

## Węgiel raz jeszcze? Zamiennik ropy

**Autor: Włodzimierz Kotowski**

(„Nafta & Gaz Biznes- wiosna 2006)

**Szybkie zbliżanie się gospodarki światowej do apogeum wydobycia ropy – co nastąpi w najbliższych latach – wymusza rozwój produkcji paliw płynnych z gazu ziemnego, węgla kamiennego i brunatnego oraz z biomasy.**

W latach 1952-1983 firma SASOL (South African Coal, Oil and Gas Corporation) zbudowała w okolicy Sasolburga w Republice Południowej Afryki trzy linie produkcyjne paliw płynnych metodą Fischera-Tropscha z węgla kamiennego, wydobywanego z lokalnych złóż. Ich łączna moc produkcyjna wynosiła 4,5 mln t/r benzyn, oleju napędowego, paliwa odrzutowego i oleju opałowego.

W ostatnich 20 latach uruchomiono na świecie sześć zakładów produkcji paliw płynnych z gazu ziemnego (tabela 1), a trzynaście jest w budowie oraz w fazie projektowania. Zbudowane fabryki wytwarzają paliwa płynne metodą Fischera-Tropscha - z mieszaniny tlenku węgla i wodoru.

Przez prawie ćwierć wieku cena ropy oscylowała wokół 2,5 USD/baryłkę. Jednak już pierwszy światowy kryzys energetyczny w 1974 r. podwyższył ją do 16 USD/baryłkę, następny do 34 USD/baryłkę, a w 2005 r. cena baryłki ropy wynosiła już około 60 USD.

Tabela 1.

Informacje Lokalizacja	Rok uruchomienia	Moc produkcyjna; m <sup>3</sup> /dobę	Technologia
Montunui, Nowa Zelandia	1985	2300	Mobil
Mossel Bay, Afryka Południowa	1993	4370	Sasol
Bintulu, Malezja	1993	1810	Shell
Szelf/NW, Australia	2004	1830	Syntroleum
Escravos, Nigeria	2005	5410	Sasol
Ras Laffan, Katar	2005	5410	Sasol

### Alternatywa godna uwagi

Gospodarka Polski w zakresie paliw silnikowych zależna jest głównie od importowanej ropy naftowej. Tymczasem w ostatnich latach krajowe górnictwo eksportuje rocznie około 15 mln ton węgla i to nie zawsze z dodatnim efektem ekonomicznym. Z tego powodu być może korzystne byłoby przetwarzanie tych nadwyżek wydobywanego węgla do najwyższej jakości paliw silnikowych.

Już w okresie międzywojennym opracowano dwie technologie przemiany węgla kamiennego i brunatnego do paliw silnikowych. W jednej – wg patentu prof. Bergiusa – węgiel zmielony i poddany działaniu rozpuszczalników, w obecności katalizatora żelazowego podlega hydrokrakingowi w temperaturze 430 -470°C, pod ciśnieniem 25-70 MPa. Najnowsze tego typu instalacje pracowały podczas II wojny światowej na terenach Zakładów Chemicznych „Blachownia” i Fabryki „Police” pod Szczecinem. Po wojnie zostały one zdemontowane przez wojska radzieckie.

Wysoko rozwinięte kraje doskonały ten proces w swoich laboratoriach. Chiny zakupiły w 2004 r. tego typu nowoczesną technologię wraz z instalacją pilotową z Niemiec. Zamontowano ją i realizowane są już działania badawczo-wdrożeniowe w największym zagłębiu węglowym w tym kraju.

Drugą technologią jest synteza Fischera-Tropscha, podczas której mieszanina tlenku węgla z wodorem w obecności katalizatora jest przetwarzana do wysokiej jakości paliw silnikowych. Potrzebny gaz syntezowy uzyskuje się poprzez tlenowo-parowe zgazowanie węgla kamiennego oraz brunatnego lub biomasy, względnie na drodze reformingu metanu. Najnowszą wytwórnię tego typu eksploatowali Niemcy w czasie II wojny światowej na terenie Zakładów Koksowniczych w Zdieszowicach na Opolszczyźnie. Również ona po wojnie została zdemontowana przez wojska radzieckie.

W tym procesie wytwarzania paliw silnikowych z węgla kamiennego i brunatnego oraz z gazu ziemnego stosuje się różne katalizatory. Przemysłowe zastosowanie znalazły katalizatory: kobaltowy i żelazowy, przy czym droższy jest wariant technologiczny z zastosowaniem katalizatora kobaltowego.

### **Katalityczny hydrokraking**

W Zakładach Chemicznych „Blachownia”, gdzie zachowało się sporo z dokumentacji techniczno-technologicznej tamtejszej fabryki „Oberschlesische Hydrierwerke AG Blechhammer”, produkowano do 450 tys. t/r paliw silnikowych, głównie z węgla kamiennego z kopalni „Anna” w okręgu rybnickim.

