



## Badania nad procesem zgazowania węgla w ramach Projektu NCBiR

### Study on coal gasification process within the framework of the NCBiR Project

Dr hab. inż. Andrzej Strugała – prof. AGH\*)

**Treść:** W artykule przedstawiono główne zadania realizowanego przez Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe „Zgazowanie węgla” Projektu Strategicznego NCBiR pt.: „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoelektrycznej produkcji paliw i energii elektrycznej”. M.in. zaprezentowano koncepcję procesu tlenowego zgazowania węgla w skali pilotowej, opartą na prowadzeniu procesu w reaktorze ciśnieniowym (CFB) i wykorzystaniu w tym procesie ditlenku węgla w charakterze surowca, jak również rozwijanego w ramach Projektu NCBiR procesu podziemnego zgazowania węgla kamiennego.

**Abstract:** This paper presents the main tasks of the strategic NCBiR Project: “Development of coal gasification technology for high-efficiency fuel and power production” implemented by the Scientific-Industrial Consortium. The project presents, among others, the idea of the oxygen gasification process, conducted in a pressure reactor on a pilot scale with the use of carbon dioxide as the gasification agent as well as the idea of underground hard coal gasification process developed within the framework of the NCBiR Project.

#### Słowa kluczowe:

węgiel, zgazowanie, instalacje pilotowe, projekt R&D.

#### Key words:

coal, gasification, pilot systems, R&D project

Bieżący numer „Przeglądu Górniczego” poświęcony jest w całości badaniom nad procesem zgazowania węgla, prowadzonym w ramach Strategicznego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych pt.: „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Program ten obejmuje cztery zadania, tj.:

1. Opracowanie technologii dla wysokosprawnych „zero-emisyjnych” bloków węglowych zintegrowanych z wychwytem CO<sub>2</sub> ze spalin (Lider Konsorcjum – Politechnika Śląska);
2. Opracowanie technologii spalania tlenowego dla kotłów pyłowych i fluidalnych zintegrowanych z wychwytem CO<sub>2</sub> (Lider Konsorcjum – Politechnika Częstochowska);
3. Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoelektrycznej produkcji paliw i energii elektrycznej (Lider Konsorcjum – Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica);
4. Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych

(Lider Konsorcjum – Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego PAN).

Zadanie Badawcze nr 3 realizowane jest przez Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe, w skład którego wchodzi: Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, Politechnika Śląska w Gliwicach, Katowicki Holding Węglowy S.A., Tauron Polska Energia S.A., Tauron Wytwarzanie SA, Tauron Wydobycie S.A., Grupa Azoty S.A. oraz KGHM Polska Miedź S.A.

Celem tego Zadania Badawczego jest opracowanie optymalnych konfiguracji oraz wytycznych procesowych i projektowych układów zgazowania węgla stanowiących podstawę do budowy krajowych instalacji demonstracyjnych. W tym zakresie Projekt ukierunkowany został na opracowanie i weryfikację w skali pilotowej procesów:

- ciśnieniowego zgazowania węgla w reaktorze z cyrkulującym złożem fluidalnym CFB przy wykorzystaniu CO<sub>2</sub> dla potrzeb zgazowania,
- podziemnego zgazowania węgla kamiennego, opartego na technologii szybowej,
- oczyszczania i konwersji gazu z procesów zgazowania w powiązaniu z usuwaniem CO<sub>2</sub>.

