

Krzysztof DRESZER\*, Lucyna WIĘCŁAW-SOLNY\*

## Produkcja paliw silnikowych z węgla poprzez zgazowanie i syntezę Fischera-Tropscha

STRESZCZENIE. W artykule omówiono technologie produkcji paliw silnikowych syntezą Fischera-Tropscha z gazu syntezowego ze zgazowania węgla. Przedstawione rozwiązanie technologii produkcji paliw silnikowych przyjęto dla warunków polskich (wybór technologii zgazowania węgla, parametry węgla przyjęte do obliczeń). Scharakteryzowano także stan rozwoju reaktorów do syntezy paliw silnikowych z gazu ze zgazowania węgla. Przedstawiono zarys koncepcji technologicznej produkcji paliw płynnych w skali przerobu około 6 mln ton/rok węgla dla warunków krajowych.

SŁOWA KLUCZOWE: węgiel, zgazowanie, synteza, paliwa silnikowe

### Wprowadzenie

Postęp technologiczny w wytwarzaniu energii elektrycznej i paliw płynnych z paliw kopalnych, a w szczególności z węgla kamiennego, wydaje się nieunikniony ze względu na:

- ✧ przewidywane wyczerpanie zasobów gazu ziemnego i ropy odpowiednio za około 60 i 45 lat, a dodatkowo zasoby te podlegają silnym wpływom koniunktur politycznych;

---

\* Dr inż. — Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

- ✧ węgiel jest obecnie w skali światowej jedynym surowcem energetycznym, pozwalającym na w miarę stabilne zaspokojenie potrzeb w perspektywie czasowej przekraczającej 200 lat. Wynika to m.in. z rozproszonej lokalizacji zasobów poza regionami konfliktów i stabilne, w miarę wolno rosnące jego ceny;
- ✧ rosnące w skali świata zapotrzebowanie na energię elektryczną, którego wzrost szacowany jest na 2–3% w skali roku, spowoduje, że światowe zapotrzebowanie na energię elektryczną z nowych elektrowni, według Międzynarodowej Agencji Energii, przekroczy 4500 GW w roku 2030.

Nowe technologie, a w szczególności możliwość produkcji paliw płynnych, to wielka szansa dla polskiej gospodarki, także w sferze zwiększenia bezpieczeństwa zaopatrzenia kraju w paliwa motorowe.

Współczesny rozwój i możliwości, jakie stwarza synteza Fischera-Tropscha (FT) w zakresie otrzymywania paliw i surowców chemicznych z węgla, najlepiej obrazuje rozwój zakładów Sasol I. Uruchomiony w 1955 roku w RPA zakład był pierwszym, wybudowanym po drugiej wojnie światowej, przemysłowym zakładem wytwarzania paliw płynnych i surowców chemicznych na drodze zgazowania węgla. Opanowanie problemów syntezy FT i rozwój technologii opartej na zgazowaniu węgla i syntezie FT oraz uzyskiwane ekonomiczne efekty pozwoliły na podjęcie decyzji o budowie pracujących do dziś zakładów Sasol II i III w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku.

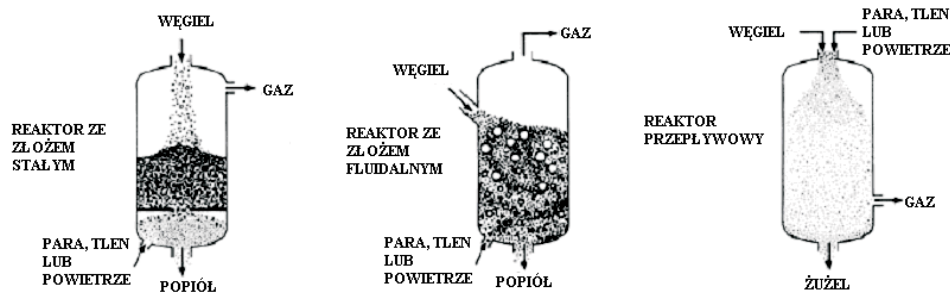
## 1. Charakterystyka technologii zgazowania węgla

Rosnące zainteresowanie technologiami zgazowania węgla wynika przede wszystkim z szerokich możliwości ich zastosowania zarówno w energetyce jak i syntezie chemicznej (źródło gazu syntezowego/procesowego), a co najważniejsze z możliwości podwyższenia sprawność wykorzystania energii pierwotnej węgla. Rozwój współczesnych technologii zgazowania ma na celu przede wszystkim intensyfikację procesu wymiany ciepła i masy i z tego powodu za rozwojowe uważane są reaktory fluidalne i przepływowe, w których dodatkowo zminimalizowana jest zawartości substancji smołowych w otrzymanym gazie procesowym [1–3].