Wodór w tym kompleksie przemysłowym wytwarzano na drodze tlenowo-parowego zgazowania węgla metodą Lurgi. W „Blachowni” zastosowano już trzecią generację procesu Bergiusa, profesora z politechniki w Hannoverze, który opatentował tą technologię i sprzedał Zakładom BASF na wyłączność.

Ta skomplikowana technologia obejmuje trzy procesy. Pierwszy z nich to uwodornianie (hydrokraking) węgla w obecności żelazowego katalizatora w fazie płynnej (dokładniej - w suspensji olejowej).. Proces przeprowadzano pod ciśnieniem 70 MPa i w temperaturze 450-480°C. Hydrokraking węgla przebiegał z efektem egzotermicznym i wymagał chłodzenia. W tym celu do każdego z reaktorów wdmuchiowano zimny wodór, na określonych wysokościach. W ramach drugiej operacji procesowej, opary z gorącego separatora oraz lekkie frakcje z próżniowej kolumny destylacyjnej kierowano do reaktora hydrokrakingu II na stacjonarnym katalizatorze Mo - W (molibdenowo-wolframowym). Produkt ciekły z zimnego separatora kierowano do kolumny rektyfikacyjnej dla wydzielenia surowej benzyny i oleju napędowego (produkty gotowe) oraz oleju powrotnego, który zwracano do procesu w celu zarabiania (mieszania) zmielonego węgla z katalizatorem żelazowym.

Gaz wodorowy z zimnego separatora w części zawracano do procesu uwodorniania węgla przez płuczkę, dla usunięcia siarkowodoru oraz dwutlenku węgla, a w części kierowano do sieci gazu opałowego. Z siarkowodoru wytwórnie Bergiusa wytwarzały kwas siarkowy. Wytworzoną benzynę surową, mającą niską liczbę oktanową, poddawano procesowi katalitycznego reformingu w trzeciej operacji. W tym etapie technologii prowadzonej pod ciśnieniem 50 barów i w temperaturze 500-550°C, przebiegała tzw. operacja aromatyzacji na katalizatorze platynowym, podnosząca liczbę oktanową benzyny do prawie 92 jednostek.

### Synteza paliw silnikowych

W warunkach europejskich, minimalnie opłacalną wielkością produkcji fabryki Fischera-Tropscha z reaktorami fluidalnymi i katalizatorem żelazowym jest 3 mln t/r paliw silnikowych.

Lokalizując taką fabrykę na terenie uzbrojonych działek Firmy Chemicznej „DWORY”, tj. w otoczeniu kopalń nadwiślańskich, jej koszt budowy wyniósłby 1,7-2,0 mld ero (wg cen z 2004 r.), co szczegółowo prezentuje tabela 2. Byłby to referencyjny zakład dla wszystkich krajów europejskich mających złoża węgla kamiennego. Cykl budowy tego kompleksu na terenie Firmy Chemicznej „DWORY” potrwałby 3-4 lata.

Obok 3 mln t/r paliw płynnych zakład produkowałby: 0,37 mln t/r etylenu, 0,172 mln t/r chemikaliów, 0,2 mln t/r amoniaku i 0,18 mln t/r siarki metodą Clausa z odsiarczania gazu syntezowego. Wytwarzana smoła winna być zawracana do generatorów zgazowania węgla.

Tabela 2. Koszty budowy fabryki syntezy paliw płynnych w ilości 3 mln t/r. metodą Fischera-Tropscha z węgla kamiennego

Pozycja kosztów	Nakłady; mln €
Wytwarzanie i oczyszczanie gazu syntezowego	350 – 420
Synteza Fischera-Tropscha	250 – 300
Rozdział półproduktów	310 – 380
Jednostki energetyczne i pomocnicze	200 – 260
Opłaty licencyjne i projektowe	175 – 190
Pierwszy wkład katalizatorów i chemikaliów	60 – 70
Rozruch fabryki	140 – 150
Wydatki nieprzewidziane (rezerwa)	230 – 250
<b>Razem</b>	<b>1,715 – 2,020</b>

Aby uzyskać 3 mln t/r paliw płynnych trzeba zgazować 9 mln t/r węgla w generatorach, z zastosowaniem mieszaniny tlenowo-parowej, w temperaturze 1350-1600°C, pod ciśnieniem

2,5-3,5 MPa. Zastosowane mogą tutaj znaleźć najnowsze generatory koncernów: Texaco, Shell lub Lurgi Dry Ash, każdy o przerobie węgla 2200-2600 t/dobę.

