

Zgazowanie węgla mity czy rzeczywistość

Marek Ściążko, Tomasz Chmielniak

1. WPROWADZENIE

Oczekuje się, że w drugiej połowie XXI wieku nastąpi zasadnicza zmiana w światowej strukturze zużycia paliw pierwotnych. Zasoby ropy naftowej będą na wyczerpaniu, a dostęp do gazu ziemnego znacznie ograniczony, mimo wysiłków związanych z wykorzystaniem niekonwencjonalnych gatunków superciężkich rop i hydratów metanu. Wyczerpywanie się naturalnych zasobów paliw węglowodorowych może zostać znacznie przyspieszone w wyniku intensywnego wzrostu zapotrzebowania na te nośniki energii, w szczególności w takich krajach, jak Chiny i Indie. Nieunikniony będzie w związku z tym powrót do szerokiego wykorzystania najbardziej zasobnego na świecie kopalnego surowca energetycznego, jakim jest węgiel, który z powrotem nabiera znaczenia także jako surowiec dla przemysłu chemicznego.

Rozwój nowych technologii węglowych związany jest nie tylko z oczekiwaniami zastąpienia kopalnych paliw gazowych i ciekłych przez produkty otrzymane z węgla, ale także istotną rolę odgrywa możliwość osiągnięcia lepszej efektywności ekonomicznej przy coraz ostrzejszych wymaganiach środowiskowych.

Zarówno w technologiach energetycznych, jak i chemicznych emitowane są znaczne ilości ditlenku węgla, który uważany jest za główną przyczynę zagrożenia efektem cieplarnianym. Z jednej strony obawa przed kryzysem dostępu do ropy naftowej i gazu ziemnego, a z drugiej wymagania zmniejszenia emisji ditlenku węgla w energetyce spowodowały po raz pierwszy sytuację, że jeden z podstawowych procesów chemicznej przeróbki węgla – zgazowanie – stał się interesujący zarówno dla przemysłu chemicznego, jak i dla energetyki. Największą aktywność w przemysłowym wykorzystaniu zgazowania przejawiają obecnie Chiny i Stany Zjednoczone Ameryki Północnej. W samych Chinach zgazowaniu poddaje się rocznie ok. 100 mln ton węgla, głównie na potrzeby przemysłu chemicznego. W oparciu o zgazowanie produkuje się 70% wytwarzanego amoniaku (całkowita produkcja 46,8 mln ton/rok) oraz 80% metanolu (całkowita produkcja 11,0 mln ton/rok). Obecnie w Chinach buduje →

→ Zgazowanie węgla...

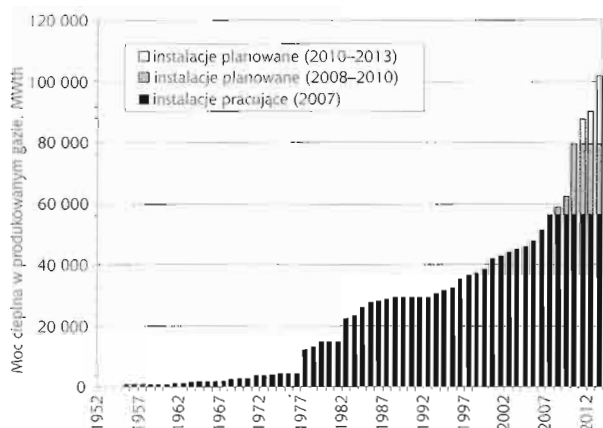
się 15 zakładów zgazowania o skali przerobu węgla 0,7÷2,5 mln ton/rok. Struktura zużycia paliw pierwotnych w Chinach jest prawie taka sama, jak w Polsce i – jak można przypuszczać – podobne podejście do rozwoju przemysłu przetwórczego może być obiektywnie atrakcyjne także w naszym kraju.

Rozwój czystych technologii węglowych wiązać się będzie nierozdzielnie z rozwojem układów poligeneracyjnych, łączących wytwarzanie energii elektrycznej oraz produktów chemicznych z węgla, głównie paliw płynnych silnikowych, metanolu lub wodoru. Takie rozwiązanie daje możliwość podniesienia ogólnej sprawności wykorzystania energii pierwotnej oraz znaczącej poprawy ekonomiki produkcji przy równoczesnym usunięciu wszystkich niebezpiecznych dla środowiska zanieczyszczeń w trakcie procesu, co odróżnia ten układ od klasycznych technologii spalania, w których zabiegi oczyszczania prowadzone są dopiero na wytworzonych spalinach.

