

Wiesław BLASCHKE*

Technologie Czystego Węgla rozpoczynają się od jego wzbogacania

STRESZCZENIE. Program Technologii Czystego Węgla składa się z czterech kierunków. Pierwszym jest oczyszczanie węgla przed spalaniem. Procesy oczyszczania węgla prowadzi się w zakładach przeróbki węgla kamiennego. W artykule omówiono procesy wzbogacania węgla, uśredniania parametrów jakościowych, selektywnego mielenia, tworzenia mieszanek. Omówiono także przyczyny małego zainteresowania użytkowników otrzymywaniem czystego węgla. Zwrócono uwagę na konieczność prowadzenia prac w pierwszym kierunku.

SŁOWA KLUCZOWE: technologie czystego węgla, wzbogacanie węgla, uśrednianie węgla, selektywne mielenie, mieszanki węglowo-wapienne

Wprowadzenie

Amerykański program Technologii Czystego Węgla, nazywany w oryginale *Clean Coal Technology*, składa się z czterech kierunków:

- ✧ PRECOMBUSTION – oczyszczenie węgla przed spalaniem wraz z przygotowaniem mieszanek węglowych o jakości gwarantującej utrzymanie limitów emisji,
- ✧ ADVANCED COMBUSTION – eliminacja szkodliwych domieszek w trakcie spalania przez doskonalenie metod spalania,

* Prof. dr hab. inż. – Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;
e-mail: viesbla@min-pan.krakow.pl

- ✧ ADVANCED POSTCOMBUSTION – oczyszczanie spalin,
- ✧ CONVERSION – nowe konwersje węgla – zgazowanie, upłynnianie, piroliza.

Autorzy amerykańskiego programu uważają, że żadnemu z wymienionych powyżej kierunków działania nie można przypisać decydującej roli. Problem należy rozwiązywać wykorzystując wszystkie możliwości tych kierunków. Tylko równoległe stosowanie przede wszystkim trzech pierwszych kierunków może dać zadawalające efekty przy najniższych nakładach.

Program technologii produkcji czystych węgla zaczęto w Polsce wprowadzać z dużym opóźnieniem w stosunku do krajów zachodnich. Program ten ma na celu opracowanie nowych technologii pozyskiwania i użytkowania węgla, które pozwolą na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery w procesach spalania.

W ostatnich latach, głównie dzięki zaangażowaniu prof. Jerzego Buzka, podjęto działania mające na celu spopularyzowanie tego programu. Interesujące jest to, że główny nurt dyskusji dotyczy czwartego kierunku – nowych konwersji węgla. To bardzo ważne zagadnienie, jednak w naszym kraju najwięcej mamy do zrobienia w pierwszych trzech kierunkach. Jeżeli program Czystych Technologii Węgla ma przynieść wymierne efekty, będzie można to osiągnąć na etapach oczyszczania węgla przed spalaniem, poprawy procesów spalania i oczyszczania spalin.

W literaturze światowej pierwszym trzem kierunkom poświęca, obecnie coraz mniej uwagi. Spowodowane jest to tym, że etapy te albo zostały rozwiązane (*precombustion*) albo zaawansowane są prace kończące etapy drugi i trzeci. W Polsce etapy te są w powijakach lub tylko częściowo rozwiązywane.

W dalszej części zajmę się wyłącznie pierwszym kierunkiem Technologii Czystego Węgla.

2. Przygotowanie czystego węgla do spalania

2.1. Etap przeróbki mechanicznej węgla surowego

Pierwszy etap „tworzenia czystego węgla” oparty jest na klasycznych metodach jego wzbogacania. Węgiel surowy poddawany jest procesom przeróbczym, które w cyklach wzbogacania uwzględniają usuwanie skały płonnej i wysokopopiołowych przerostów w separatorach cieczy ciężkiej, w osadzarkach, w cyklonach wodnych, w cyklonach cieczy ciężkiej, w separatorach zwojowych oraz za pomocą flotacji.

Układ technologiczny procesu przeróbczego, dobór poszczególnych metod wzbogacania, a nawet urządzeń uwarunkowany jest właściwościami technologicznymi kierowanych do przeróbki węgla. Kryterium decydującym jest stworzenie możliwości jak najdoskońszego oczyszczania węgla surowego, a więc pełne odkamienienie urobku oraz usunięcie jak największej ilości wolnych ziarn pirytu.

Klasyczne metody wzbogacania są najtańszym sposobem zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Stopień oczyszczenia z popiołu i siarki węgla wzbogaconego jest na tym etapie różny dla urobku pochodzącego z różnych kopalń. Zależy to od sposobu związania domieszek mineralnych z masą organiczną węgla oraz od procentowego udziału siarki organicznej i siarki pirytovej. Ponadto istotne jest, w jaki sposób siarka pirytova związana jest z ziarnami urobku, tzn. czy tworzy zrosty z węglem, ze skałą płonną czy też są to uwolnione ziarna pirytove.