\*) AGH w Krakowie

Oprócz powyższych celów w Projekcie uwzględniono również realizację takich zadań, jak:

- określenie krajowej bazy surowcowej węgla kamiennego i brunatnego dla potrzeb na- i podziemnego zgazowania,
- opracowanie modeli symulacyjnych układów kogeneracji i produkcji energii elektrycznej na bazie gazu ze zgazowania węgla, a w przypadku zgazowania naziemnego także układów wytwarzania produktów chemicznych i paliw ciekłych,
- opracowanie dla warunków krajowych mapy rozwiązań technologicznych opartych na na- i podziemnym zgazowaniu węgla,
- ocena efektywności i opracowanie strategii rozwoju technologii naziemnego i podziemnego zgazowania węgla ukierunkowanego na zastosowania energetyczne i w przemyśle chemicznym,

W ramach części projektu, poświęconej podziemnemu zgazowaniu węgla tworzone są podstawy technologii podziemnego zgazowania węgla dla potrzeb produkcji ciepła i energii elektrycznej w średniej mocy. Opracowywana technologia oparta jest na metodzie szybowej, w której zakłada się wykorzystanie istniejącej infrastruktury kopalni dla zgazowania tzw. złóż resztkowych węgla. Kluczowym elementem prac była długotrwała próba zgazowania w georeaktorze pilotowym zlokalizowanym w jednym z pokładów KWK „Wieczorek” (rys. 1, 2). Próba ta zakończona została pozytywnym rezultatem, a obecnie trwa wygaszanie reaktora. Uzyskane wyniki umożliwią dokonanie oceny efektywności procesowej, ekologicznej i ekonomicznej procesu podziemnego zgazowania węgla w wersji zaproponowanej przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach. Uzyskane wyniki wykorzystane zostaną też do opracowania projektu technologicznego oraz studium wykonalności instalacji demonstracyjnej PZW dla produkcji ciepła i energii elektrycznej o mocy ok. 20 MW<sub>el</sub>.

Ciekawym kierunkiem wykorzystania rozwijanej przez GIG technologii może stać się w przyszłości zaproponowana przez AGH tzw. hybrydowa technologia podziemnego zgazowania węgla kamiennego w złożach pozabilansowych z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury kopalń likwidowanych. Wykorzystuje ona różnorodne techniki przygotowania i eksploatacji pokładów zalegających na dużej głębokości, tj. poniżej poziomu wydobywczego (klasyczne techniki górnicze i techniki otworowe, szczelinowanie utworów złożowych, odmetanowanie, a następnie zgazowanie węgla). Wdrożenie takiego rozwiązania zapobiegnie bezpowrotnej utracie możliwości wykorzystania udostępnionych przez istniejące kopalnie bardzo istotnych zasobów węgla kamiennego, a także umożliwi



Rys. 2. Charakterystyczny płomień spalonego gazu z procesu podziemnego zgazowania węgla w KWK „Wieczorek”

Fig. 2. Characteristic flame of burning gas from the underground gasification process in “Wieczorek” mine

liwi pełniejsze wykorzystanie posiadającego jeszcze dużą wartość majątku likwidowanych kopalń węgla kamiennego.

W ramach części Projektu dotyczącej naziemnego zgazowania węgla rozwijana jest technologia zgazowania węgla w reaktorze CFB z wykorzystaniem CO<sub>2</sub> jako składnika mieszaniny zgazowującej. W ten sposób w praktyce realizowana jest koncepcja tzw. chemicznej sekwestracji CO<sub>2</sub>, czyli wykorzystanie go jako surowca chemicznego. Rozwijany proces zgazowania przebiega w warunkach cyrkulującego złoża fluidalnego (CFB) (rys. 3), do którego wprowadzany jest dodatkowy strumień CO<sub>2</sub> (rys. 4). Jest on nośnikiem zarówno tlenu, jak i pierwiastka węgla. Dzięki temu obniża się zużycie zarówno utleniacza, jak i paliwa węglowego. Aktualnie w fazie końcowej znajdują się badania prowadzone w instalacji pilotowej (skala: do 100 kg<sub>węgla</sub>/h) w reaktorze z cyrkulującą warstwą fluidalną, a dotychczasowe wyniki są pozytywne. Wynikiem tej części Projektu będzie opracowanie technologii ciśnieniowego zgazowania węgla (na VI stopniu gotowości wg wytycznych zawartych w Rozporządzeniu MNiSW z 4 stycznia 2011 r. – Dziennik Ustaw Nr 18, poz.91), opracowanie projektu procesowego instalacji demonstracyjnej oraz studium wykonalności instalacji demonstracyjnej dla aplikacji chemicznych i/lub energetycznych. Ponadto należy wspomnieć o takich planowanych rezultatach, jak:



