



Wiesław BLASCHKE*

Nowa generacja powietrznych stołów koncentracyjnych

Streszczenie: Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego zakupiło w Chinach powietrzny stół koncentracyjny typu FGX-1. Urządzenie to jest od połowy listopada 2012 roku testowane pod względem mechanicznym. Prowadzone są też wstępne badania wzbogacania węgla kamiennego. Testy te mają na celu zbadanie wpływu parametrów technicznych i technologicznych na dokładność procesu rozdziału ziaren węgla od ziaren skały płonnej. Ze względu na warunki atmosferyczne (stanowisko stoi na wolnym powietrzu) nie można wiarygodnie publikować osiągniętych rezultatów. W artykule omówiono zasady wzbogacania, konstrukcję powietrznych stołów koncentracyjnych oraz niektóre parametry wpływające na dokładność rozdziału ziaren różniących się gęstością. Zamieszczono przykładowe rezultaty wzbogacania (czterech prób) węgla energetycznego. W podsumowaniu pokazano możliwości zastosowania powietrznych stołów koncentracyjnych oraz zwrócono uwagę na ich zalety i wady.

Słowa kluczowe: wzbogacanie powietrzne, powietrzne stoły koncentracyjne, zasada działania, parametry

The new generation of air concentrating tables

Abstract: The Institute of Mechanised Construction and Rock Mining – Warsaw, Poland – bought in China a concentrating table for dry cleaning of the type FGX-1. The unit has been tested mechanically since mid-November 2012. Preliminary research on coal dry cleaning has been conducted. These tests were designed to measure the impact of technical and technological parameters on the accuracy of the separation process of the coal from waste rock grains. Due to weather conditions (the stand operates in the open air), the results achieved can not be reliably published.

This article describes the principles of enrichment, the construction of air concentrating tables, and some of the parameters affecting the accuracy of separation of grains with different densities. It presents the results of dry coal cleaning experiments (four trials).

The summary indicates the potential of air concentrating tables and highlights their strengths and weaknesses.

Key words: dry coal cleaning, air concentrating tables, the principle of operation, parameters

* Prof. dr hab. inż., Pracownia Ekonomiki i Badań Rynku Paliwowo-Energetycznego, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: viesbla@min-pan.krakow.pl

Wprowadzenie

Wzbogacanie powietrzne jest metodą rozdziału we wznoszącym się lub pulsującym strumieniu powietrza ziaren różniących się między sobą gęstością. Wzbogacanie powietrzne stosuje się w zasadzie do surowców o małej gęstości oraz łatwo wzbogacanych, a także tam, gdzie występują braki wody lub w klimacie ostrym, gdzie zachodzi obawa zamarzania mokrych produktów. Metodą tą wzbogaca się w zasadzie węgle kamienne – zwłaszcza te, które zawierają łatwo rozmakalne frakcje węglowe lub odpadowe – oraz niektóre typy (twarde) węgla brunatnych.

Metodą wzbogacania powietrznego rozdzielać można składniki urobku stosując powietrzne stoły koncentracyjne lub osadzarki powietrzne tzw. wialniki. W niniejszym artykule omówione zostaną powietrzne stoły koncentracyjne.

Urządzenia te są znane od dziesiątków lat. Pierwszy stół zbudowano w USA już w 1919 r. W okresie międzywojennym wdrożono powietrzne stoły koncentracyjne w Anglii (1925 r.), a następnie w Niemczech, Polsce i Belgii (1928 r.) (Budryk 1947; Blaschke S. 1951).

Powietrzne stoły koncentracyjne, ze względu na małą dokładność rozdziału, zostały wyparte przez mokre metody wzbogacania (osadzarki, ciecz ciężkie). W rejonach braku wody pracowały i nadal pracują powietrzne stoły koncentracyjne nowszych konstrukcji (Blaschke W. 1976; Blesow 1988). Ich dokładność rozdziału jest także stosunkowo nieduża (duże straty węgla w odpadach i w produktach pośrednich). W Chinach, już po 2000 r., opracowano nową konstrukcję powietrznych stołów koncentracyjnych (Shen 2002). Stoły te wykorzystuje się do wstępnego usuwania części ziaren kamienia (skały płonnej) z urobku węglowego przed poddaniem go mokrym procesom wzbogacania w zakładach przerobczych.

