

## **IGCC: elektrownia na gaz z węgla. Doskonalenie technologii**

**Autor: Piotr Olszowiec na podstawie artykułu J.Smith'a „IGCC Technology Continues to Develop”, Power Engineering 11/2003.**

### **(Energia – Gigawat)**

Stany Zjednoczone dysponują największymi na świecie zasobami węgla kamiennego wysokiej jakości. Przy obecnym zużyciu wystarczą one na co najmniej 250 lat. Węgiel stanowi podstawę energetyki tego kraju: 52 proc. energii elektrycznej wytwarza się z tego właśnie paliwa. obrońcy środowiska sprzeciwiają się tak znacznemu wykorzystaniu tego „brudnego”, jak się powszechnie uważa, surowca energetycznego.

Jednak doskonalenie technologii utylizacji węgla umożliwia coraz czystsze jego spalanie z malejącą emisją tlenków siarki, azotu, dwutlenku węgla, metali ciężkich i innych zanieczyszczeń. Do stosunkowo nowych metod zalicza się technologię bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem węgla (i ewentualnie innych surowców).

Sam proces zgazowania węgla nie jest bynajmniej nową technologią. Jednak jeszcze do niedawna nie wykorzystywano tego procesu chemicznego do produkcji energii elektrycznej na dużą skalę. Z końcem XX w. na świecie działało zaledwie 10 elektrowni opartych o zgazowanie paliw organicznych, przy czym miały one charakter głównie pilotażowo-demonstracyjny. Już w 1792 r. szkocki inżynier William Murdock stwierdził, że przy podgrzewaniu węgla w zamkniętym naczyniu bez dostępu powietrza następuje jego zamiana na koks z wydzielaniem palnych gazów. Z czasem odkrycie to znalazło szerokie zastosowanie w praktyce. Od początku XIX w. do połowy ubiegłego stulecia gaz wytwarzany z węgla i koksu był w Stanach Zjednoczonych jedynym rodzajem gazu dostępnym dla odbiorców zarówno przemysłowych, jak i komunalnych.

W technologii bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa, określanej angielskim skrótem IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle), węgiel ulega zamianie na wysokokaloryczny gaz syntezowy (syngaz). Po oczyszczeniu gaz ten kieruje się do spalania w turbinie gazowej. Część entalpii spalin wylotowych z turbiny zostaje zużyta do wytwarzania pary w kotle odzysknicowym. Następnie para napędza turbinę parową z generatorem. Blok realizujący technologię IGCC ma zatem podobną strukturę (patrz załączony schemat) do szeroko rozpowszechnionych na świecie, a budowanych także i w Polsce, typowych bloków gazowo-parowych na bazie gazu ziemnego. Zasadnicza różnica tkwi jedynie w występowaniu rozbudowanego układu wytwarzania gazu syntezowego z paliwa stałego. Oprócz węgla w niektórych instalacjach używa się do zgazowania koks naftowy i inne produkty petrochemiczne, biomasę lub odpady komunalne. Dla poprawy opłacalności tego procesu z syngazu przed podaniem do turbiny wydziela się wodór i siarkę. Pierwiastki te wykorzystuje się następnie do produkcji poszukiwanych związków chemicznych, takich jak m.in. nawozy sztuczne, amoniak czy metanol. Chociaż usunięcie wodoru i siarki ze strumienia syngazu obniża jego wartość opałową, jednak zysk ze sprzedaży wspomnianych produktów ubocznych z nawiązką rekompensuje stratę wytwarzanej energii.

Technologia IGCC składa się z czterech oddzielnych procesów. Są to:

- kriogeniczna separacja tlenu i azotu z powietrza,
- zgazowanie paliwa (z udziałem tlenu lub powietrza),
- oczyszczanie gazu syntezowego,
- spalanie gazu syntezowego w turbinie gazowej.

Wydzielony z powietrza tlen jest zużywany do procesu zgazowania, natomiast azot o wysokiej czystości zostaje zmieszany z syngazem u wlotu do komory spalania. Dzięki temu wzrasta przepływ masy czynnika przez turbinę gazową, co podnosi jej moc wyjściową. Ponadto obecność azotu w spalanej gazie przyczynia się do redukcji emisji jego tlenków i może zmniejszyć potrzebę wtrysku wody lub pary.

