

O procesie zgazowania węgla słów kilka...

**Autor: Jacek Hałgas - starszy specjalista ds. Inwestycji, Grupa Azoty,
Zakłady Azotowe Kędzierzyn SA**

("Wiadomości Naftowe i Gazownicze" - nr 7-8-9/2016)

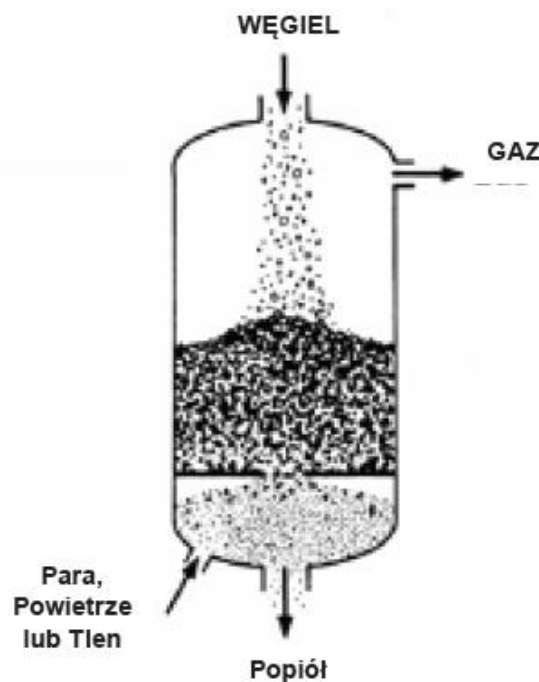
W Polsce, kraju o jednym z największych zasobów węgla w Europie oraz o bogatych tradycjach technicznych związanych z górnictwem, wszelkie technologie mające na celu pełniejsze wykorzystanie potencjału tego surowca spotykają się z dużym zainteresowaniem i stają się przedmiotem szerszej dyskusji naukowców i polityków. Jedną z koncepcji, która analizowana jest zarówno na szczeblach rządowych jak również przez departamenty inwestycyjno-rozwojowe wiodących zakładów przemysłowych z branży chemicznej i energetycznej jest proces zgazowania węgla. Jest to technologia, której tradycje sięgają jeszcze XIX wieku i do dzisiaj znajduje ona szerokie zastosowanie w różnych częściach naszego globu.

Praktyczne początki tej technologii sięgają XIX w., kiedy w 1887 roku opatentowano gazogenerator Lurgiego z przesuwным złożem węgla. Pierwszym powszechnym zastosowaniem zgazowania była konwersja węgla na gaz dla ogrzewania domów i oświetlenia. Na początku ubiegłego wieku duża ilość reaktorów zgazowania węgla pracowała komercyjnie w celu produkcji gazu palnego dla zastosowań komunalnych i przemysłowych. W połowie lat 1950-tych rachunek ekonomiczny sprawił, że zaniechano eksploatacji większości instalacji zgazowania na rzecz tańszych dostaw gazu ziemnego. Zmiany w tym obszarze przyniosły dopiero kryzysy naftowe lat 1970-tych, które doprowadziły do powtórnego zainteresowania technologiami węglowymi. Zaczęły powstawać nowe instalacje, głównie w przemyśle petrochemicznym dla przetwarzania różnego rodzaju frakcji węglowodorów na gaz syntezowy, dla produkcji amoniaku, metanolu oraz wodoru, używanych w hydroodsiarczaniu i hydrokrakingu ropy naftowej.

W ostatnich latach ponownie zauważalne jest wzmożone zainteresowanie technologiami węglowymi. Ten węglowy renesans zawdzięczać można rosnącym cenom gazu, ale również sporym wahaniom cen tego surowca w ostatnich latach. Tym bardziej, że złoża węgla występują na całym świecie i aktualne proporcje rezerw do produkcji potwierdzają ponad 200-stu letnią dostępność tego surowca. Stanowiąc to może doskonałą szansę dla Polski, która jako jedno z niewielu państw europejskich dysponuje jednymi z największych złóż węgla na starym kontynencie. Z punktu widzenia politycznego, byłyby to niewątpliwie ważny element wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju i polityki służącej dywersyfikacji źródeł dostaw surowców energetycznych. Z drugiej zaś strony mogłoby to mieć duże znaczenie dla polskiej gospodarki. Stworzenie własnych instalacji zgazowania węgla mogłoby korzystnie wpłynąć na rynkową pozycję polskich przedsiębiorstw, związanych z produkcją chemikaliów, paliw syntetycznych, nawozów i energii.

