		
	Shell – 4	100–630		
	KBR Trans. – 1	285		
	Kellog – 1	(700 ?)		
	Lurgi – 1	?		
	Nie ustalona – 24	275-630		
Proponowane projekty instalacji na świecie poza USA do uruchomienia w latach 2007–2014	26 Shell – 7	100–1200 100–1200	w × 14, a × 3, g × 2, p × 2, w/k × 2, k × 1, o × 1; w/b × 1,	Energia elektryczna + wodór (7×), paliwa ciekłe (4×), metanol (2×), para (1×), chemikalia (3×), nie ustalone (3×).  Wydzielanie i sekwestracja CO <sub>2</sub> (4×)
	Siemens – 2	300, ?		
	BGL – 1	?		
	BHEL FB – 1	125		
	HRL FB – 1	?		
	Killingholme – 1	450		
	Lurgi – 1	?		
	MHI – 1	220		
	Reformer gas – 1	300		
	Sasol – 1	?		
U-Gas – 1 Nie ustalona – 8	? 300–800			

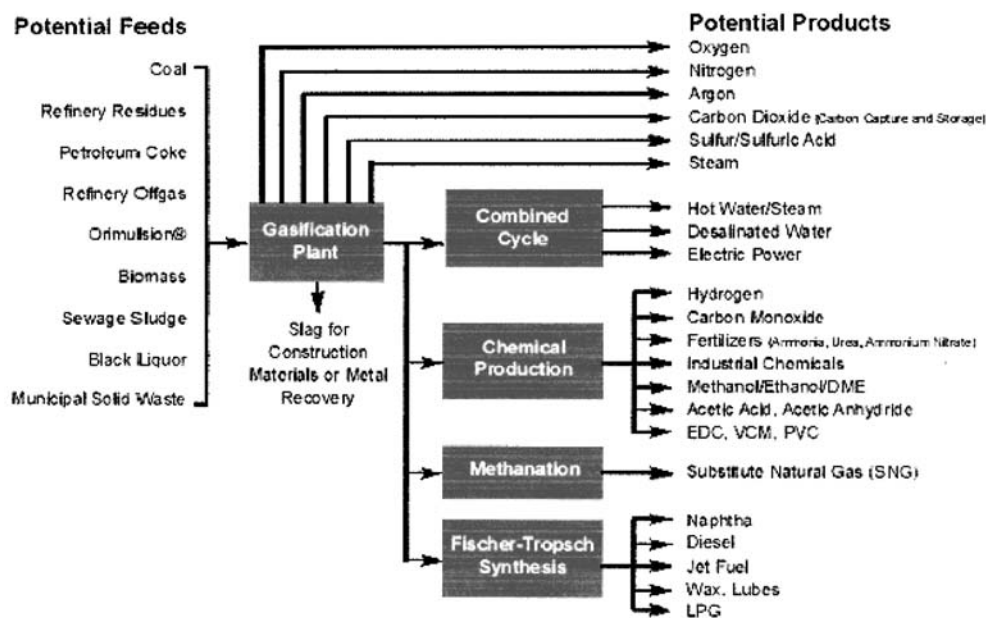
w – węgiel; k – koks naftowy; b – biomasa; o – odpady; p – pozostałość z przerobu ropy; a – asfalt; e – żywice etylenowe; s – łupki bitumiczne; g – gaz ziemny; \* instalacje wyłączone z eksploatacji

- ✧ wzrost udziału projektów zgazowania paliw i odpadów typu „poli”, łączących wytwarzanie energii cieplnej i elektrycznej z procesami wykorzystania syngazu do syntezy organicznej i wodoru;
- ✧ wzrost zainteresowania technologiami wydzielania i sekwestracją dwutlenku węgla z procesów zgazowania paliw i odpadów;
- ✧ obniżanie emisji zanieczyszczeń emitowanych do środowiska ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ , Hg), która jest w wielu przypadkach niższa od występującego z kotłów pyłowych, nawet supernadkrytycznych;
- ✧ obniżanie jednostkowych kosztów inwestycji i wytwarzania energii elektrycznej, które to coraz bardziej zbliżają się do kosztów nowoczesnych bloków energetycznych.

Możliwości wykorzystania różnych paliw i odpadów do zasilania reaktorów gazyfikujących oraz zakresy zagospodarowania syngazu, energii i pozostałych produktów ilustruje rysunek 1.