Chińskie powietrzne stoły koncentracyjne spotkały się z dużym zainteresowaniem w USA (Honaker i in. 2006), Indiach (Honaker 2010), Turcji (Orhan i in. 2010), RPA (de Korte 2010), a także w innych krajach. Opierając się na doświadczeniach tych krajów (Honaker i in. 2010; Li Gongamin 2006) Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego zakupił, za pośrednictwem firmy WARKOP Sp. z o.o. (przedstawiciela na Polskę producenta stołów – firmy Tangszan Shenzou Machinery Co. Ltd.) powietrzny stół koncentracyjny FGX-1 dla swego oddziału zamiejscowego – Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego. Zakup był poprzedzony próbą wzbogacania 2 Mg krajowego urobku węglowego przesłanego do Chin. Pozytywny wynik rozdziału tego węgla potwierdził celowość zakupu powietrznego stołu koncentracyjnego i zabudowania na jego bazie stanowiska badawczego w skali półtechnicznej. Stanowisko to zostało zlokalizowane na terenie Zakładu Górniczego „Sobieski” wchodzącego w skład Południowego Koncernu Węglowego S.A.

Stanowisko badawcze suchego odkamieniania urobku węglowego, będące w dyspozycji IMBiGS jest obecnie testowane w celu opanowania przez pracowników sposobów jego prowadzenia (Baic i in. 2013). Prowadzone są też wstępne próby rozdziału urobku.

1. Zasady wzbogacania na powietrznym stole koncentracyjnym

Rozdział materiału surowego na poszczególne produkty wzbogacania przeprowadza się na płycie perforowanej, tzw. płycie roboczej, przez którą przeciska się powietrze sprężone.

Pod wpływem wznoszącego się strumienia powietrza następuje rozluźowanie, podniesienie i zawieszenie ziaren nadawy, które następnie przemieszczają się w warstwie materiału w zależności od gęstości poszczególnych ziaren.

Prędkość końcową swobodnego opadania ziarna w powietrzu v_0 podaje wzór:

$$v_0 = k \sqrt{d \frac{\delta_z - \delta_p}{\delta_p}} \approx k \sqrt{d \frac{\delta_z}{\delta_p}} \approx k_1 \sqrt{d \cdot \delta_z} \quad (1)$$

gdzie:

- d – średnica ziarna,
- δ_z – gęstość ziarna,
- δ_p – gęstość powietrza,
- k – współczynnik wyznaczany doświadczalnie.

Gęstość powietrza we wzorze (1) można pominąć ze względu na znikomą jej wartość w porównaniu z gęstością wzbogacanych ziaren. W związku z małym oporem ośrodka powietrznego końcowa prędkość opadania osiągnęta byłaby dopiero po opadnięciu ziarna z wysokości dziesiątków metrów, co nie jest możliwe w warunkach przemysłowych. Dlatego też rozdział ziarn przeprowadza się zawsze we wznoszącym się strumieniu powietrza.

Przy wzbogacaniu mieszaniny ziaren różniących się gęstością współczynnik równopadania ε wynosi:

$$\varepsilon = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\delta_{z2} - 1,23}{\delta_{z1} - 1,23} \approx \frac{\delta_{z2}}{\delta_{z1}} \quad (2)$$

i jest niższy od współczynnika równopadania tych ziaren w wodzie. Przykładowo, dla ziaren o gęstości $\delta_{z1} = 1,35 \text{ g/cm}^3$ i $\delta_{z2} = 2,4 \text{ g/cm}^3$ współczynniki równopadania w wodzie i w powietrzu wynoszą odpowiednio $\varepsilon_w = 4$ i $\varepsilon_p = 1,78$. Z tego też powodu wzbogacanie powietrzne wymaga znacznie węższej skali klasyfikacji.

Napór statyczny powietrza P_{st} , wymagany dla zawieszenia warstwy materiału nad płytą, można obliczać ze wzoru:

$$P_{st} = Q \cdot \delta_{sr} \cdot h \quad (3)$$

gdzie:

- Q – współczynnik rozluźowania warstwy,
- δ_{sr} – średnia gęstość nadawy,
- h – grubość warstwy nadawy.