2. STAN ROZWOJU TECHNOLOGII ZGAZOWANIA

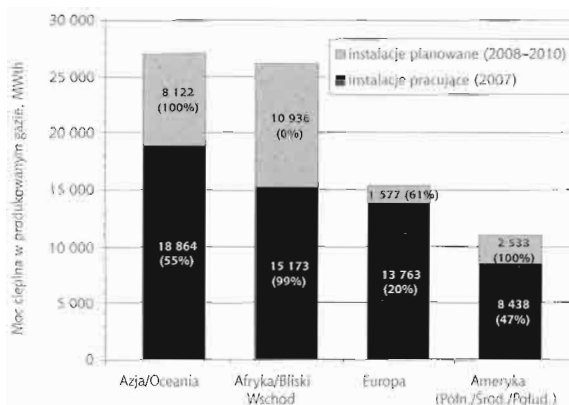
Przegląd światowego stanu rozwoju technologii zgazowania przeprowadzony w roku 2007 przez U.S. Department Energy i National Energy Technology Laboratory [1, 2] pokazuje, że na świecie działa 144 instalacje zgazowania wyposażonych w 427 reaktorów o łącznej mocy 56 238 MWth (moc ciepła w produkowanym gazie). Oznacza to, że w okresie 1980–2007 zanotowano prawie trzykrotny przyrost światowej produkcji gazu pozyskiwanego na tej drodze (z około 20 do 56 GW). W latach 2004–2007, tj. od poprzedniego przeglądu DOE/NETL, powstało 27 nowych instalacji zgazowania (11237 MWth; wzrost o 25%). Dotyczy to głównie układów zgazowania węgla, wytwarzających gaz na potrzeby syntezy chemicznej i zlokalizowanych w Chinach. Kolejny 41-procentowy przyrost ma nastąpić przed rokiem 2010 (rys.1.). [1–3].

Rys. 1. Światowy rozwój technologii zgazowania paliw [1, 2]



Do roku 2010 największy przyrost mocy produkcyjnej układów zgazowania nastąpi w regionie Afryki i Bliskiego Wschodu, przy czym dotyczy to układu konwersji gazu

Rys. 2. Sumaryczna wydajność reaktorów zgazowania w zależności od regionu geograficznego świata (stan obecny i prognozowany do roku 2010) [1, 2]. Wartości procentowe dotyczą udziału reaktorów zgazowania wykorzystujących węgiel jako paliwo podstawowe.

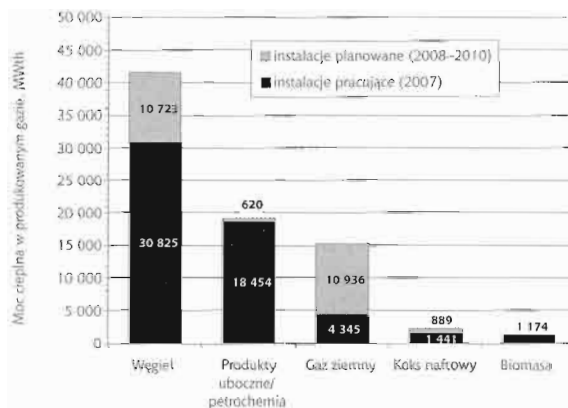


ziemnego* wdrażanego w Katarze o sumarycznej mocy w wytwarzanym gazie 11000 MWth, (47% planowanego światowego wzrostu produkcji gazu), który stanowić będzie element instalacji produkcji paliw płynnych. Na drugie miejsce (46% wzrostu produkcji gazu) wysunie się region Azji i Oceanii, głównie dzięki wdrażanym w Chinach instalacjom zgazowania węgla [1–3] (rys. 2.). Łącznie w Chinach pracuje obecnie 60 reaktorów Texaco i 20 reaktorów typu Shell.

2.1 Surowce do zgazowania [1, 2]

Zasadniczym surowcem wsadowym jest węgiel, który wykorzystywany jest w obecnie pracujących instalacjach zgazowania, mających 55-procentowy udział w światowej produkcji gazu. Kolejne miejsca zajmują uboczne produkty przemysłu petrochemicznego (33%), a pozostałe 12% produkowane jest z gazu, koksu naftowego i biomasy (rys. 3.).