Na czym w zasadzie polega ten proces? Jakie są zasady działania stosowanych dzisiaj technologii? Zgazowanie w najprostszy sposób można opisać jako konwersję paliw stałych (węgiel, biomasa, odpady) lub ciekłych (olej) na gaz syntezowy, którego głównymi składnikami są wodór i tlenek węgla. Zgazowanie bazuje na reakcjach półspalania. Czynnikiem utleniającymi są tlen lub powietrze. Wybór tlenu lub powietrza zależy od wielu czynników, takich jak reaktywność paliwa, celów produkcji gazu oraz typu zgazowacza. W reakcji bierze również udział para wodna, która pełni rolę kontrolera temperatury.

Na świecie istnieje wiele procesów zgazowania. Najprościej podzielić je ze względu na sposób przepływu surowca wewnątrz reaktora. Tym sposobem reaktory można przypisać do jednej z trzech kategorii: ze złożem ruchomym, ze złożem fluidalnym oraz o przepływie strumieniowym.



W reaktorze ze złożem ruchomym para i tlen podawane są z dołu reaktora. Wytworzony gaz porusza się w górę, a stały surowiec w dół, gdzie ulega zgazowaniu. Surowy gaz kontaktując się ze świeżym wsadem surowca schładza się jednocześnie go susząc i podgrzewając. Idąc od góry można wyróżnić strefy suszenia, odparowania, zgazowania oraz spalania. Popiół poniżej strefy spalania schładza się oddając ciepło do pary i tlenu wchodzących do układu. Surowy gaz przepływając przez strefy suszenia i odparowania porywa znaczące ilości substancji smolistych, lekkich węglowodorów czy metanu. W związku z tym musi być oczyszczony na wylocie z reaktora aby nie uszkodzić następnych urządzeń.

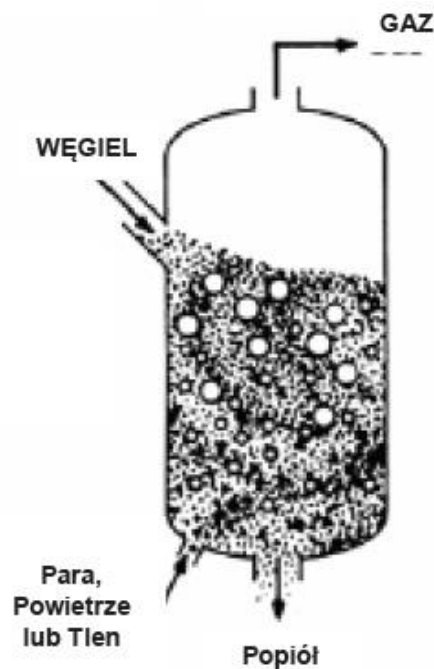
Ten typ reaktora zużywa tylko paliwo stałe o uziarnieniu od 5 do 50 mm. Drobniejsze cząstki muszą zostać oddzielone i zbrykietowane przed podaniem do reaktora. Czas przebywania surowca w reaktorze to 15 do 30 minut, a temperatura wylotowa jest relatywnie niska i wynosi 400-600 °C w zależności od zawartości wilgoci.

Przykłady tej technologii:

Gazyfikator Lurgiego – temperatura w dolnej części reaktora poniżej temperatury topnienia popiołu.

BGL (British Gas Lurgi) – wersja żuźlowa z temperaturą wystarczającą do stopienia popiołów (otrzymuje się wyższe przereagowanie węgla).