Technologie zgazowania, ukierunkowane na wytwarzanie gazu do syntezy chemicznej, mają tą zaletę, że mogą być połączone z parowo-gazowym układem energetycznym tzw. IGCC (*Integrated Coal Gasification Combined Cycle*). W rezultacie osiąga się wyższą sprawność wytwarzania energii elektrycznej w porównaniu z elektrowniami opalаныmi pyłem węglowym, obniżenie emisji gazów cieplarnianych i pyłu do atmosfery.

Konstrukcje reaktorów zgazowania można podzielić na trzy zasadnicze typy w zależności od struktury przepływu paliwa w strefie reakcyjnej [1, 2, 3] (rys. 1):

- ✧ reaktory przepływowe (*entrained flow*),
- ✧ reaktory ze złożem fluidalnym (*fluidised bed*),
- ✧ reaktory ze złożem stałym (*moving bed*).



Rys. 1. Podstawowe trzy typy reaktorów zgazowania

Fig. 1. Basic types of gasifiers (moving bed, fluidized bed, entrained flow)

Ze względu na ilość węgla, który należałoby poddać procesowi zgazowania, aby instalacja produkcji paliw płynnych z węgla była ekonomicznie uzasadniona, tj. około 6 mln ton węgla rocznie, do dalszej analizy przyjęto węgiel o takich parametrach (wartość opałowa  $Q_a$  19 600 kJ/kg oraz zawartości popiołu 20%), które zapewniają jego dostępność w żądanych ilościach (w kraju). W tabeli przedstawiono krótką charakterystykę reaktorów zgazowania węgla.

TABELA 1. Charakterystyka podstawowych typów reaktorów zgazowania

TABLE 1. Characteristics of the main types of gasifiers

Typ reaktora	Złoże stałe		Złoże fluidalne		Przepiływowy
	popiół suchy	żużel	popiół suchy	popiół aglomerowany	żużel
1	2	3	4	5	6
<b>CHARAKTERYSTYKA PALIWA</b>					
Rozmiar	6–50 mm	6–50 mm	<6 mm	<6 mm	<0,1 mm
Możliwość stosowania węgla koksującego	tak (wymaga modyfikacji)	tak	możliwe	nie	tak
Preferowane paliwo	węgiel brunatny, reaktywny węgiel kamienny, antracyt, odpady	węgiel kamienny, antracyt, koks naftowy, odpady	węgiel brunatny, reaktywny węgiel kamienny, antracyt, odpady	węgiel brunatny, węgiel kamienny, antracyt, koks naftowy, biomasa, odpady	węgiel brunatny, reaktywny węgiel kamienny, antracyt, koks naftowy
Maksymalna zawartość popiołu	brak ograniczeń	<25% (preferowany)	brak ograniczeń	brak ograniczeń	<25% (preferowany)
Wymagana wartość temperatury topnienia popiołu	>1 200	<1 300	>1 100	>1 100	<1 300
Główne problemy techniczne	utyliczacja rozdrobnionego paliwa i ciekłych węglowodorów		konwersja pierwiastka C		chłodzenie gazu surowego

TAB. 1 cd.

TAB. 1 cont.

1	2	3	4	5	6
PARAMETRY PRACY					
Temperatura wylotowa gazu [°C]	niska (400–650)	niska (400–650)	średnia (900–1050)	średnia (900–1050)	wysoka (>1 260)
Ciśnienie zgazowania [bar]	30	30	1	1–30	<50 (801)
Zapotrzebowanie na utleniacz	niskie	niskie	średnie	średnie	wysokie
Zapotrzebowanie na parę	wysokie	niskie	średnie	średnie	niskie
Moc jednostkowa [MWth]	10–350	10–350	100–700	20–150	do 700
Cecha charakterystyczna	ciekłe węglowodory w surowym gazie		duża recykulacja karbonizatu		duże ilości ciepła użytecznego w gazie surowym
Główne problemy techniczne	utylicacja rozdrobnionego paliwa i ciekłych węglowodorów		konwersja pierwiastka C		chłodzenie gazu surowego