Z przedstawionej analizy rozwoju technologii i techniki zgazowania wynikają wielorakie możliwości pozytywnego oddziaływania na środowisko, a mianowicie przez:

1. Zagospodarowania wszelkiego rodzaju niskojakościowych paliw i odpadów.
2. Minimalizację, a nawet eliminację powstawania stałych produktów spalania będących odpadami paleniskowymi.
3. Minimalizację, a nawet eliminowanie emisji zanieczyszczeń gazowych do środowiska.
4. Możliwość wytwarzania wodoru, paliwa nie tworzącego odpadów a równocześnie nieodzownego składnika wielu syntez chemicznych.



Rys. 1. Nadawa i produkty zgazowania

Fig. 1. Gasification feeds and products

5. Możliwość stosunkowo łatwego koncentrowania i wydzielania dwutlenku węgla.
6. Możliwość wykorzystania paliw w procesie zgazowania z większą sprawnością chemiczną i termiczną w porównaniu do tradycyjnych technologii spalania.

Zdając sobie sprawę, że nasze górnictwo i energetyka oraz ewentualnie chemia stoją przed bardzo poważnymi decyzjami co do wyboru technologii zgazowania, chciałbym zwrócić szczególną uwagę na potrzebę uwzględnienia zastosowania energonośnych odpadów jako składników paliwa oraz wyboru technologii zgazowania paliw i odpadów w warunkach zapewniających zwetyfikowanie stałych produktów zgazowania paliw.

## 1. Baza paliwowa dla procesów zgazowania

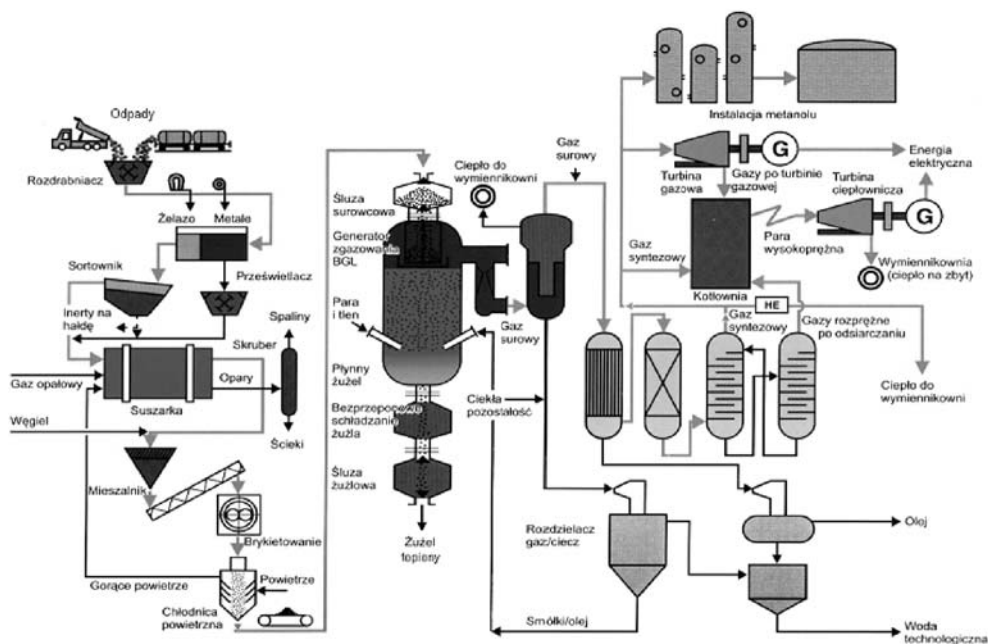
Wybór technologii zgazowania uzależniony jest w dużym stopniu od bazy paliwowej. W szeregu przypadkach budowane instalacje zgazowania podporządkowane są potrzebą zagospodarowaniu posiadanych niskojakościowych produktów i odpadów, dotyczy to głównie przemysłu petrochemicznego dysponującego dużymi ilościami między innymi wysokosiarkowego koksu i ciężkimi pozostałościami przeróbczymi.

Wszędzie tam, gdzie natomiast rozwój zgazowania wynika z potrzeb wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej lub/i surowca dla syntezy chemicznej wybór technologii zgazowania i paliw oparte są głównie o zasady ekonomii i ekologii. W oparciu o te zasady wiele pracujących i budowanych instalacji jako paliwo stosują konkretnie dobrany węgiel; mieszaniny węgla kamiennego lub brunatnego z koksem naftowym, biomasą; łupkami bitumicznymi czy asfaltem i suspensjami wodno-asfaltowymi (Orimulsion®).