2.2. Etap przygotowania „jeszcze czystszej węgla”

Drugi etap „tworzenia czystszej węgla” oparty jest na różnych metodach, w tym uśredniania, selektywnego rozdrabniania, tworzenia mieszanek. Etap ten powinien być stosowany wówczas, gdy węgiel wzbogacony metodami klasycznymi przekracza podczas spalania dopuszczalne limity emisji SO₂. Dotyczy to także węgla, których czystość urobku nie wymagała poddawania ich procesom wzbogacania. W praktyce operacjom tym poddawane są koncentraty węgla kamiennych. W Polsce nie rozwinęły się metody dodatkowego przygotowania „jeszcze czystszej węgla”. Rozpoczęto prace nad uśrednianiem węgla i próbuje się optymalizować te procesy. Niestety, nadal znaczna część miałow energetycznych nie jest wzbogacana, co ogranicza rozważania o selektywnym mieleniu czy tworzeniu mieszanek węglowo-wapiennych. W tej grupie działań znajdują się podane poniżej sposoby dalszego uszlachetniania węgla przed spalaniem.

2.2.1. Uśrednianie parametrów jakościowych węgla

Węgle pochodzące z różnych kopalń posiadają odmienne, niezależnie od ich stopnia wzbogacania, parametry jakościowe. Wynika to z właściwości technologicznych węgla zwanych charakterystykami jakościowymi. Kopalnie węgla podają w swych ofertach handlowych parametry jakościowe posiadanych węgla. Możliwe jest zatem mieszanie różnych węgla tak, aby uzyskać pożądaną jakościowo wsad do procesów spalania. Możliwe jest (proces ten jest najczęściej stosowany) łączenie węgla o różnej zawartości siarki tak, aby po spalaniu nie przekroczyć obowiązujących limitów emisji. Przy łączeniu węgla musi być przestrzegany odpowiedni reżim uśredniania. Uśrednianie węgla nie może być bowiem dokonywane wyłącznie w celu uzyskania odpowiedniej zawartości siarki. Musi być uwzględniony wpływ łączenia węgla na cały system transportu, przygotowania i spalania węgla. Należy brać pod uwagę transport różnych węgla w celu zapewnienia po zmieszaniu odpowiedniej ilości ciepła. Ilości tych węgla muszą być skorelowane z ich pożądanym procentowym udziałem w mieszance. Spowodować to może kłopoty niektórych producentów związane z koniecznością zmniejszenia, ze względu na mniejsze zainteresowanie użytkowników, wydobycia węgla bardziej zasiarzonych i o mniejszej kaloryczności.

Uwagi te dotyczą także uśredniania węgla ze względu na inne (np. zawartość popiołu, wartość opałowa itp.) parametry jakościowe, zgodnie z wymaganiami lub oczekiwaniami użytkowników.

2.2.2. Selektywne mielenie

Zastosowanie metody selektywnego rozdrabniania ma na celu uniknięcie konieczności mieszania (łączenia) węgla lub wprowadzenia odsiarczania spalin. Metoda może być stosowana dla węgla o dużej zawartości siarki pirytowej i niskiej zawartości siarki organicznej. Węgiel poddawany jest specjalnej metodzie kruszenia, a następnie selektywnego mielenia. Piryt jako twardszy nie ulega przemieleniu przy odpowiednio prowadzonym procesie rozdrabniania, np. w młynach misowo-kulowych lub w kruszarkach młotkowych i stosunkowo łatwo jest oddzielić go od pyłu węglowego. Stosując tę metodę usuwa się około 90% siarki pirytowej i większość popiołu. Koszty usuwania siarki są stosunkowo niskie.

2.2.3. Tworzenie mieszanek węglowo-wapiennych

Zastosowanie tej metody ma miejsce w przypadku występowania w węglach znacznych ilości siarki organicznej. Technologia polega na odpowiednim kruszeniu wzbogaconego węgla, a następnie selektywnym mieleniu z równoczesnym usuwaniem pirytu. Następnie dodaje się określone ilości zmielonego kamienia wapiennego, a także odpowiednie promotory i katalizatory. Te wszystkie dodatki reagują z pozostałą siarką organiczną, która uwalniana jest podczas spalania. W ten sposób redukuje się od 80 do 90% całkowitej ilości siarki w węglu. Metoda ta może być zastosowana dla każdego rodzaju węgla znajdującego się na rynku. Produkt jest łatwy do przewozu i niepylący.