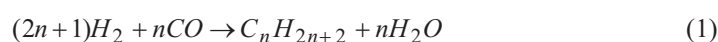
Do reaktorów dyspersyjnych rozdrobniony węgiel doprowadzony jest w mieszaninie z tlenem i parą wodną. Paliwo może być doprowadzone w stanie suchym (wykorzystując azot lub dwutlenek węgla jako gazy transportujące) lub w zawiesinie wodnej. Reaktory pracują zwykle w temperaturach 1200–1600°C i pod ciśnieniem 2–8 MPa. Krótki czas przebywania (na poziomie sekund) gazu w układzie reakcyjnym pozwala na osiągnięcie dużej wydajności, ale jednocześnie wymaga rozdrobnienia podawanego paliwa do wielkości ziarna zasadniczo poniżej 0,2 mm. Ze względu na małą pojemność cieplną i krótki czas przebywania paliwa w reaktorze, szczególnie istotna jest kontrola i precyzyjne utrzymywanie stosunku paliwo/utleniacz w wąskim przedziale zapewniającym stabilny płomień w pobliżu wylotu iniektora. Reaktory dyspersyjne są najbardziej elastyczne ze względu na stosowane paliwo (możliwość stosowania paliw stałych i płynnych) oraz wysokie temperatury pracy zapewniające wysoki stopień konwersji węgla i brak zanieczyszczeń smołistych w wytwarzanym gazie. Do reaktorów tego typu zaliczyć można konstrukcje Shell, GE-Texaco, E-Gas.

Ze względu na jakość węgla, jak również wspomniany wyżej dynamiczny rozwój przepływowych/dyspersyjnych reaktorów zgazowania w przedstawionym opracowaniu zdecydowano się na przyjęcie technologii zgazowania Shell w ramach przedstawionej koncepcji wytwarzania paliw silnikowych z węgla.

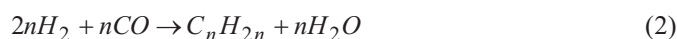
## 2. Synteza Fischera–Tropscha

Odkryta przez Fischer’a i Tropsch’a w latach dwudziestych minionego stulecia synteza ciekłych węglowodorów zapoczątkowała rozwój technologii otrzymywania węglowodorów z mieszaniny gazów CO i H<sub>2</sub> [10]. W trakcie syntezy Fischera-Tropscha zachodzi wiele reakcji, główne z nich można opisać:

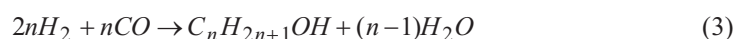
✧ tworzenia węglowodorów parafinowych



✧ tworzenia olefin



✧ tworzenia alkoholi



✧ WGS (water gas shift)



✧ reakcja Boudouard’a



✧ osadzanie koksu

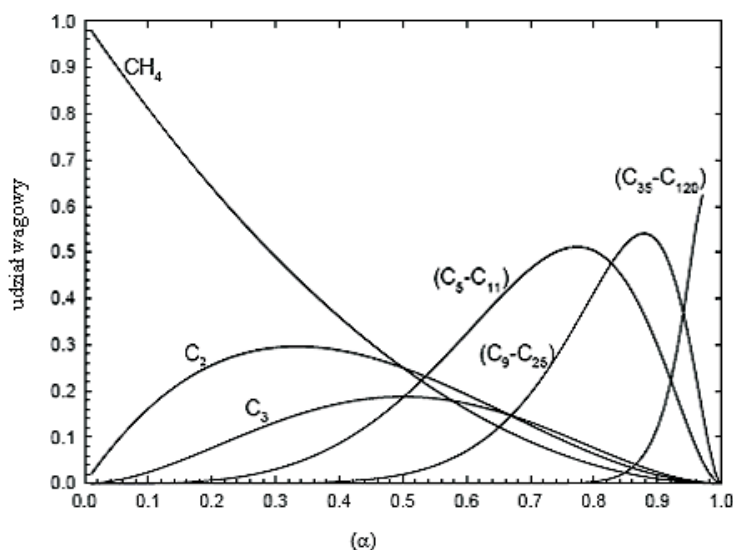


W wyniku tego procesu uzyskuje się szerokie spektrum produktów w skład, którego wchodzi oprócz olefin i parafin produkty ich utlenienia takie jak: alkohole, aldehydy, ketony i kwasy. Udział poszczególnych związków w produkcie zależy od ciśnienia i temperatury procesu, stosunku H<sub>2</sub>/CO w gazie syntezy, oraz rodzaju i składu katalizatora.

Do najczęściej stosowanych katalizatorów syntezy FT należą katalizatory kobaltowe, niklowe i żelazowe. W przypadku syntezy FT prowadzonej na kontakcie kobaltowym wymagany stosunek H<sub>2</sub> : CO wynosi co najmniej 2. Dla katalizatorów, o dobrych właściwościach katalitycznych w kierunku reakcji *Water Gas Shift* (WGS), np. żelazowe, woda tworząca się w reakcjach (1–3) ulega reakcji z CO tworząc H<sub>2</sub>, dlatego też stosunek H<sub>2</sub>/CO może być niższy.

Rozkład związków organicznych o określonej liczbie atomów węgla w cząsteczce jest szeroki i stąd duży nacisk kładziony jest na podniesienie selektywności procesu FT do pożądanych produktów: benzyn, paliw dieslowskich, olefin C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub> lub alkoholi.