Doświadczenia wielu ośrodków zajmujących się badaniami i wdrażaniami technologii zgazowania wykazują dużą elastyczność procesu na stosowanie różnych paliw i odpadów jako nadawy do zgazowania. Szczególnie dla nas, interesujące są wyniki badań w zakresie zgazowania odpadów węglowych i komunalnych oraz biomasy, które jak do tej pory nie znalazły w większości optymalnego zagospodarowania, a ilość ich w dalszym ciągu rośnie.

Jeśli chodzi o wykorzystanie niskich paliw węglowych, to w USA jest budowany zakład zgazowania wysokosiarkowego węgla (Indiana Gasification, Indiana) i odpadów antracytowych (WMPI, Gilberton), a w Indiach zakład (Jindal Steel, Orissa States) zgazowujący węgiel wysokopopiołowy, natomiast w Chinach zakład (SES/Hai Hua Shandong) zgazowania odpadów węglowych. W tym miejscu nieodzownym jest wspomnieć o przerwanej budowie zakładu zgazowania w Libiążu, gdzie nadawę miał spełniać stosunkowo niskiej jakości węgiel z sąsiedniej kopalni.

Wielorokie i wieloletnie badania prowadzone w wielu krajach nad wykorzystaniem odpadów do produkcji syngazu, w interesujący sposób zostały zweryfikowane na instalacji o mocy 130 MW<sub>e</sub> z gazoreaktorem BGL w Schwarze Pumpe [3] (rys. 2). Przeprowadzone badania zgazowania węgla brunatnego z różnymi odpadami pozwoliły na określenie maksymalnych wielkości ich dodatków, co przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 2. Schemat instalacji zgazowania węgla i odpadów komunalnych z reaktorem BGL [3]

Fig. 2. Scheme of the installation for coal and garbage gasification in the BGL reactor [3]

TABELA 2. Udział ilościowy w mieszaninach z węglem podlegających zgazowaniu [3]

TABLE 2. Quantity participation of wastes in mixture subject to gasification [3]

Rodzaj odpadu w mieszaninie z węglem brunatnym	Ilość zagospodarowana na instalacji w Schwarze Pumpe SVZ [Mg]	Maksymalny udział [%]
Odpady komunalne razem	39 754	30
prasowane	32 497	30
Osady z oczyszczalni ścieków razem	20 596	30
suche	7 547	50
Drewno zanieczyszczone	3 742	50
Odpady olejów przemysłowych	2 012	15
Odpady gumy	520	30
Stare farby i odpady	170	15
Rozdrobnione lekkie odpady	2 393	30
Odpady elektroniczne	427	10
Zanieczyszczona gleba i gruz budowlany	17 503	20
Smoła i łupki bitumiczne	4 150	20
Mieszaniny odpadów		45
Odpady stałe razem	91 267	
Oleje niebezpieczne (PCB, Cl itp.)	247 160	100
Mieszaniny oleju z wodą i mieszaniny rozpuszczalnych materiałów	247 160	100
Odpady razem	338 427	

Na podstawie wielotonowych prób stwierdzono, że dodatek odpadów do nadawy węgla brunatnego może się wahać od 10% (odpady elektroniczne) do 50% (suche osady z oczyszczalni ścieków, zanieczyszczone drewno).

Możliwość zagospodarowania odpadów komunalnych określono na 30%. Z analizy schematu instalacji (rys. 2) wynika, że odpady komunalne (MSW) wymagają przeróbki i wytworzenia z nich paliwa (odpowiednika paliwa alternatywnego RDF) przydatnego do tworzenia mieszanki z węglem i ich brykietowania.

Jest oczywiste, że w przypadku innych gazogeneratorów ewentualne przygotowanie odpadów do zgazowania może być trudniejsze, szczególnie gdy paliwo do zgazowania podawane jest w formie suspensji wodnopaliwowej.

Możliwości łączenia procesu zgazowania paliw z odpadami stwarzają warunki do rozwiązywania problemów zagospodarowania odpadów komunalnych oraz mogą się przyczynić do wyeliminowania potrzeby i tendencji budowy spalarni odpadów komunalnych, mniej efektywnych z punktu widzenia sprawności procesów i ochrony środowiska [4]. Ponadto, wysokie temperatury procesu zgazowania umożliwiają likwidowanie odpadów niebezpiecznych, w tym azbestu.