Złoże fluidalne

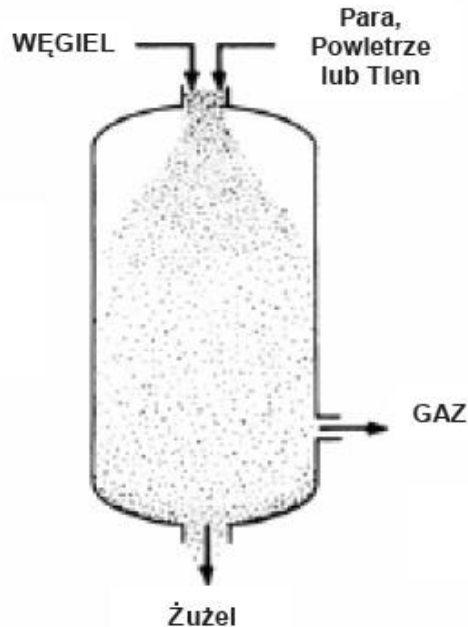


W reaktorze fluidalnym stały węgiel i popiół są zawieszane w strumieniu gazu przepływającego w górę reaktora. Cząsteczki węgla kurczą się w procesie zgazowania są porywane przez gorący gaz w górę reaktora, a następnie wraz z cząsteczkami popiołu oddzielane w zewnętrznym cyklonie i zwracane do reaktora. Gaz natomiast kierowany jest do dalszego przerobu.

Reaktory ze złożem fluidalnym przerabiają paliwo stałe o uziarnieniu od 0,5 do 5 mm, a czas przebywania wynosi od 10 do 50 sekund. Temperatura gazu syntezowego na wylocie z reaktora zazwyczaj zawiera się w przedziale 700-900 °C z wyjątkiem reaktora High Temperatur Winckler, gdzie jest wyższa o ok. 150-200 °C przez podanie części czynnika utleniającego powyżej złoża fluidalnego.

Przykłady tej technologii:

U-Gas, KBR (TRIG)



W reaktorze o przepływie strumieniowym zmielony węgiel lub rozdrobniony olej przepływają współprądowo z tlenem i parą. Czas przebywania jest bardzo krótki i wynosi od 0,5 do 5 sekund, a temperatura wewnątrz reaktora powyżej 1300 °C. Dzięki takim parametrom pracy (wysoka temperatura i duża powierzchnia surowca) reakcja zachodzi bardzo szybko. W takich warunkach temperaturowych powstają bardzo małe ilości metanu dlatego ten typ reaktora jest preferowany przy stosowaniu otrzymanego gazu syntezowego do dalszych procesów chemicznych.

W reaktorach fluidalnych dozowanie surowca może odbywać się na dwa sposoby:

- Mokry, w którym do reaktora pompowany jest tzw. muł węglowy (miał węglowy z wodą),
- Suchy, w którym miał węglowy transportowany jest pneumatycznie przy pomocy inertnego gazu (azotu lub dwutlenku węgla).

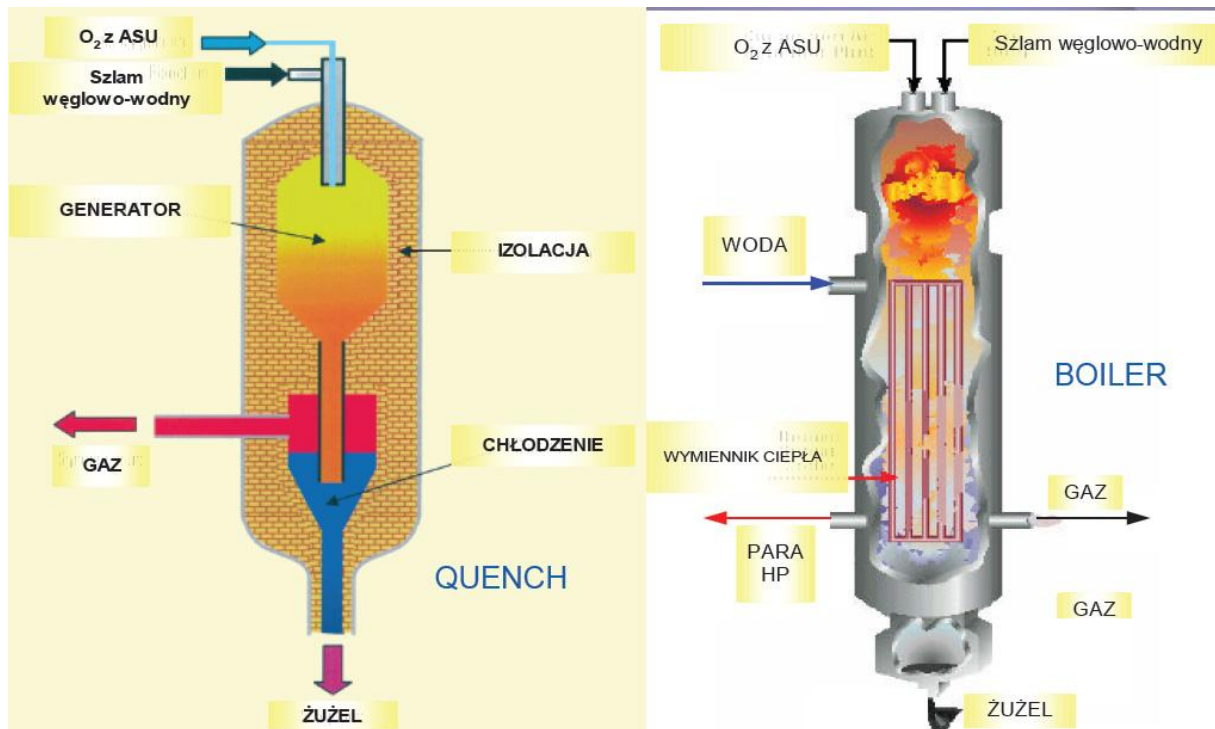
Również chłodzenie gorącego gazu na wylocie z reaktora może odbywać się w dwojaki sposób: w wymienniku ciepła lub poprzez bezpośrednie chłodzenie wodne. Wymiennik jest efektywniejszy energetycznie, ale chłodzenie bezpośrednie jest atrakcyjnym rozwiązaniem gdy syngas wymaga dalszej konwersji tlenku węgla. Ponadto ten rodzaj chłodzenia może mieć mniejsze nagłady inwestycyjne nawet o ok. 30 %.