Synteza Fishera-Tropscha prowadzona jest zazwyczaj pod ciśnieniem 0,1–4,0 MPa. Temperatura syntezy uzależniona jest od rodzaju pożądanego produktu i mieści się w zakresie (200–240°C) dla niskotemperaturowej syntezy FT lub (300–350°C) dla wysokotemperaturowej syntezy FT. Graniczna temperatura i ciśnienie reakcji są determinowane poprzez zmiany selektywności oraz szybkość dezaktywacji katalizatora. Właściwością kinetyki FT jest stopniowy wzrost łańcucha jako efekt polimeryzacji -CH<sub>2</sub>- na powierzchni katalizatora, opisany modelem Anderson-Schulz-Flory (ASF). Graficzne rozwiązanie modelu ASF przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Wykres obliczonej selektywności węglowodorów o określonej liczbie atomów węgla w funkcji prawdopodobieństwa wzrostu/propagacji łańcucha  $\alpha$

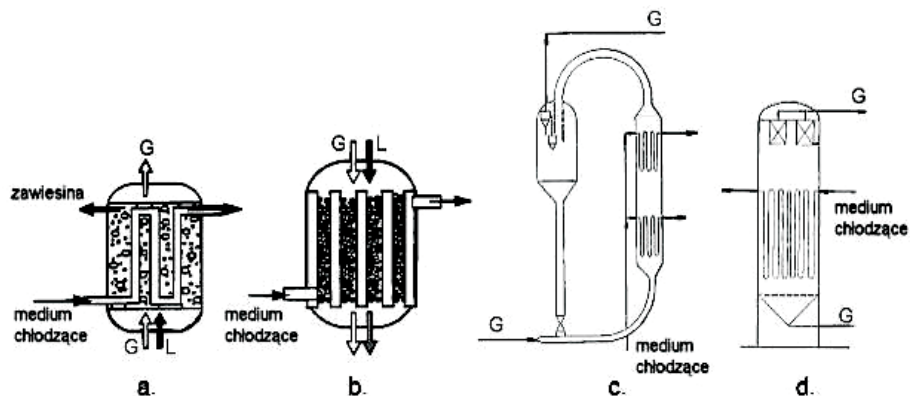
Fig. 2. Hydrocarbon selectivity as a function of the chain growth probability factor  $\alpha$

## 2.1. Reaktory syntezy Fischera–Tropscha

Głównym problemem związanym z syntezą FT było wyprowadzenie ze środowiska reakcji znacznych ilości ciepła powstającego w czasie silnie egzotermicznej syntezy. Powstające lokalnie przegrzania doprowadzały do wzrostu temperatury gazu i następczej dezaktywacji katalizatora. Próby rozwiązania tej niedogodności doprowadziły do wykształcenia czterech podstawowych typów reaktorów syntezy FT:

- ✧ reaktor zawieszinowy ze złożem katalizatora zawieszonym w ciężkich olejach (rys. 3a),
- ✧ reaktor ze stałym złożem katalizatora (rys. 3b),
- ✧ reaktor z cyrkulującym złożem strumienia katalizatora (rys. 3c),
- ✧ reaktor fluidalny z wewnętrznym układem odbioru ciepła (rys. 3d).

Możliwość podwyższenia temperatury powyżej 250°C, uznanej za graniczną dla stałego złoża katalizatora żelazowego, zaistniała z chwilą skonstruowania reaktorów z cyrkulującym

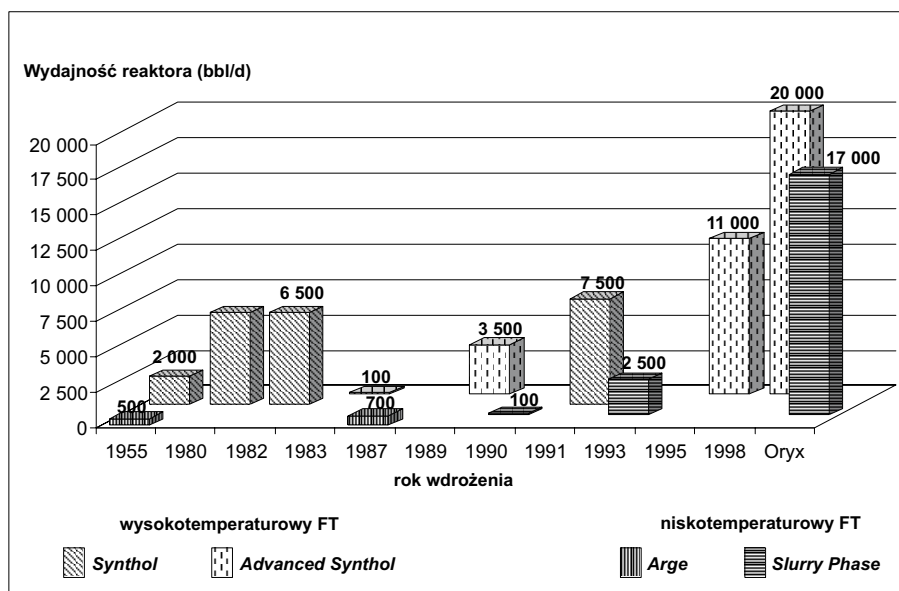


Rys. 3. Reaktory stosowane w syntezie węglowodorów FT [9]