Kontener maszyn robo- Wylot gazu PZW z wymiennik gaz / Woda chłodząca Główny Chłodnice Wyprowadzenie do instalacji  
czy: cyklonu powietrze z jonitów do chłodnicy wentylatoro- snoj pionowe Węntylator dopalacza (przed montażem)  
Wydmuch powietrza regeneracji złoża Adsorbenty rewersyjne Zbiornik separujący skrubera (odkraplacz) Skruber Venturi Separator i zbiornik cząstki stałych

Rys. 1. Infrastruktura powierzchniowa pilotowej instalacji podziemnego zgazowania węgla w KWK „Wieczorek”

Fig. 1. Surface infrastructure of the underground coal gasification pilot system in “Wieczorek” mine

- wytyczne procesowe dla nowo opracowanej technologii usuwania rtęci z węgla kamiennego i brunatnego na drodze niskotemperaturowej pirolizy.
- technologia termiczno-katalitycznego usuwania smół zawartych w surowym gazie syntezowym powstającym z fluidalnego zgazowania paliw stałych.
- technologia usuwania CO<sub>2</sub> z gazów procesowych przy wykorzystaniu procesów absorpcyjnych, adsorpcyjnych oraz pętli chemicznej.
- technologia wysokotemperaturowego odsiarczania gazów procesowych.



Rys. 3. Instalacja ciśnieniowego zgazowania węgla w reaktorze z cyrkulującym złożem fluidalnym. Hala technologiczna CCTW, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla

Fig. 3. Pressure coal gasification system in the circulating fluidized-bed reactor. Technological house CCTW, Institute of Chemical Processing of Coal



Rys. 4. Spalanie gazu procesowego ze zgazowania węgla przy wykorzystaniu CO<sub>2</sub> (widok pochodni).

Fig. 4. Combustion of the process gas from coal gasification by use of carbon dioxide (the view of gas flare)

Wspomnieć także należy o ciekawej koncepcji układu elektrociepłowni zintegrowanej ze zgazowaniem węgla w reaktorze z recyrkulacją CO<sub>2</sub>, opracowanej przez Politechnikę Śląską.

Koncepcja ta przewiduje zgazowanie węgla na podstawie opracowanej przez IChPW technologii. Produkowany w reaktorze fluidalnym gaz jest ochładzany i oczyszczany, a następnie kierowany do turbiny gazowej, w której jest realizowany proces spalania tlenowego. Powstałe spaliny zawierają głównie CO<sub>2</sub>, parę wodną oraz śladowe ilości innych składników. Po wykropleniu pary wodnej otrzymuje się CO<sub>2</sub> o czystości pozwalającej na jego transport rurociągowy, przy czym część strumienia CO<sub>2</sub> jest zwracana do reaktora zgazowania, część do turbiny gazowej w celu rozcieńczenia utleniacza, a pozostała ilość jest wyprowadzana z układu. Specyfiką procesu fluidalnego zgazowania węgla jest powstawanie karbonizatu stanowiącego jego produkt uboczny. W celu zwiększenia sprawności całego układu, w opracowanej koncepcji powstały karbonizat wykorzystuje się jako paliwo dla kotła fluidalnego. Zastosowaniem takiej koncepcji może być produkcja ciepła dla miejskiego systemu ciepłowniczego przy maksymalnym wykorzystaniu ciepła odpadowego pokrywającego zapotrzebowanie podstawowe. Część szczytowa ciepła jest wytwarzana w klasycznym wymienniku ciepłowniczym zasilanym z upustu turbiny parowej lub w kotle szczytowym. Układ charakteryzuje się korzystnymi wskaźnikami energetycznymi nawet przy uwzględnieniu pełnego wychwytu CO<sub>2</sub>. Dzięki zastosowaniu kotła szczytowego maksymalna moc cieplna układu osiąga wartość 220 MWt, natomiast średnioroczna sprawność elektryczna netto kształtuje się na poziomie 29,1 %.