Reaktory o przepływie strumieniowym to obecnie rozwiązanie najpopularniejsze na świecie ze względu na przetwarzanie szerokiego wachlarza surowców, a także na duże obciążenia

pojedynczego reaktora co skutkuje najmniejszymi kosztami inwestycyjnymi w stosunku do pozostałych technologii.

Technologie dostępne komercyjnie:

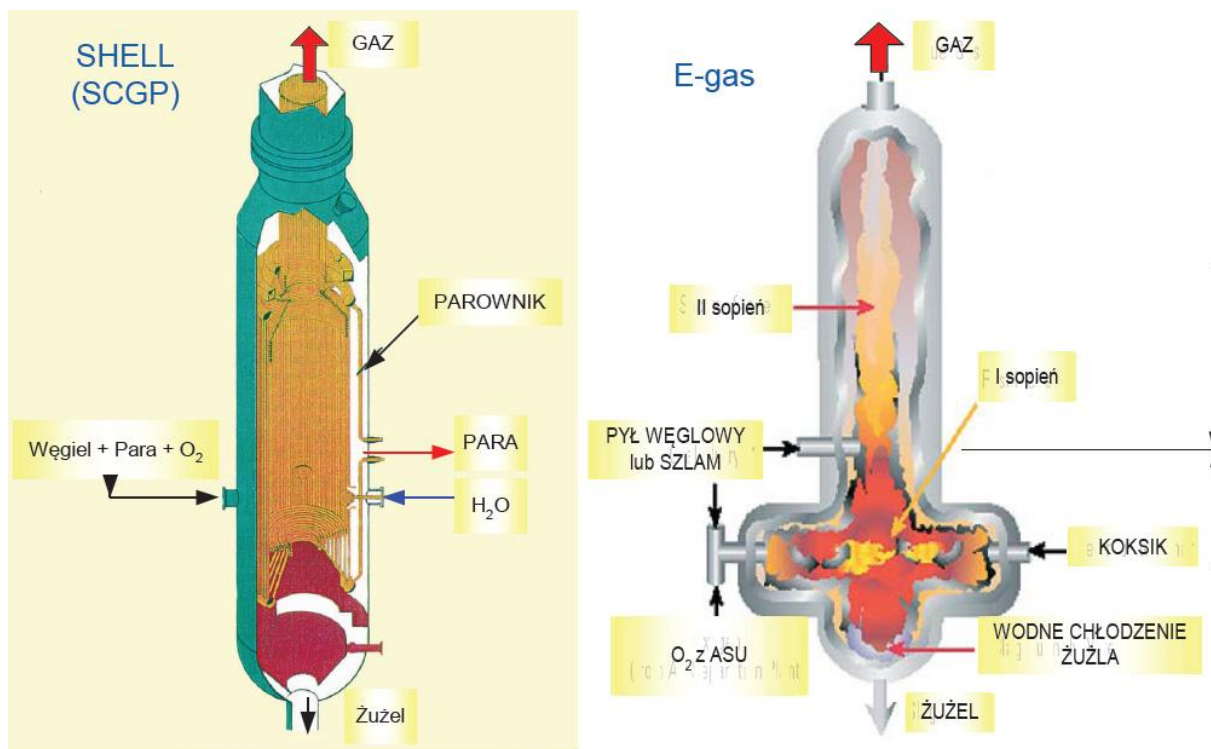
GE, Shell, Siemens (rys. 4,5 6)