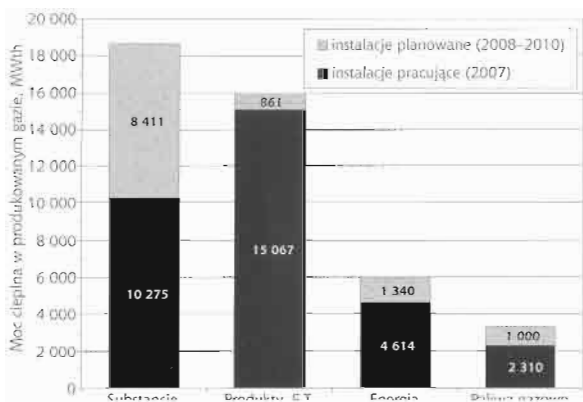
Rys. 3. Sumaryczna wydajność reaktorów zgazowania w zależności od stosowanego paliwa (stan obecny i prognozowany do roku 2010) [1, 2]



W przypadku instalacji planowanych do uruchomienia (do roku 2010) rola węgla jako podstawowego paliwa zostanie utrzymana. Będzie on wykorzystywany w 12 z 15 budowanych zakładów (rys. 3.).

Wśród instalacji obecnie eksploatowanych na potrzeby chemii (z wyłączeniem syntezy Fischera-Tropscha), zasadniczym surowcem wsadowym są produkty uboczne przemysłu petrochemicznego (48% produkcji gazu). Kolejne miejsce zajmują węgiel (38%), gaz ziemny (13%) oraz koks naftowy (1%). Do roku 2010 udział węgla w światowej produkcji gazu syntezowego wzrośnie do 50% (rys. 4).

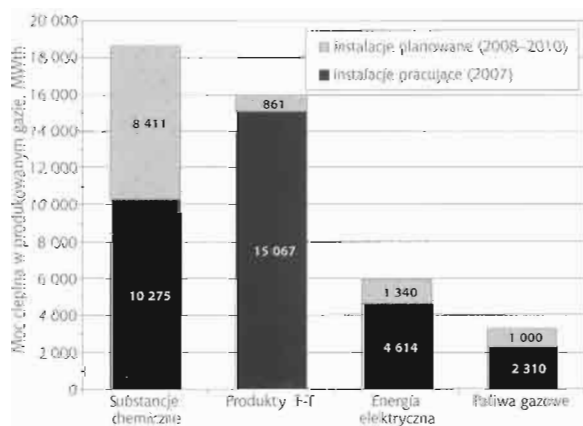
Rys. 4. Sumaryczna wydajność reaktorów zgazowania wytwarzających gaz do produkcji chemicznej w zależności od stosowanego paliwa (stan obecny i prognozowany do roku 2010) [1,2]



2.2. Zgazowanie węgla [1, 2]

Gaz wytwarzany w układach zgazowania węgla wykorzystywany jest głównie w syntezie Fischera-Tropscha (47% światowej produkcji gazu). Związane jest to przede wszystkim z pracującymi w Afryce Południowej zakładami produkcji paliw płynnych, które wykorzystują technologie zgazowania w złożu stałym (Sasol Lurgi). Pozostałe 53% gazu wytwarzanego z węgla wykorzystywane jest do produkcji różnych substancji chemicznych (m.in. amoniak, wodór, metanol oraz inne związki tlenowe; 32%), energii elektrycznej (14%) oraz paliw gazowych (7%). W przypadku instalacji planowanych do uruchomienia w latach 2008–2010 generowany gaz służyć będzie głównie do produkcji substancji chemicznych (72%; rys. 5).

Rys. 5. Sumaryczna wydajność reaktorów zgazowania węgla w zależności od produktów wytwarzanych z gazu procesowego (stan obecny i prognozowany do roku 2010) [1,2]

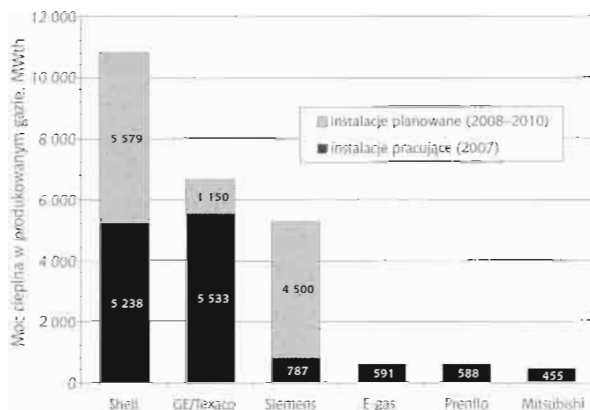


W przypadku wykorzystania węgla obecnie najbardziej rozpowszechnionymi układami zgazowania są (nierozwijane już) technologie zgazowania w złożu stałym (57% produkcji gazu), co jest wynikiem dużego potencjału wytwórczego zakładów Sasol. Uwzględniając jednak wdrożenia planowane do roku 2010, udział tej technologii wyraźnie spadnie – do 42%.