Ponieważ powietrze przechodzi pustkami pomiędzy ziarnami, statyczny napór przekształca się częściowo w napór dynamiczny. Wielkość naporu dynamicznego P_d nie powinna być zbyt duża, jednak ze względu na konieczność rozluźnienia warstwy materiału nie powinna być mniejsza niż:

$$P_d = 0,5 \cdot v_0^2 \cdot \delta_p \quad (4)$$

gdzie:

v_0 – prędkość wznoszącego się strumienia powietrza.

W wyniku działania naporu statycznego i naporu dynamicznego powietrza materiał surowy ulega zawieszeniu, przy czym tworzą się warstwy zawierające ziarna równopadające o określonej wielkości i gęstości, które mogą utrzymać się przy danej w tej warstwie prędkości wznoszącego się strumienia powietrza. Przy normalnym rozluźnianiu materiału ziarna cięższe niż ziarna odpowiadające danej warstwie przemieszczają się w dół, ziarna lekkie natomiast przemieszczają się w górę. Równocześnie warstwa materiału przemieszcza się w kierunku miejsca rozładowania.

2. Powietrzny stół koncentracyjny

Powietrzne stoły koncentracyjne produkowane są w Chinach w dziesięciu modelach o wydajnościach: FGX-1 (10 Mg/h), FGX-2 (20 Mg/h), FGX-3 (30 Mg/h), FGX-6 (60 Mg/h), FGX-9 (90 Mg/h), FGX-12 (120 Mg/h), FGX-18 (180 Mg/h), FGX-24 (240 Mg/h), FGX-24A (240 Mg/h), FGX-48 (480 Mg/h). Modele z literą „A” składają się z dwóch separatorów zabudowanych w jednym urządzeniu. Do Polski sprowadzono ćwierćtechniczny model FGX-1.

Urządzenia FGX składają się z perforowanego stołu roboczego, urządzenia wibracyjnego, komory powietrznej, napędu i mechanizmu pozwalającego zmieniać kąty nachylenia stołu. Nadawa surowego węgla jest podawana poprzez wibrujący zasilacz na stół roboczy pochylony pod różnymi kątami w osi poprzecznej i podłużnej, wprawiany w ruch wibracyjny przez wibrator.

Pod płytą roboczą stołu znajduje się kilka komór powietrznych zasilanych przez wentylator odśrodkowy. Powietrze przechodzi przez otwory w płycie tworząc wznoszący prąd powietrza. Materiał drobny w nadawie wraz z powietrzem stanowi autogeniczny ośrodek (medium), tzn. tworzy z powietrzem zawiesinę (suspensję) „powietrze–ciało stałe” nazywane czasami złożem fluidalnym. W rezultacie powstają warunki do skrapowanego opadania wewnątrz złoża ziaren w zależności od ich wielkości i gęstości. Złoże węgla surowego unosi się i różnicuje w zależności od gęstości materiału. A mianowicie: materiał lżejszy znajduje się na powierzchni złoża zawieszinowego, a frakcje o wyższej gęstości znajdują się w dolnej jego partii.

W urządzeniu wykorzystuje się efekt tzw. upłynnienia, który powstaje w wyniku interakcji pomiędzy gęstością drobnych cząstek stanowiących zawiesinę a bardziej gruboziarnistymi cząstkami złoża, co doprowadza do poprawy rozdziału frakcji gruboziarnistych.

Proces wzbogacania przebiega podobnie do procesu wzbogacania w cieczy ciężkiej przy czym ośrodkiem, w którym następuje rozdział, jest złoże fluidalne. Z uwagi na to, że stół pochylony jest w kierunku poprzecznym, materiał o małej gęstości znajdujący się na powierzchni złoża fluidalnego ma tendencję do przesuwania się po tej powierzchni i spadania w sposób ciągły, pod wpływem sił grawitacji, poprzez przegrodę usytuowaną na brzegu stołu (przesypem węgla wzbogaconego). Materiał o wyższej gęstości koncentruje się