Dotychczasowe niepowodzenia uruchomienia Centrum Utylizacji Odpadów Surowców Wtórnych przy Zakładach Azotowych w Chorzowie nie powinny rzutować na ideę wspólnego zgazowania węgla, odpadów węglowych i komunalnych [5]. Powinny natomiast pozwolić na szybszą identyfikację problemów i opracowywanie skutecznych rozwiązań. Pamiętając, że technologia zgazowania jest nie tylko rozwiązaniem problemów energetyki i chemii, ale także może przyczyniać się do rozwiązania zmyru naszej cywilizacji – odpadów komunalnych.

## 2. Stałe produkty zgazowania paliw i odpadów

W zależności od paliwa i technologii zgazowania powstają produkty uboczne stałe, ciekłe i gazowe do których należą: żużle i popioły lotne, koksik, siarka (ewentualnie kwas siarkowy), gips i mieszanka soli nieorganicznych oraz czysta woda, ciekły azot i dwutlenek węgla. Wśród nich ze względu na ilość i właściwości szczególne znaczenia mają żużle.

Jakość i ilość powstających popiołów lotnych, żużli i koksiku w procesach zgazowania paliw stałych lub/i ciekłych jest funkcją jakości i ilości części mineralnej i związków siarki zawartych w spalonym paliwie i stosowanego ewentualnie reagenta oraz warunków zgazowania paliwa i rozwiązania systemu wydzielania produktów spalania [6].

Przechodząc od ciśnieniowych reaktorów ze stałym złożem, poprzez reaktory fluidalne do reaktorów przepływowych, wzrastające temperatury zgazowania powodują, że mineralne składniki paliw stałych w niższych temperaturach ulegają spiekaniu tworząc żużel granulowany (popiół denny) a w wyższych ulegają stopieniu tworząc żużel topiony. Równocześnie z syngazu wytrącany jest popiół lotny lub koksik albo ich mieszanina.

Ilość żużli i popiołów lotnych znacznie rośnie z tytułu dodatku wapienia do paliwa w celu wiązania siarki w reaktorze, inhibitowania powstawania amoniaku lub/i korekty reologii ciekłego żużla.

Wypalone paliwo w reaktorach ze stałym lub przesuwym złożem w 800 do 1000°C, pod ciśnieniem 1 do 10 MPa, odprowadzane jest z reaktora w postaci żużla granulowanego. Znaczna część wypalonego paliwa w formie pyłu (popiół lotny) jest unoszona z syngazem poza reaktor. Popiół lotny odprowadzany jest na zewnątrz. Uzyskiwany żużel i popioły lotne charakteryzują się umiarkowaną rozpuszczalnością w wodzie.

Nowsze rozwiązania reaktorów z przesuwym złożem w technologii Lurgi np. BLG charakteryzują się wyższymi temperaturami gwarantującymi stopienie żużla i popiołu lotnego. Rozwiązanie takie zostało praktycznie zastosowane na obiekcie w Schwarze Pumpe do zgazowania brykietów węgla brunatnego i peletów odpadów komunalnych (rys. 2).

W reaktorach ze złożem fluidalnym paliwo o uziarnieniu 0,5–5 mm utrzymywane jest w stanie „wrzenia” pod ciśnieniem 1–3 MPa w temperaturze 800–1100°C. Wypalona część mineralna paliwa jest wyprowadzana w postaci popiołu dennego i popiołu lotnego (koksik, związki wapnia), wydzielanego z ochłodzonego gazu w cyklonie i na filtrach świecowych. Badania popiołów lotnych z fluidalnego procesu zgazowania 7 węgla kamiennych i 1 węgla brunatnego wykazały, że zawierają węgiel w ilości od 15,6 (w. brunatny) do 57,7% [6].

W zależności od technologii żużle i popioły lotne znacznie się różnią zawartością koksiku. Zazwyczaj popioły te są dopalane w oddzielnych atmosferycznych lub ciśnieniowych paleniskach fluidalnych lub są zawracane do reaktora albo są wyprowadzane na zewnątrz instalacji do zagospodarowania [7].

Do najbardziej rozpowszechnionych należą reaktory przepływowe, w których pył węglowy w strumieniu tlenu i pary wodnej ulega zgazowaniu w temperaturze dochodząca nawet do 2000°C. Składniki mineralne paliwa (ok. 90%) ulegają stopieniu i w tym stanie są wyprowadzane z reaktora do komory wodnej. Wydzielany z gazu popiół lotny i jest zawracany do reaktora, do strefy ciekłego żużla, gdzie ulega stopieniu – witrifikacji.