2.2.4. Bardzo głębokie wzbogacanie węgla

Procesom głębokiego wzbogacania poddawane są koncentraty węglowe lub węgle surowe o dobrych parametrach jakościowych. Węgiel kierowany jest do kruszenia, często selektywnego, w celu uwolnienia drobnych i bardzo drobnych wprysnięć skały płonnej, w tym także bardzo drobno uziarnionych pirytów. Tak przygotowany materiał poddawany jest wzbogacaniu metodami: flokulacji selektywnej, aglomeracji, aglomeracji selektywnej, flotacji i innymi, np. ługowanie bakteryjne, wzbogacanie w ciekłym dwutlenku węgla. Większość tych procesów wymaga ściśle określonego reżimu technologicznego, a także odczynników o odpowiednich właściwościach.

3. Problemy produkcji czystych węgla przeznaczonych do spalania

Problem produkcji czystych węgla w Polsce jest dość złożonym zagadnieniem. Z jednej strony są to możliwości techniczne wzbogacania węgla, gdyż nie wszystkie kopalnie posiadają odpowiednie zakłady przerobcze. Jest to jednak, jak na razie, problem drugorzędny,

ponieważ istnieją prywatne zakłady przeróbcze mogące świadczyć usługi wzbogacania. Z drugiej strony są to potrzeby użytkowników węgla, którzy w umowach stawiają warunki co do jego jakości. Węgiel do celów energetycznych kierowany na rynek krajowy jest znacznie zróżnicowany w zakresie jakości. Zależy to przede wszystkim od zakresu mechanicznego wzbogacania tego węgla. Duża część sprzedawanego węgla nie jest wzbogacana, zwłaszcza w tych przypadkach, gdy parametry jakościowe węgla surowego odpowiadają potrzebom użytkowników.

W Polsce najwięksi użytkownicy węgla energetycznego nie są w zasadzie zainteresowani zakupem bardzo dobrego jakościowo węgla. Przyczyny małego zainteresowania zakupami dobrego jakościowo węgla przez energetykę wynikają głównie z faktu, że budowane w okresie powojennym elektrownie przystosowywane były do spalania węgla niewzbogaconego, tzw. surowych miałów energetycznych. Kotły dostosowane były do spalania węgla o zawartości popiołu od 20 do 35%. Im później budowane były elektrownie tym wyższą zawartość popiołu przyjmowano jako podstawową jakość węgla. Z tego też powodu nie budowano wówczas zakładów przeróbczych wzbogacających miały energetyczne, zwłaszcza że nie przywiązywano większego znaczenia do problemu zanieczyszczenia środowiska wskutek spalania złej jakości węgla.

Przeprowadzone w ostatnich kilkunastu latach modernizacje elektrowni i elektrociepłowni nie przewidywały dużych zmian w zakresie poprawy jakości spalanego węgla. W większości przypadków zakładano spalanie węgla o zawartości popiołu od 18 do 25%.

Należy tu przypomnieć, że krajowe miały energetyczne poddane wzbogacaniu uzyskują w koncentratkach zawartość popiołu poniżej 12%. Niezwykle rzadko zawartość popiołu dochodzi do 16%, i nie dotyczy to głębokiego wzbogacania, lecz jedynie usunięcia czystych ziarn skały płonnej (kamienia). Tak więc w praktyce do spalania kierowane są węgle zawierające duże ilości skały płonnej. Spalanie kamienia jest nonsensem technologicznym i ekonomicznym, ale taka jest praktyka i nie ma co tu mówić o technologiach czystego węgla na etapie kierowania go do procesów spalania.

4. Refleksje dotyczące pierwszego etapu Technologii Czystego Węgla

Produkcja czystych węgli jest uzależniona przede wszystkim od żądań jakościowych odbiorców węgla kamiennego. Jeżeli nie będą oni zainteresowani zakupami czystego węgla, to taki węgiel nie będzie produkowany przez kopalnie.

Istnieją możliwości techniczne i technologiczne przygotowywania przez zakłady przeróbcze czystego węgla do spalania. Brakujące moce przeróbcze łatwo jest uzupełnić.

Krajowy węgiel kamienny w złożach jest dobrej jakości. Badania wykazują, że wystarczy z węgla usunąć ziarna czystego kamienia, aby otrzymać produkty handlowe o zawartości od 8 do 12% popiołu (w rzadkich przypadkach do 16% popiołu). Możliwe jest też głębokie

wzbogacanie węgla pozwalające osiągnąć koncentraty (z niektórych kopalń) o zawartości popiołu od 4 do 6%. Ale na węgle takie jest bardzo małe zapotrzebowanie.

W Polsce problem uzyskiwania czystych węgli, ze względów rynkowych zatrzymał się na etapie klasycznego wzbogacania (odkamieniania węgla). Ostatnio tworzy się mieszanki węgla surowego i węgla wzbogaconego. Nie ma to na celu przygotowania czystego węgla, lecz dostosowanie produktów handlowych do potrzeb rynku.