Fig. 3. Reactors applied for FT synthesis

strumieniem katalizatora. Dzięki zanurzeniu wymiennika ciepła w złożu fluidalnym możliwe było uzyskanie dużej wymiany ciepła przy stosunkowo małej powierzchni chłodzącej. Reaktory fluidalne pracować mogą w temperaturach 300 do 350°C, dostarczając głównie produktów niskowrzących.

Reaktory z „ciekłym” złożem katalizatora zawieszzonego w ciężkich olejach, przez które barbotowany jest gaz syntezowy, pozwalają na uzyskanie wysokiej selektywności procesu, szczególnie produktów powyżej C<sub>5</sub>, i wraz z reaktorami fluidalnymi uznawane są za najbardziej obiecujące rozwiązania (rys. 4).



Rys. 4. Rozwój przemysłowych reaktorów syntezy Fischera-Tropscha [10]

Fig. 4. The development of FT reactors [10]

### 3. Koncepcja technologiczna produkcji paliw płynnych z węgla

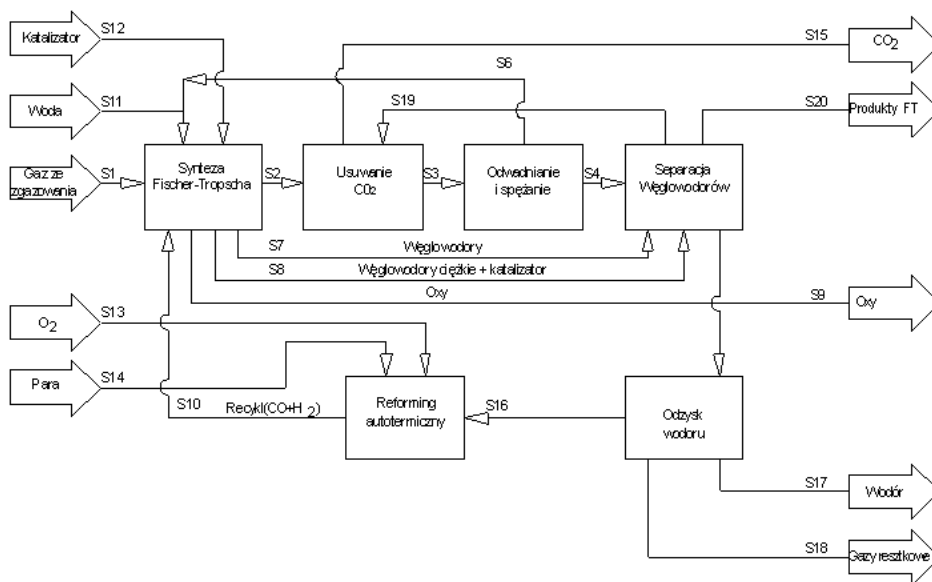
Podstawowe rozwiązanie technologiczne instalacji produkcyjnej składa się z następujących procesów:

- ✧ wytwarzanie gazu syntezy poprzez zgazowanie węgla,
- ✧ synteza paliw płynnych metodą Fischera-Tropscha.

Przyjęty proces produkcji gazu syntezy obejmuje układ przygotowania i zgazowania węgla w reaktorach z suchym dozowaniem węgla np. typu Shell, schładzania i oczyszczania gazu syntezy, układ usuwania gazów kwaśnych, układ odzysku siarki oraz ostatecznego oczyszczania gazu syntezy kierowanego do syntezy FT.

Natomiast przyjęty proces syntezy Fischera-Tropscha obejmuje układ syntezy w reaktorze zawieszinowym, układ usuwania CO<sub>2</sub>, układ sprężania i odwadniania nieprzereagowanego gazu syntezy, układ separacji węglowodorów, układ odzysku wodoru oraz autotermicznego reformingu gazu recykulowanego do reaktora. Schematycznie proces syntezy Fischera-Tropscha pokazano na rysunku 5.