Niezależnie od zastosowanej technologii zgazowania paliw, wszędzie tam gdzie pozostałość po spalaniu ulega stopieniu, żużel topiony jest neutralny wobec środowiska. Zawarte w nim składniki, niejednokrotnie groźne dla środowiska, są nierozpuszczalne w wodach; większość ciężkich i rzadkich metali zawartych w paliwie w procesie zgazowania usuwana jest w formie związanej w żużlu topionym. Żużel topiony jest materiałem nietoksycznym i praktycznie nierozpuszczalnym w wodzie oraz nie zawiera WWA.

Zgazowanie paliw i odpadów oraz wymogi ekologii, wymagają stworzenia warunków dla zagospodarowania produktów ubocznych. Doświadczenia zagraniczne i krajowe, z tradycyjnymi popiołami, mogą być wykorzystane niestety w ograniczonym zakresie.

Półspalanie w procesie zgazowania, wpływa zasadniczo na skład produktów ubocznych i podwyższenie zawartości koksiku w żużlach granulowanych i popiołach lotnych. Ponadto, na różnice pomiędzy produktami ubocznymi wywiera wpływ bogatsza paleta paliw kierowanych do zgazowania niż stosowana do bezpośredniego spalania. Natomiast żużle topione wykazują duże podobieństwo między sobą, co umożliwia pełniejsze skorzystanie z dotychczasowych doświadczeń.



Z dokonanego przeglądu warunków powstawania i właściwości ubocznych produktów zgazowania paliw należy odróżnić kierunki zagospodarowania produktów ubocznych z reaktorów z suchym i ciekłym odprowadzeniem żużla oraz produktów ze zgazowania pozostałości z przeróbki ropy i asfaltów.

Generalnie z procesów, w których stapia się żużel, nie wydziela się popiołów lotnych, a jedynie zawraca się je do komory topienia, skąd odprowadzane są wspólnie z żużlem jako żużel topiony. W przypadku wydzielenia, popioły lotne zagospodarowanie są analogiczne jak żużle granulowane i popioły lotne z procesów zgazowania w reaktorach suchych.

Żużle topione z procesów zgazowania są wykorzystane m.in. do produkcji: cementu i spoiw; kruszyw lekkich i materiałów termoizolacyjnych, elementów budowlanych, koncentratów metali oraz jako: kruszywa budowlane, materiał podsadzkowy, materiał filtracyjny, ścierniwo itd. Niezagospodarowane nadają się do bezpiecznego składowania w środowisku. Wody drenażowe wykazały zanieczyszczenie ich poniżej dopuszczalnych wartości. Żużle spełniają wymagania klasy I na materiały składowane (mogą być składowane bez ograniczeń).

Żużle granulowane i popioły lotne z procesów z suchym odprowadzeniem żużla zawierają duże ilości części palnych i siarczku wapnia i ewentualnie nieprzereagowanego wapienia. W tym stanie, te produkty uboczne są niebezpieczne dla środowiska.

Głównym kierunkiem zagospodarowania popiołów dennych jest ich „dopalenie”, Żużel granulowany i popioły lotne po dopalaniu zagospodarowywane są analogicznie jak stałe produkty z palenisk fluidalnych, włącznie z zastosowaniem ich do nawożenia gleb.

Niezagospodarowane popioły lotne i żużle topione z procesu zgazowania paliw, ze względu na dużą zawartość substancji rozpuszczalnych w wodzie, obecność siarczków i dużą zawartość substancji organicznych, wymagają specjalnego potraktowania dla wyeliminowania ich ujemnego oddziaływania na środowisko. W jednym przypadku podano, że popioły ze zgazowania przed oddaniem ich do składowania podlegają brykietowaniu, eliminując w ten sposób ich pylenie, rozmywanie i wymywanie.

Przeprowadzone badania żużli topionych uzyskanych ze zgazowania węgla z kopalni Janina w gazogeneratorach Koppers-Totzek w Turcji potwierdziły ich neutralność wobec środowiska oraz wysoką aktywność hydrauliczną. Żużel został zakwalifikowany jako surowiec do produkcji cementu i spoiw (bez- i cementowych) oraz jako kruszywo aktywne do sporządzania betonów najwyższych marek, ścierniwo do obróbki metali, materiał filtracyjny, materiał podsadzkowy itd.