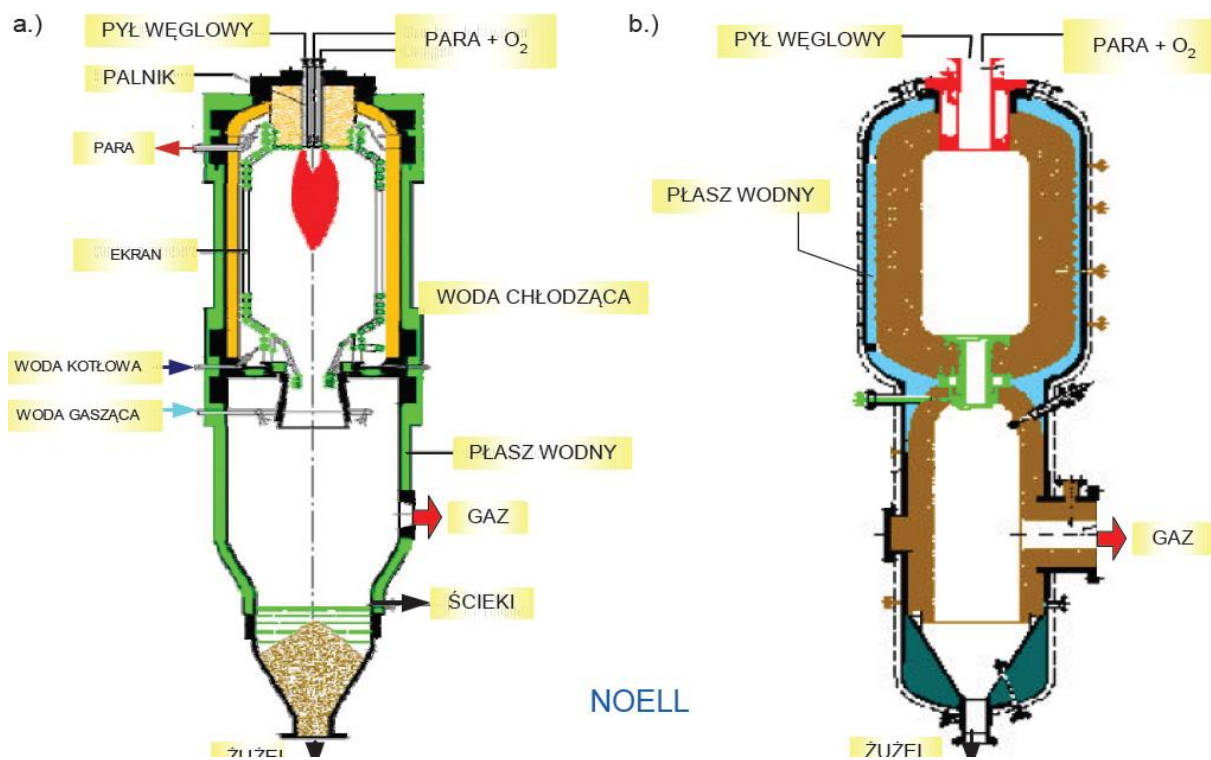
Rys. 4 Schemat technologii GE. Źródło: J. Kotowicz, (3)