W zakresie określenia bazy surowcowej dla procesów naziemnego zgazowania zdefiniowano dwie grupy parametrów (tzw. parametry kluczowe i tzw. parametry istotne), determinujących przydatność węgla kamiennego i brunatnego dla procesów ich zgazowania różnymi metodami. W oparciu o te parametry dla wytypowanych złóż GZW i LZW opracowywane są „Karty technologiczne przydatności węgla do zgazowania” oraz określana wielkość zasobów tych węgla możliwych do wykorzystania w procesie zgazowania.

W zakresie bazy węgla kamiennych dla procesu zgazowania podziemnego określono wymagane ich parametry technologiczne, geologiczne, górnicze i geomechaniczne związane z oddziaływaniem na środowisko oraz przebieg procesu zgazowania. Uwzględniając te parametry oraz wyniki szczegółowej analizy dokumentacji geologicznych złóż oraz zawartych w niej map pokładowych, opracowań kartograficznych i inwentaryzacji złóż z uwzględnieniem stanu środowiska przygotowywane są „Karty Paszportowe Pokładów” oraz określana jest wielkość zasobów tych węgla (w rozbięciu na GZW i LZW) jako bazy surowcowej dla procesu podziemnego zgazowania. Stwierdzono, że uwarunkowania techniczno-ekonomiczne i środowiskowe mogą w znacznym stopniu ograniczyć stosowanie technologii PZW na szeroką skalę w obszarach spełniających złożowe kryteria przydatności tej metody. Z tego względu zakres prowadzonych analiz poszerzono o ocenę bazy zasobowej dla wspomnianej wcześniej hybrydowej technologii podziemnego zgazowania węgla. Pod kątem tej technologii dokonano oceny głęboko położonych zasobów węgla w zakresie stanu rozpoznania zasobów na głębokości poniżej 1000 m, opracowano metodologię oceny zasobowej dla tej metody oraz zweryfikowano ją na przykładzie zasobów KWK „Ziemowit”.

Odnosnie do bazy zasobowej węgla brunatnego dla potrzeb podziemnego jego zgazowania należy podkreślić, że doświadczenia światowe w zakresie tej technologii dotyczą

praktycznie wyłącznie odmiany węgla brunatnego twardego (metalignitu) o zdecydowanie odmiennych właściwościach fizykochemicznych, podczas gdy nasze zasoby to miękki węgiel brunatny (ortolignit). Z tego względu opierając się na wynikach analizy budowy geologicznej formacji węglonośnej trzeciorzędu na Niżu Polskim opracowano parametry kryterialnej oceny przydatności tego właśnie węgla dla potrzeb podziemnego zgazowania oraz dokonano waloryzacji punktowej krajowych złóż węgla brunatnego. Zarekomendowano lokalizację dla instalacji pilotowej PZW na niewyeksplątowanej

południowo-zachodniej odnodze złoża Turów (rej. Ścinawki), gdzie pod zwałowiskiem wewnętrznym pozostał III pokład ścinawski z zasobami ok. 50 mln Mg węgla brunatnego.

Szczegółowe informacje na temat realizacji Projektu i jego dotychczasowych rezultatów można znaleźć na stronie: [www.zgazowaniewęglu.agh.edu.pl](http://www.zgazowaniewęglu.agh.edu.pl). Zamieszczona tam jest też szczegółowa specyfikacja wszystkich publikacji, referatów konferencyjnych, oraz monografii habilitacyjnych, rozpraw doktorskich jak też prac magisterskich i inżynierskich będących rezultatem tego Projektu.



Zadanie badawcze „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoelektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt.: „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”.