w dolnej części złoża fluidalnego i przesuując się w kierunku wylotu kamienia jest odprowadzany przegrodą kierującą go do zsypu kamienia. W zależności od rodzaju nadawy i sposobu ustawienia maszyny może być wytwarzanych wiele produktów (frakcje: kamienia, przerostów węglowo-kamiennych, łupków, węgla wysokopopiołowego, węgla niskopopiołowego) dostosowanych do wymogów użytkowników. Z reguły wydziela się trzy produkty, ale można ustawić przegrody tak, że otrzymuje się pięć a nawet dziewięć produktów. Mając na uwadze ochronę środowiska przed zapyleniem – stół przykryty jest zadaszaniem wraz z zabudowanym odpylaczem, gdzie utrzymywane jest ujemne ciśnienie. Zaznaczyć należy, że 75% zapyłonego powietrza cyrkuluje w obiegu, tzn. za pomocą wentylatora przechodzi przez odpylacz cyklonowy i jest powtórnie używane. Natomiast 25% powietrza po odpyleniu przez odpylacz workowy ze sprawnością 99,5% uchodzi do atmosfery. W ten sposób urządzenie spełnia surowe wymogi standardów ochrony środowiska.

3. Parametry wpływające na dokładność wzbogacania

Powietrzne stoły koncentracyjne są – jak już wcześniej wspomniano – urządzeniami o stosunkowo małej dokładności wzbogacania (rozproszenie prawdopodobne $Ep > 0,20$). Z tego też względu, aby uzyskać korzystne wyniki rozdziału należy przestrzegać zaleceń dotyczących prowadzenia procesu wzbogacania. Proces ten zależy od wielu czynników. Z najważniejszych należy wymienić:

- **wstępne przygotowanie nadawy.** Ze względu na niższy współczynnik równopadania do wzbogacania należy kierować węższe klasy ziarnowe węgla – przykładowo wydziela się klasy 50–13; 13–3; 3–0,5 mm. Doświadczenia przemysłowe pokazują, że można też kierować do rozdziału nadawę o ziarnistości 80(75)–0 lub 50–0 mm. W celu uniknięcia zbyt dużych strat naporu statycznego (przy jego przekształceniu w napór dynamiczny) zaleca się wypełnienie przestrzeni między ziarnami przy wzbogacaniu ziaren grubych przez dodanie 15 do 30% ziaren drobnych. Należy jednak unikać kierowania do wzbogacania ziaren najdrobniejszych;
- **wielkość ziaren i skład ciężarowy nadawy.** Przy wzbogacaniu węgla górny wymiar ziaren nie przekracza w zasadzie 50 mm, spotyka się przypadki wzbogacania materiału dochodzącego do 100 mm. Nie wzbogaca się ziaren $< 0,8$ (0,5) mm. W zasadzie nie wzbogaca się materiału zawierającego ziarna frakcji pośrednich. Jeżeli jednak zawartość przerostów jest duża, należy zmniejszyć skalę klasyfikacji;
- **ilość podawanego powietrza.** Im większe ziarna i wilgoć węgla oraz większa wysokość podawanej warstwy materiału i trudniejsza wzbogalność, tym większa powinna być ilość i większe ciśnienie podawanego powietrza. Przy zbyt małej ilości powietrza zmniejsza się efektywność wzbogacania. Ilość podawanego powietrza dobiera się doświadczalnie;
- **wysokość listew.** Dobiera się ją w zależności od uziarnienia materiału oraz od jego trudności wzbogacania. Wysokość kolejnych listew może zmniejszać się od punktu załadunkowego do przeciwnego końca płyty roboczej. Listwy dzielą się na listwy płyty roboczej oraz listwy brzegowe. Od wysokości listew płytowych zależy równomierność rozdzielania materiału na powierzchni stołu, a od wysokości listew

brzegowych zależy grubość materiału na płycie oraz prędkość rozładowania koncentratu;

- **kąt nachylenia płyty roboczej.** Podłużny kąt nachylenia stołu reguluje się w zależności od żądanej szybkości wydzielania odpadów i produktów pośrednich. Im większy kąt podłużnego nachylenia, tym mniejsza prędkość przesuwania się odpadów w między listwami, co może spowodować zanieczyszczenie koncentratu. Zbyt mały kąt powoduje przyspieszenie rozładowania odpadów, co może powodować straty węgla w odpadach. Kąt podłużnego nachylenia płyty zależy także od ilości frakcji odpadowych w nadawie. Im większe ziarna nadawy, tym większy powinien być kąt podłużnego nachylenia; waha się on w granicach od 4° do 9° . W praktyce kąt podłużny ustawienia płyty roboczej reguluje się w zakresie $0-2^\circ$.