Wytwarzanie syngazu, będącego mieszaniną wodoru i tlenku węgla, zachodzi w ciśnieniowym reaktorze, w którym węgiel w obecności tlenu wchodzi w reakcję z parą wodną. Po opuszczeniu reaktora syngaz zostaje poddany oczyszczaniu, umożliwiającemu wydzielenie pozostałości popiołów lotnych i innych cząstek stałych, związków siarki, amoniaku, metali ciężkich itp. W rezultacie zanieczyszczenia zostają usunięte przed spalaniem gazu w turbinie, a nie - jak w tradycyjnych technologiach energetycznych - z produktów spalania. Ustalono, że takie rozwiązanie problemu eliminacji zanieczyszczeń jest zarówno tańsze, jak i skuteczniejsze od dotychczasowego podejścia.

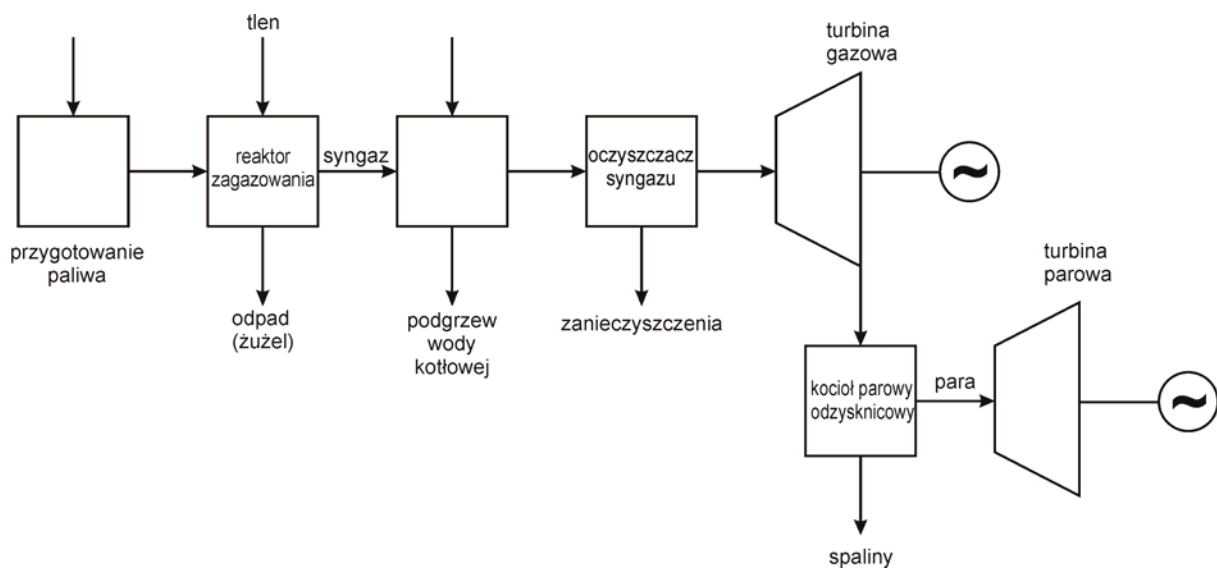
Z pomocą finansową Departamentu Energetyki w kilku amerykańskich elektrowniach przeprowadzono testowanie nowej technologii wykorzystania węgla. Pierwszą doświadczalną instalację zgazowania węgla na skalę przemysłową uruchomiono w elektrowni Polk na bloku 250 MW już w 1996 r. W trakcie pięcioletniego okresu eksploatacji tego pilotowego układu gazowo-parowego osiągnięto założone cele. Reaktor zgazowania węgla przepracował łącznie ponad 29 000 godz. przerabiając przeciętnie 2300 t węgla dziennie, co pozwoliło na wyprodukowanie 8,6 mln MWh energii elektrycznej. Dyspozycyjność bloku zawierała się w poszczególnych latach w przedziale 86-94 proc. Niższa z tych wartości była wywołana koniecznością dłuższego odstawienia reaktora do wymiany wykładziny ognioodpornej. W celu wydłużenia jej trwałości obniżono temperaturę zgazowania, co jednak spowodowało spadek sprawności procesu konwersji. W omawianej elektrowni, jak i w innych czynnych instalacjach tego typu w USA, uzyskano sprawność cieplną bloku na poziomie 42-44 proc., co przekracza o blisko 10 punktów procentowych sprawność nowoczesnych bloków węglowych z kotłami pyłowymi i odsiarczaniem spalin. Koszt jednostkowy budowy bloku IGCC w elektrowni Polk wyniósł 1650 dolarów/kW; w przyszłości powinien on ulec zmniejszeniu do konkurencyjnej dla innych technologii wartości 900-1250 dolarów/kW.