Zgodnie ze schematem oczyszczony gaz syntezy z układu zgazowania jest mieszany z gazem z reaktora autoreformingu tak, aby gaz na wejściu do zawieszinowego reaktora F-T posiadał odpowiedni stosunek H<sub>2</sub>/CO. Układ projektowy dla wydajności cięższych węglowodorów (C19+) 50% wag., charakteryzuje się temperaturą operacyjną reaktora 253°C



Rys. 5. Ideowy schemat blokowy procesu syntezy Fischera-Tropscha

Fig. 5. Simplified block diagram of Fischer-Tropsch synthesis



i ciśnieniem 2 MPa. W reaktorze gaz w postaci pęcherzyków, unosząc się w zawieszynie katalizatora i cięższych węglowodorów, ulega konwersji do węglowodorów. Zawiesina w reaktorze zawiera 22,5% masowych katalizatora żelazowego o średnicy ziarna 34 mikrony.

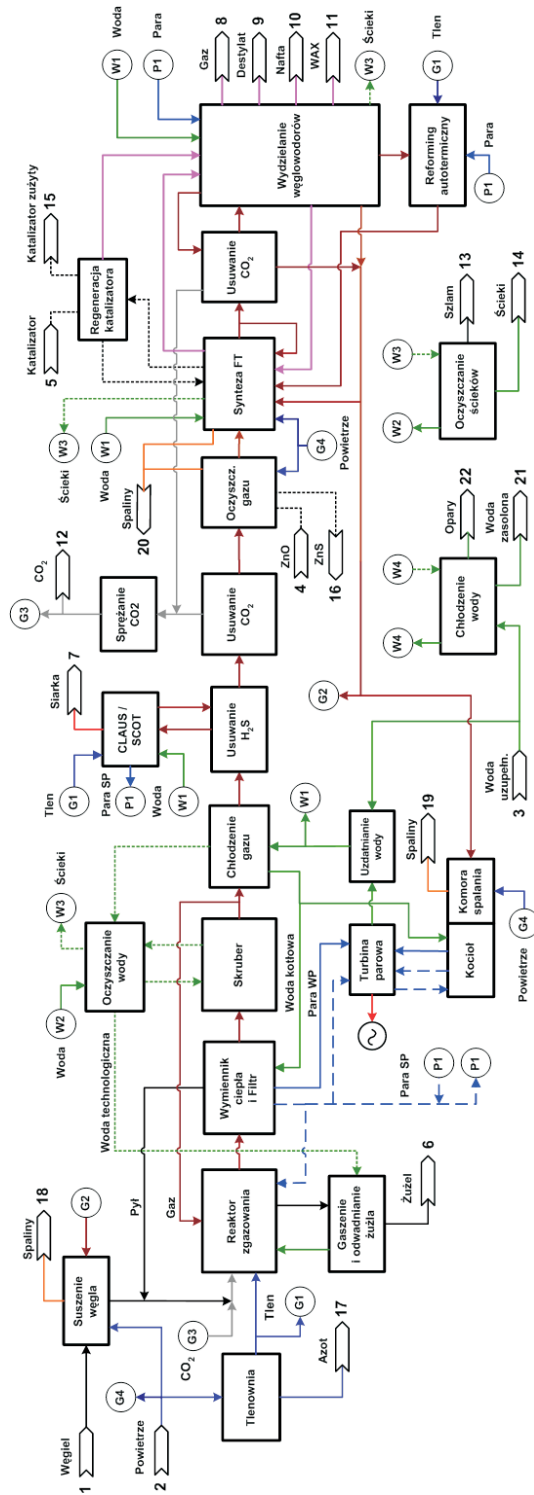
Strumień mieszaniny katalizatora i cięższych węglowodorów opuszcza reaktor i przepływa do hydrocyklonu. Przelew hydrocyklonu jest kierowany do zaworu redukcyjnego, a następnie do separatora. Na skutek redukcji ciśnienia następuje rozdział rozpuszczonych gazów i produktów płynnych. Strumień płynnych węglowodorów po usunięciu katalizatora, jest kierowany do instalacji separacji węglowodorów.

Z nieprzereagowanego gazu syntezowego usuwa się CO<sub>2</sub> do koncentracji poniżej 400 ppm. Następnie gaz jest kierowany do instalacji sprężania i odwadniania (S3). Wykondensowana w adsorberze woda jest zawracana do reaktora F–T. Regeneracja adsorbera odbywa się przy użyciu gazu resztkowego z instalacji odzysku wodoru (S18). Gaz po odwodnieniu (S4) oraz strumienie węglowodorów (S7, S8) są kierowane do instalacji separacji węglowodorów, w której uzyskuje się węglowodory lekkie C3 – C5, węglowodory typu benzynowego i naftowego oraz strumień ciężkich węglowodorów parafinowych – strumień (S20). Pozostający po rozdziale gaz doprowadzany jest do instalacji odzysku wodoru (S17), a następnie reformingu autotermicznego (S16).