W 2010 roku przewidywano wzrost zdolności produkcyjnych reaktorów zgazowania na poziomie, który widzimy obecnie. Jednak spodziewano się zupełnie odmiennej struktury tego wzrostu. Przewidywano równomierny wzrost w przemyśle energetycznym głównie w Stanach Zjednoczonych. Tymczasem rewolucja łupkowa na amerykańskim rynku zahamowała tam rozwój technologii zgazowania węgla. Wprost przeciwnie sytuacja miała się w Chinach, które w wyniku małych zasobów gazu ziemnego i ropy na dużą skalę zaangażowały się w konwersję węgla, głównie jako źródło surowca dla przemysłu chemicznego. W roku 2010 światowa struktura produkcji substancji chemicznych i paliw pochodzących ze zgazowania węgla kształtowała się następująco: 30 882, 7 MWth z ogółu wygenerowanego gazu syntezowanego lwią część stanowiły: paliwa płynne (14 957 MWth), substancje chemiczne (11 432 MWth, w tym amoniak i metanol) oraz energia elektryczna 2 590 MWth i paliwa gazowe 1900 MWth)¹.

¹ <http://www.gasification-syngas.org/resources/the-gasification-industry/>



Rys. 5 Schemat technologii SHELL. Źródło: J. Kotowicz, (3).



Rys. 6 Schemat technologii SIEMENS. Źródło: J. Kotowicz, (3).

Dane opublikowane w 2013 roku na temat stanu rozwoju układów zgazowania na świecie wskazują na niespotykanie dynamiczny rozwój tej technologii. Znajduje to m.in. odzwierciedlenie w 48% wzroście produkcji gazu procesowego w porównaniu ze stanem z 2010 roku. Aktualne kierunki rozwoju technologii zgazowania węgla są związane przede wszystkim z produkcją gazu syntezowego, który znajduje zastosowanie w produkcji substancji chemicznych (w tym wodoru). Ocenia się, że 25% światowej produkcji amoniaku i 30% światowej produkcji metanolu wytwarzane jest przy wykorzystaniu procesów zgazowania. Innymi kierunkami zastosowania gazu z procesów zgazowania są produkcja glikolu, etanolu oraz paliw płynnych i gazowych. W Azji renesans przeżywa koncepcja produkcji syntetycznego gazu ziemnego. W roku 2015 na całym świecie pracowało ponad 270 układów do naziemnego zgazowania węgla, w ramach których funkcjonowało ponad 680 reaktorów zgazowania. W chwili obecnej największym pod względem produkcji syngazu jest układ Pearl GTL, powstały w 2011 roku w Katarze. Korzysta on z 18 reaktorów pracujących metodą Shell SGP. Następnie prym wiodą nienowe już instalacje, pochodzące odpowiednio z 1977 i 1982 roku Sasol Synfuels East i West w Republice Południowej Afryki. Charakteryzują się one większą ilością reaktorów (po 40) i korzystają z technologii Lurgi FBDB. Pozostałe 8 największych światowych instalacji zlokalizowane jest w Chińskiej Republice Ludowej oraz jeden układ zgazowania węgla w Stanach Zjednoczonych. Chiny korzystają z różnych metod zgazowywania (Shell SCGP, GE, Siemens). Z nowych inwestycji widać wyraźnie, że układy zgazowania szczególnie intensywnie rozbudowywane są właśnie na regionie Azji i Pacyfiku. W tym sektorze niekwestionowanym liderem są Chiny, chociaż pracują już lub są planowane układy zgazowania w Indiach, Malezji, Japonii i Korei Południowej. Do największych planowanych inwestycji należą inwestycje Changji oraz Urumqi budowane przez Sinopec, chińskiego potentata sektora paliwowego. Będą one wyposażone odpowiednio w 20 +2 i 24 +4 reaktory, których moce produkcyjne mają być zbliżone do dotychczas największych katarskich instalacji. Już dzisiaj w regionie Azji i Pacyfiku działa, bądź jest w budowie więcej reaktorów niż w reszcie świata razem wziętej.

Generalnie obserwując aktualne światowe trendy w dziedzinie zgazowania można zauważyć dwie odmienne tendencje. Z jednej strony nowe układy zgazowania węgla czy koksu ponaftowego dla celów produkcji substancji chemicznych lub energii stają się coraz większe. Jest to tendencja szczególnie widoczna w Azji i na Bliskim Wschodzie. Tymczasem wzrasta również liczba mniejszych instalacji zgazowania biomasy oraz innych odpadów. Nie potrzebują one bowiem tak dużych rozmiarów jak wielkie jednostki produkujące na skale przemysłową. Często powstają one z myślą zaspokojenia potrzeb energetycznych poszczególnych miast.²

² <http://www.gasification-syngas.org/resources/the-gasification-industry/>