Innym przykładem udanego testowania nowej technologii okazał się blok w elektrowni Pinon Pine o mocy 107 MW spalający węgle o zróżnicowanych parametrach. Zastosowane w nim rozwiązania pozwalają na uzyskanie skuteczności eliminacji siarki na poziomie 95 proc. Blok ten w porównaniu z tradycyjnymi kotłami pyłowymi emituje o 70 proc. mniej tlenków azotu i 20 proc. mniej CO<sub>2</sub>. Jedynymi produktami odpadowymi tej instalacji jest nieszkodliwa mieszanina popiołu i gipsu, przeznaczona do dalszej utylizacji. W kilku innych amerykańskich elektrowniach trwają przygotowania do uruchomienia następnych bloków gazowo-parowych na bazie zgazowania różnych paliw i/lub odpadów.

Z początkiem 2005 r. w Lake Charles ma zostać oddana do ruchu elektrownia o łącznej mocy 670 MW składająca się z trzech bloków IGCC w oparciu o zgazowanie koksu naftowego. Każda z jednostek wytwórczych będzie obejmować turbinę gazową typu GE 7FA, parowy kocioł odzysknicowy i zasilaną przezeń turbinę parową. Oprócz syngazu bloki te będą zużywać gaz pochodzący z rafinerii i dodatkowo – w miarę potrzeby – gaz ziemny.

Kolejnym z podobnych przedsięwzięć sponsorowanych przez Departament Energetyki jest budowany zakład w Trapp, Kentucky. Cztery bloki tej elektrowni o całkowitej mocy 580 MW będą wykorzystywać zgazowanie wysokozasiarczonego węgla z pobliskich kopalń. Z czasem część tego paliwa zostanie zastąpiona przez odpady w postaci pelletów. Innowacją tego projektu jest zintegrowanie z technologią IGCC baterii ogni w paliwowych zasilanych strumieniem gazu syntezowego. Do anody ogni węglanowych (typu MCFC) o mocy znamionowej 2 MW będzie doprowadzany oczyszczony syngaz i para wodna, do katody zaś powietrze o zwiększonej zawartości dwutlenku węgla.

Specjaliści wiążą duże nadzieje z dalszym rozwojem technologii zgazowania węgla w energetyce. Oczekuje się, że już za kilka lat bloki te osiągną sprawność 52 proc., skuteczność odsiarczania 99 proc. i odazotowania spalin 90 proc., zaś jednostkowy koszt produkcji energii według tej technologii będzie o 25 proc. niższy niż w nowoczesnych blokach z kotłami pyłowymi. W Stanach Zjednoczonych badania nad wykorzystaniem zgazowania paliw w energetyce wielkich mocy są objęte Programem Technologii Czystego Węgla (Clean Coal Technology Program, CCT) realizowanym przez Departament Energii. Dobiega końca testowanie ostatnich z 38 projektów objętych tym programem. Ich realizacja kosztem ok. 5,1 mld dolarów przyniosła szereg konkretnych rozwiązań, których wdrażanie zapewnia amerykańskiej energetyce bardziej ekonomiczne i czyste wykorzystanie podstawowego paliwa w tym kraju.



Uproszczony schemat bloku gazowo-parowego ze zgazowaniem paliwa.