### 3.1. Analiza techniczna zakładu paliw silnikowych z węgla

W niniejszym opracowaniu układ i schemat technologiczny syntezy Fischera-Tropscha, dla którego dokonano obliczeń bilansowych z wykorzystaniem symulatora procesowego ChemCAD v.5.6.1 przedstawiono na rysunku 6. Założenia te posłużyły następnie do opracowania analizy technicznej zakładu syntezy Fischera-Tropscha. Przedstawione wyniki analizy mogą stanowić z kolei podstawę do wykonania wielowariantowej analizy ekonomicznej. Założenia i wyniki analizy technicznej zakładu przemysłowego produkcji paliw silnikowych z węgla zestawiono w tabelach 2–4. Zgodnie ze schematem instalacja składa się z kilku podstawowych węzłów technologicznych, najważniejsze z nich to: tlenownia, węzeł przygotowania węgla (mielenie, suszenie), zgazowanie, usuwanie składników kwaśnych – Selexol, odzysk siarki – instalacja CLAUS-SCOT, doczyszczanie gazu syntezowego FT, usuwanie CO<sub>2</sub> (mycie aminowe), wydzielanie węglowodorów i autotermicznego reformingu. Instalacja dodatkowo wyposażona jest w kocioł parowy pozwalający na produkcję energii elektrycznej, która choć w części jest w stanie zaspokoić potrzeby własne instalacji.

O skali takiego przedsięwzięcia świadczy ilość potrzebnych reaktorów zgazowania, która dla strumienia węgla 800 Mg/h i jednostkowej zdolności przerobowej reaktora do 2500 Mg węgla/dobę wynosi 8 sztuk. Sama synteza FT prowadzona jest natomiast w 6 ciągach technologicznych. Uzyskane w wyniku prowadzonego procesu węglowodory można podzielić na 4 frakcje: frakcja LPG, benzynowa, dieselska oraz ciężkie węglowodory parafinowe. Poddane dalszym procesom uszlachetniania w zakładach petrochemicznych wykazują właściwości porównywalne z produktami otrzymywanymi z ropy naftowej. Frakcja diesla uzyskiwany na drodze syntezy FT charakteryzuje się lepszymi właściwościami w porównaniu z otrzymywanym z przerobu ropy naftowej. Niemniej wszystkie te produkty



Rys. 6. Schemat technologiczny instalacji produkcji paliw ciekłych z węgla – zgazowanie SHELL – przyjęty jako podstawa obliczeń dla zakładu produkcji paliw silnikowych z węgla

Fig. 6. Process layout of liquid fuels production plant (based on SHELL gasifier) used for the calculations

wymagają dalszej uszlachetniającej przeróbki rafineryjnej, względnie petrochemicznej (węglowodory ciężkie), a produkty uszlachetnione, jako bazowe składniki paliw silnikowych, podlegać będą blendingowi z produktami przetwórstwa ropy naftowej dla uzyskania produktów handlowych. Założono, że powyższe procesy i operacje technologiczne będą się odbywały w specjalistycznych zakładach przerobu ropy naftowej. Dodatkowe produkty komercyjne otrzymywane w analizowanym zakładzie to siarka i żużel.

TABELA 2. Zestawienie przyjętych w analizie technicznej właściwości węgla do zgazowania

TABLE 2. The technical analysis of coal for gasification

Oznaczenie	Węgiel do zgazowania
Klasa zbytu	19
Q <sup>a</sup> [kJ/kg]	19 600
A <sup>f</sup> [%]	20,15
S <sup>d</sup> [%]	0,87
W <sup>f</sup> [%]	14,39
V <sup>daf</sup> [%]	33,09

W tabeli 3 przedstawiono najważniejsze strumienie masowe instalacji produkcji paliw silnikowych z węgla. Numery przedstawionych strumieni są zgodne z numeracją podaną na schemacie (rys. 6).

TABELA 3. Zestawienie najważniejszych strumieni masowych instalacji produkcji paliw płynnych z węgla

TABLE 3. The list of the most important mass flows in the liquid fuels plant

Nr strumienia	Nazwa	Wielkość [Mg/h]
1	2	3
1	Węgiel	800,00
2	Powietrze	2 746,00
3	Woda uzupełniająca	1 612,00
6	Żużel	163,25
7	Siarka	6,62
8	Frakcja LPG	17,13
9	Frakcja naftowa	32,42
10	Frakcja diesla	29,68
11	Węglowodory parafinowe	92,42

TAB. 3 cd.

TAB. 3 cont.