Najbardziej intensywnie rozwijanymi technologiami zgazowania węgla są procesy wykorzystujące reaktory dyspersyjne. Znajduje to potwierdzenie w zrealizowanych w latach 2004–2007 i planowanych do roku 2010 wdrożeniach, z których praktycznie wszystkie dotyczą reaktorów tej konstrukcji.

Rozpatrując wyłącznie technologie zgazowania węgla w reaktorach dyspersyjnych (technologie o największym potencjale rozwojowym), dominujący udział w produkcji gazu mają technologie GE Energy/Texaco (42%) oraz Shell (40%). Do pozostałych należą: Siemens Fuel Gasification Technology (SFG, 6%), ConocoPhillips/E-Gas (4,5%), Elcogas S.A./Prenflo (4,5%), Mitsubishi (3%). Wśród przewidzianych do uruchomienia instalacji największy udział ma technologia Shell (50%) oraz Siemens/SFG (40%) (rys. 6).

Rys. 6. Struktura licencjodawców technologii zgazowania węgla w reaktorach dyspersyjnych (stan obecny i prognozowany do roku 2010) [1, 2]



3. SUBSTYTUCJA GAZU ZIEMNEGO STOSOWANEGO W KRAJOWYM PRZEMYSŁE CHEMICZNYM

Największe zużycie gazu ziemnego w sektorze przemysłu chemicznego przypada na zakłady azotowe, które wykorzystują rocznie ok. 2,5 mld m³ tego surowca, służącego zasadniczo do produkcji wodoru, a następnie amoniaku [4]. W poszczególnych zakładach zużycie to mieści się w zakresie 200–900 mln m³ rocznie. Biorąc pod uwagę, że gaz ziemny stanowi główny składnik kosztów wytwarzania nawozów sztucznych, jego aktualna cena oraz perspektywy jej wzrostu wpływają na znaczne zmniejszanie się opłacalności produkcji i powodują konieczność poszukiwania nowych źródeł surowcowych, pozwalających na utrzymanie jej rentowności i dalszy rozwój.

Rolę taką może spełnić węgiel, z którego na drodze zgazowania można otrzymać gaz procesowy o składzie i czystości pozwalającym na zastosowanie w syntezie chemicznej. Zastosowanie zgazowania węgla dla potrzeb przemysłu chemicznego →

→ pozwoli na efektywny rozwój tej branży w kierunku produkcji nawozów i metanolu.

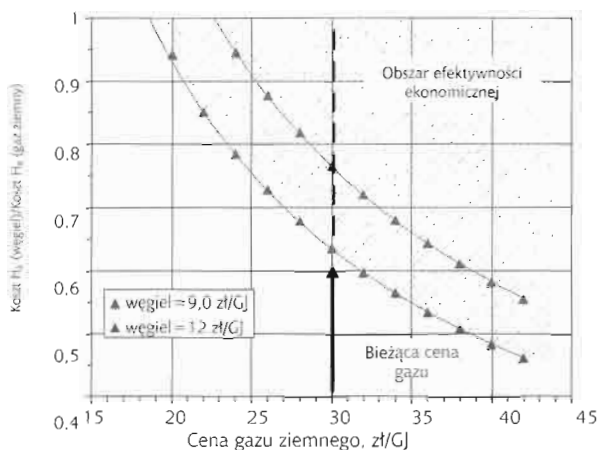
Niezwykle istotnym aspektem substytucji gazu ziemnego węglem jest również możliwość dywersyfikacji bazy surowcowej dla przemysłu chemicznego, a tym samym zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Przy obecnym poziomie produkcji, ilość węgla dla zaspokojenia potrzeb całego krajowego przemysłu nawozowego wynosi 4–5 mln t.