Przyszłością, i to prawdopodobnie dość odległą, będzie przejście do kolejnego etapu produkcji jeszcze czystszych węgli do spalania. Produkcja bardzo czystych węgli (w rozumieniu amerykańskiego programu *Clean Coal Technology*) zależy będzie od zmiany nastawienia użytkowników węgla. W najbliższych latach nie będzie to jednak działalność na większą skalę. Po prostu nie ma zapotrzebowania na ultraczyste węgle kierowane do procesów spalania. Problem ten należy rozważać przy podejmowaniu decyzji o budowie nowych elektrowni i elektrociepłowni.

Wydaje się konieczne, aby zarówno producenci jak i użytkownicy węgla kamiennego podjęli się wspólnego opracowania mającego dać odpowiedź na pytanie: jak czysty powinien być węgiel kierowany do procesów spalania, aby osiągnąć jak najmniejsze emisje polutantów? Otwarty jest problem: czy wzbogacać węgle i kierować je do spalania w zmodernizowanych elektrowniach, czy też ponosić koszty użytkowania środowiska, a zwłaszcza zakupów pozwoleń na emisje CO₂ przy spalaniu dużo większych ilości węgla surowego (przy tej samej ilości wyprodukowanej energii). Węgłe wzbogacone posiadają wysoką kaloryczność, a jest to podstawowa właściwość węgla kierowanego do produkcji energii. Odpowiedzieć też należy na pytanie o ekonomikę kompleksu paliwowo-energetycznego w rachunku ciągnionym od eksploatacji węgla do przesyłu energii, uwzględniającą obecną i przyszłą politykę Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska.

Literatura

- BLASCHKE W., 1991 – Technologie czystego węgla. Przygotowanie czystego węgla do spalania. Mat. Symp. „Kierunki modernizacji górnictwa”. Zeszyt IV. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków.
- BLASCHKE W., 1992 – Technologie czystego węgla. Energetyka nr 2.
- BLASCHKE W., GAWLIK L., LORENZ U., MOKRZYCKI E., 2000 – Environment Protection in the Program of Polish Coal Mining Industry Reform. Sbornik referatu 10 Mezinardni Konference Hornicka Ostrava nt. „Utlum, likvidace, historie a tradice uhelneho hornictvi”, Ostrawa, Czechy.
- BLASCHKE W., GAWLIK L., NORAS L., 1996 – Coal Mining in Poland in the Aspect of Present and Environmental Regulation. Proceedings of the Fourth International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production – SWEMP'96, Cagliari, Italy.
- BLASCHKE W., LORENZ U., GRUDZIŃSKI Z., 1995 – Przeróbka mechaniczna węgla a ekologia. Wiadomości Górnicze nr 5.
- BLASCHKE W., MOKRZYCKI E., BLASCHKE S.A., GRUDZIŃSKI Z., LORENZ U., 1993 – Clean Coal Technology in Poland – Problem of Pre-combustion Coal Beneflcation Proceedings. 5th Interna-

- tional Energy Conference – Energex’93. Volume IV. Wyd. Korea Institute of Energy Research, Seoul, Korea.
- BLASCHKE W., NYCZ R., 2001 – Clean Coal Preparation Barriers in Poland. Proceedings International Workshop on Clean Coal Use – a Reliable Option for Sustainable energy. Vol. 1. Wyd. GIG, Szczyrk.
- BLASCHKE W., NYCZ R., 2003 – Clean Coal Preparation Barriers in Poland. Proceedings 9th International Energy Conference – Energex 2002. Special Issue. Applied Energy, Vol. 74. Nos. 3–4, Elsevier.
- BLASCHKE W., NYCZ R., 2003 – Problemy produkcji czystych energetycznych węgla kamiennych. Zeszyty Naukowe Pol. Koszalińskiej, seria Inżynieria Środowiska, zeszyt 21, Koszalin.
- BLASCHKE W., NYCZ R., 2007 – Przeróbka mechaniczna pierwszym etapem technologii czystego węgla. Inżynieria Mineralna 1/19.
- HYCZAR J.J., BLASCHKE W., MOKRZYCKI E. i inni, 1995 – Technologie czystego węgla – odsiarczanie i demineralizacja za pomocą silnych zasad. Studia, Rozprawy, Monografie nr 40, Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.

Wiesław BLASCHKE

Clean Coal Technologies – the first step is coal preparation

Abstract

Clean Coal Technologies is a program that consist of four directions. The first one is coal cleaning before its burning. The processes of coal cleaning are carried on in coal preparation plants. The paper describes the processes of coal washing, standardization of coal quality parameters, selective grinding and mixtures production. The reasons of a low interest of coal users in buying clean coal are explained. The attention is paid to the necessity of intensification of works in the first direction.

KEY WORDS: clean coal technology, coal preparation, coal standardization, selective grinding, coal – lime mixtures