1	2	3
12	CO <sub>2</sub>	854,76
13	Szlam	8,00
14	Ścieki	58,22
17	Azot	1738,97
18	Spaliny+opary	262,69
19	Spaliny	96,64

### 3.2. Zarys gospodarki energią elektryczną

W analizowanym przypadku założono, że gazy resztkowe wykorzystane zostaną do produkcji energii elektrycznej i pary wodnej procesowej przez spalanie w kotle parowym sprzężonym z turbiną parową. Produkcja energii elektrycznej w turbinie częściowo zaspokaja potrzeby własne instalacji.

TABELA 4. Moc instalacji produkcji paliw płynnych z węgla [MW]

TABLE 4. Capacity of liquid fuels production plant [MW]

Razem zgazowanie	84,28
Pompy, sprężarki, tlenownia	289,95
Synteza F -T	53,94
Pozostałe instalacje	11,11
Razem zużycie	439,28
Produkcja energii	349,62
Różnica do zakupu	89,66

## Podsumowanie

Przy założeniu, wynikającym z obszernych studiów literaturowych technologii zgazowania węgla i syntezy węglowodorów ciekłych z gazu syntezowego ze zgazowania, że skala opłacalnego gospodarczo zakładu przemysłowego paliw silnikowych odpowiada ilości około 6 mln ton przerobu węgla i przyjęciu, że do przerobu stosowany będzie dostępny krajowy miał węgla kamiennego, produkcja roczna wyniesie około:

- ✧ 240 000 ton węglowodorów płynnych typu naftowego,
- ✧ 220 000 ton frakcji diesla,
- ✧ 130 000 ton frakcji LPG,
- ✧ 690 000 ton ciężkich węglowodorów parafinowych (do dalszego przerobu rafineryjnego).

O przydatności gospodarczej syntezy Fischera–Tropscha, jako jednej z metod produkcji paliw silnikowych z węgla, zdecydować powinny dalsze, intensywne prace doświadczalne i analityczne (wielowariantowe analizy ekonomiczne), zainteresowanie firm komercyjnych oraz systemowe rozwiązania strategiczne, wynikające z planów rozwojowych Polski.

## Literatura

- [1] RAJ D. PAREKH, 1982 — Handbook of gasifiers and gas treatment systems. Prepared for the United States Department of Energy (Contract No. DE-ACO1-78ET10159).
- [2] A Current Perspective On the Gasification Industry – Robust Growth Forecast, Department of Energy USA, National Energy Technology Laboratory, [www.netl.doe.gov/coal/gasification/index.html](http://www.netl.doe.gov/coal/gasification/index.html)
- [3] Gasification Database (7/2005) DOE, NETL, [www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/database/GASIF2004.xls](http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/database/GASIF2004.xls).
- [4] Baseline Design/Economics For Advanced Fischer-Tropsch Technology(1991–1999) – raport (vol 1–14) z realizacji projektu Nr DE-AC22-91PC90027 ([www.fischer-tropsch.org](http://www.fischer-tropsch.org)).
- [5] Gasification Plant Cost and Performance Optimization – Task 2 Topical Report Coke/Coal Gasification with Liquids Coproduction(2003) – raport (vol 1–2) z realizacji projektu Nr DE-AC26-99FT40342.
- [6] Fischer-Tropsch Synthesis of Hydrocarbons” (1983) – raport z realizacji projektu Nr DE 84017481.
- [7] Life-Cycle Greenhouse-Gas Emission Inventory for Fischer-Tropsch Fuels (2001) J. Marano, J. Ciferno.
- [8] DRESZER K., ŚCIAŻKO M., BILLIG P., KOLARZ E., POPOWICZ J., WIĘCŁAW-SOLNY L., ZAPART L., 2007 — Studium koncepcyjne komercyjnej instalacji do produkcji paliw ciekłych z węgla (praca realizowana na zlecenie Kompani Węglowej). IChPW Zabrze.
- [9] DAVIS B.H., 2002 — Overview of reactors for liquid phase Fischer–Tropsch synthesis. *Catalysis Today* 71, 249–300.
- [10] HEYDENRICH R., 2005 — Sasol Synfuels International Sasol Limited JSE: SOL, NYSE: SSL, April 2005, Howard Weil Energy Conference.

Krzysztof DRESZER, Lucyna WIĘCŁAW-SOLNY

## Coal gasification and Fischer-Tropsch synthesis for liquid fuels production

### Abstract

The paper presents the technologies for liquid fuels production based on coal gasification and Fischer-Tropsch synthesis. The presented technology was considered for the liquid fuel production in Polish conditions such as technology of coal gasification and the properties of coal. The state-of-the-art for coal gasification based liquid fuel production technology development was characterized. The outline of the process concept for liquid fuels production plant of 6 million tons of coal/a consumption for Polish conditions was presented and discussed.

KEY WORDS: coal, gasification, synthesis, liquid fuels