Prowadzone przez ICHPW analizy techniczno-ekonomiczne możliwości zastosowania procesu zgazowania węgla dla po-

Wyczerpywanie się naturalnych zasobów paliw węglowodorowych, przy jednoczesnym wzroście zapotrzebowania na energię, sprawia, że rośnie rola węgla jako nośnika energii oraz potencjalnego surowca w przemyśle chemicznym.

trzeb przemysłu chemicznego wykazują dużą efektywność ekonomiczną takich przedsięwzięć. W tabeli zestawiono podstawowe parametry techniczno-ekonomiczne podstawowego ciągu technologicznego wytwarzania wodoru z węgla przy zastosowaniu technologii zgazowania. Jak wynika z przedstawionych danych, produkcja wodoru poprzez zgazowanie węgla, przy założeniu obecnych uwarunkowań cenowych oraz zastosowaniu oferowanych na rynku dojrzałych rynkowo technologii zgazowania i konwersji gazów procesowych – pozwala na redukcję kosztów wytwarzania ok. 30% w stosunku do metod tradycyjnych, wykorzystujących gaz ziemny.

Rys. 7. Zmiana względnych kosztów wytwarzania wodoru w funkcji ceny gazu dla ceny węgla 9 i 12 zł/GJ



Opłacalność produkcji wodoru z węgla występuje już przy cenach gazu ziemnego wynoszących 19 i 23 zł/GJ odpowiednio dla ceny węgla 9 i 12 zł/GJ. Przy obecnych cenach gazu i węgla, założonych na poziomie 30 i 9 zł/GJ, koszt produkcji wodoru przy wykorzystaniu procesu zgazowania stanowi jedynie 65% kosztu wytwarzania tego surowca przy zastosowaniu tradycyjnych technologii, opartych na gazie ziemnym (rys. 7.). Ró-

Parametry techniczno-ekonomiczne podstawowego ciągu technologicznego wytwarzania wodoru z węgla

Zużycie węgla, mln t/rok	1,1
Produkcja wodoru, tys. t/rok	110*
CO ₂ wyseparowane, mln t/rok	1,9
Koszty inwestycyjne, mln zł	1300
Koszty produkcji wodoru, zł/kg (coal gasification)	3,1

* odpowiada zużyciu ok. 500 mln m³ gazu ziemnego/rok

wnieź przyjęcie wysokiej ceny węgla (12 zł/GJ) pozwala na zachowanie wysokiej efektywności ekonomicznej, nawet w przypadku konieczności wprowadzenia opłaty za emisję CO₂ w wysokości do 40/t.

Biorąc pod uwagę dotychczas znacznie wolniejszy wzrost cen węgla niż gazu ziemnego, oraz przewidywane zachowanie takiej tendencji w przyszłości, należy oczekiwać, że atrakcyjność ekonomiczna zastosowania technologii zgazowania węgla do produkcji wodoru zostanie utrzymana.

PODSUMOWANIE

Wyczerpywanie się naturalnych zasobów paliw węglowodorowych, przy jednoczesnym wzroście zapotrzebowania na energię, sprawia, że rośnie rola węgla jako nośnika energii oraz potencjalnego surowca w przemyśle chemicznym.

Spośród termochemicznych metod konwersji węgla w perspektywie krótko- i średnioterminowej największe znaczenie odegrają technologie zgazowania, stanowiące efektywną metodę produkcji paliw gazowych, które mogą być wykorzystywane do produkcji energii w postaci ciepła, energii elektrycznej lub jako surowiec do produkcji substancji chemicznych oraz paliw. Szczególnie interesujące wydaje się zastosowanie procesu zgazowania dla wytwarzania wodoru stosowanego w syntezie chemicznej. Biorąc pod uwagę, że dotychczas wodór otrzymywany jest z gazu ziemnego, uruchomienie instalacji zgazowania pozwoli na zrobienie pierwszego kroku w kierunku budowy niezależności przemysłu chemicznego od dostaw gazu ziemnego. ■

Marek Ściążko, Tomasz Chmielniak

Institut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze
e-mail: office@ichpw.zabrze.pl

Literatura

- [1] Gasification World Database 2007- Current Industry Status, Robust Growth Forecast, DOE / NETL USA dostępny: www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/database/database.html
- [2] Gasification Database (9/2007) DOE/ NETL USA dostępny: www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/database/database.html
- [3] Siemens Fuel Gasification Technology at a Glance; Meeting ICHPW/Siemens; Freiberg Germany 22.02.2008.
- [4] Raport 2006, PGNiG S.A, dostępny w: <http://www.pgnig.pl/pgnig/ri/838/840>

* Publikowany przegląd DOE/NETL zalicza takie rozwiązanie do technologii zgazowania. W istocie jest to proces półspalania gazu ziemnego, realizowany w warunkach podwyższonego ciśnienia w układzie reaktora zgazowania Shell.