Sam proces syntezy Fischera-Tropscha będzie przebiegał w reaktorach z fluidalnym lub suspensyjnym złożem katalizatora żelazowego. Wewnątrz reaktorów są kotły wodno-parowe, gdyż synteza Fischera-Tropscha jest silnie egzotermiczna. Wytwarzany ubocznie metan zostanie od razu poddawany katalitycznej, tlenowo-parowej konwersji do mieszaniny CO + H<sub>2</sub>, kierowanej do reaktorów syntezy Fischera-Tropscha.

Tylko 40% produktów pierwotnych tej syntezy nadaje się do destylacji w celu uzyskania paliw silnikowych. Lżejsze oraz cięższe półprodukty zostają przerobione w procesach: polimeryzacji, alkilacji i krakingu na paliwa płynne dokładnie w taki sam sposób, jak przebiega przerób ropy w Polskim Koncernie Naftowym „ORLEN” w Płocku.

Benzyna z tej fabryki będzie pod względem jakości równa tej najlepszej otrzymywanej z ropy naftowej, a olej napędowy będzie charakteryzowała wyższa liczba cetanowa o około 10 jednostek w stosunku do obecnie tankowanego w Europie, powstałego w wyniku przerobu ropy.

Założono wytwarzanie 8 – 10.000 t/d paliw płynnych przy zgazowaniu 24-30.000 t/d węgla oraz przerób 16-20.000 t/d tego nośnika energii w fabrycznej elektrociepłowni.

Zakładając, że cena węgla dostarczanego ze zlokalizowanych blisko kopalń wyniesie 38 euro/t, średni koszt produkcji benzyny wyniesie 0,64 euro/litr (tabela 3).

Tabela 3. Koszty wytwarzania w Polsce 1 litra benzyny metodą Fischera-Tropscha z miazgu węglowego z kopalń nadwiślańskich

Pozycja kosztów	Nakłady; €/litr
Surowiec	0,21
Chemikalia i katalizatory	0,06
Media energetyczne	0,09
Koszta osobowe	0,07
Remonty	0,05
Amortyzacja	0,09
Inne	0,07
<b>Razem</b>	<b>0,64</b>

Paliwa silnikowe wytwarzane z węgla nie tylko nie ustępują najlepszym z ropy, przy czym olej napędowy oraz olej opałowy są znacznie lepsze. Olej napędowy z ropy osiąga liczbę cetanową w wysokości około 55, podczas gdy pochodzący z syntezy Fischera-Tropscha ma ten parametr na poziomie aż 80 jednostek.

Właściwości fizyko-chemiczne olejów opałowych z ropy i z węgla otrzymanych na drodze syntezy Fischera-Tropscha zestawiono w tabeli 4. Ten z syntezy Fischera-Tropscha jest pod każdym względem lepszy od wytwarzanego z ropy: nie zawiera rakotwórczych aromatów, brak w nim związków siarki, ma relatywnie niską gęstość i wysoką wartość opałową. Dzięki tym cechom są one przyjazne środowisku, co ma znaczenie dla klientów.

Tabela 4. Właściwości fizyko-chemiczne lekkiego oleju opalowego z ropy oraz z węgla via synteza Fischera-Tropscha

Właściwości	Z ropy	Z węgla
Gęstość; [kg/m <sup>3</sup> ]	846	791
wartość opałowa; [MJ/kg]	42,6	43,8
Zawartość aromatów; [% mas.]	20,4	0,2
Zawartość węgla; [% mas.]	86,1	84,8
Zawartość siarki; [% mas.]	0,1	0,00
Początek wrzenia; [°C]	182	187
Koniec destylacji; [°C]	364	362

### Wymuszona konieczność

Prezentowana w niniejszej rozprawie koncepcja budowy fabryki paliw silnikowych z węgla metodą Fischera-Tropscha zyskała pozytywny oddźwięk w Zarządzie Kompanii Węglowej w Katowicach oraz w Zarządzie Firmy Chemicznej „DWORY” z Oświęcimia. Konieczność podjęcia budowy tego typu fabryki w naszym kraju powstanie w najbliższych 5 - 7 latach, w wyniku wzrostu i niestabilności ceny ropy naftowej.

Na poparcie wyżej zaprezentowanych argumentów potwierdzających celowości budowy w Polsce fabryki produkującej paliwa silnikowe z węgla z kopalni nadwisłańskich należy przytoczyć fakt, że w dniach 11-14.10.2005 r. w Ługańsku na Ukrainie odbyła się konferencja pt. „Produkcja paliw syntetycznych z węgla Donbasu jako czynnik stabilizujący bezpieczeństwo energetyczne Europy”. Co w zakresie paliw silnikowych będzie dobre dla Ukrainy, nie może być złe dla naszego kraju.