Wszystkie te dane wskazują na celowość wyboru gazogeneratorów z ciekłym odprowadzeniem żużla, by nie tworzyć nowych odpadów paleniskowych które nie są obojętne dla środowiska i mogą tworzyć określone problemy.

## Podsumowanie

Technologie zgazowania paliw stałych i ciekłych umożliwiają zagospodarowanie paliw alternatywnych i odpadów energonośnych oraz uzyskiwanie produktów ubocznych o wartościach użytkowych i handlowych.

Problem zagospodarowania odpadów komunalnych może być w znacznym stopniu rozwiązany poprzez wydzielanie z nich paliwa alternatywnego i poddawanie go zgazowaniu, jako dodatku do paliwa podstawowego.

Technologie, w których pozostałości po zgazowaniu paliw są topione i po schłodzeniu są wydzielane w postaci żużla topionego, należą do przyjaznych dla środowiska. Zwitryfikowane pozostałości są nierozpuszczalne w wodzie, stosowane są do produkcji materiałów budowlanych oraz jako kruszywa w robotach inżynierskich. Niezagospodarowane, mogą być składowane bez ograniczeń.

Produkty uboczne z reaktorów z suchym odprowadzeniem żużla, zawierają znaczne ilości koksiku i siarczku wapnia, zazwyczaj nie nadają się do bezpośredniego zagospodarowania ani też do składowania. Żużle granulowane i popioły lotne są dopalane w paleniskach fluidalnych, z których popioły mają ustalone sposoby ich zagospodarowania lub/i ewentualnego składowania.

Z punktu widzenia możliwości zgazowywania szerokiej gamy paliw i odpadów oraz jakości żużla najbardziej perspektywicznymi procesami są technologie bazujące na reaktorach z ciekłym odprowadzaniem stałych pozostałości zgazowania węgla.

## Literatura

- [1] Where have we been and where are we headed? (Operational IGCC plants. Proposed projects in North America. Proposed projects outside North America). Gas Turbine World 2007, No 1.
- [2] CHILDRESS J., 2007 — The Gasification Industry: 2007 Status & Forecast. Coal\_Gen Mega Session. August 3, Millwaukee, WI.
- [3] SVZ Schwarze Pumpe gasifies coal and wastes for chp. Modern Power Systems 1996, nr 9.
- [4] Hycnar J., Bugajczyk M., Duda J., 2002 — Koncepcja wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju energetyki. XVI Konferencja: Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej, Zakopane, 6–9 października 2002.
- [5] Utylizacja Odpadów Komunalnych I Przemysłowych. Oferta dla Śląska. Zakłady Azotowe Chorzów-Holding-Spółka Akcyjna. Chorzów, Marzec 1998
- [6] Hycnar J., 2003 — Produkty uboczne procesu zgazowania. [W:] Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy. Praca zbiorowa pod redakcją Ścieżko M. i Zieliński H. Wyd. IChPW i IGSMiE PAN, Zabrze–Kraków.
- [7] Hycnar J., 2006 — Czynniki wpływające na właściwości fizykochemiczne i użytkowe stałych produktów spalania paliw w paleniskach fluidalnych. Wyd. Górnicze, Katowice.

Jan J. Hycnar

## Ecological aspects of fuel gasification process

### Abstract

Fuel gasification process, due to proceeding high-temperature processes as well as the applied cleaning and processing of gas, enables the recovery and acquisition not only of heat but also of syngas and hydrogen for chemical and power industries, and it makes carbon dioxide separation and sequestration comparatively easy.

The experiments carried out abroad indicate that through the right choice of gasifying reactor its charge can be composed not only of conventional fuels but also of biomass, refinery wastes, coal mining wastes, municipal refuse etc. Moreover, high temperatures enable the elimination of hazardous waste.

Solid wastes forming during the process, depending on gasification temperature, assume the shape of either bottom ash or slag. As a result of vitrification, slag, unlike bottom ash, is an ecologically neutral material with a considerable utilization potential, practically irrespective of gasified fuel.

Solid and fluid impurities in gas, after their separation, are recycled to the reactor to be submitted to gasification process. Their mineral part is changed into slag, whereas sulfur components are reduced to sulfur and then, possibly, oxidized to sulfuric acid. Depending on an accepted processing model, there can be separated carbon dioxide and hydrogen from the synthesis gas.

Heat recuperation from synthesis gas and from its combustion in gas-steam cycle results in high efficiency of the process and minimization of environmental pollution.

KEY WORDS: gasification of fuels and wastes, by-products and wastes from fuel gasification