Poprzeczny kąt nachylenia płyt roboczych wpływa na szybkość wydzielania koncentratu. Im mniejszy kąt nachylenia, tym dłuższy czas przebywania materiału na stole, a więc i mniejsza wydajność. Dla węgla łatwo wzbogacalnych stosuje się większe kąty nachylenia. Przy wzbogacaniu ziarn grubych kąt poprzecznego nachylenia płyty wynosi 5° do $5,5^\circ$, a dla ziaren drobnych 2° do 4° . W praktyce kąt poprzeczny reguluje się w zakresie od 0° do 10° ;

- **liczba wahnii płyty roboczej.** Wpływa ona na wydajność wzbogacalnika oraz intensywność wstrząsania. Reguluje się ją w zależności od zawartości frakcji odpadowych oraz od wilgotności materiału. Im wyższa liczba wahnii, tym szybsze wydzielanie odpadów. Zaleca się dobór liczby wahnii w zależności od kąta podłużnego nachylenia płyty, gdyż może zachodzić niebezpieczeństwo znacznych strat węgla w odpadach. Liczbę wahnii reguluje się w przedziale 200 do 450 na minutę;

- **wydajność wzbogacalnika.** Zależy ona od składu ziarnowego i ciężarowego materiału oraz od jego wilgotności. Optymalną wydajność dobiera się eksperymentalnie.

W warunkach przemysłowych wynosi ona od 4 do 9 $t/(h \cdot m^2)$ [$Mg/(h \cdot m^2)$].

Wzbogacanie we wzbogacalnikach powietrznych wymaga ścisłego reżimu technologicznego, ponieważ jedynie wówczas istnieje możliwość utrzymania parametrów jakościowych produktów. Normalne zanieczyszczenie produktów przedstawia się następująco: zawartość frakcji $> 1,8 \text{ g/cm}^3$ w koncentracie wynosi przy rozdziale na dwa produkty 4 do 10%, a przy rozdziale na trzy produkty 2 do 5%, straty frakcji $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ w odpadach wynoszą przy rozdziale na dwa produkty 5 do 12%, a przy rozdziale na trzy produkty 3 do 9%.

Doświadczenia zagraniczne pokazują, że skuteczność rozdziału zależy także od parametrów technologicznych kierowanej do wzbogacania nadawy. Zauważono, że wpływ na dokładność rozdziału mają następujące parametry:

- wilgoć całkowita,
- wymiar rozdzielanego materiału badawczego (ziarna maksymalne),
- klasa ziarnowa,
- udział klasy ziarnowej 6–0 mm,
- relacja ilości kamienia do ilości węgla,
- zawartość popiołu w materiale badawczym,
- zawartość produktu pośredniego (przerostu) w nadawie.

Podkreślono, że najważniejszym parametrem technologicznym jest zawartość wilgoci powierzchniowej, a także skład ziarnowy nadawy.

4. Wstępne rezultaty wzbogacania urobku węglowego

Stanowisko badawcze urządzenia FGX-1 posadowione jest na placu zakładu przerobczego ZG Sobieski (na wolnym powietrzu). Zmontowane zostało w listopadzie 2012 roku. Spowodowało to niemożność, ze względu na warunki atmosferyczne, prowadzenia doświadczeń optymalizujących rezultaty wzbogacania. Możliwe było jedynie prowadzenie prac rozruchowych oraz wstępnych badań rozdziału. Z tego też względu otrzymane dotychczas rezultaty są jedynie wynikami orientacyjnymi (wstępnymi) możliwości wzbogacania węgla surowego.

Poniżej w tabeli zestawiono przykładowe rezultaty rozdziału czterech prób węgla w przemysłowym urządzeniu typu FGX-3.

Numer próby	Nadawa	Koncentrat		Odpady	
	zawartość popiołu [%]	wychód [%]	zawartość popiołu [%]	wychód [%]	zawartość popiołu [%]
I	24,40	80,26	12,97	19,74	70,88
II	23,35	80,91	13,08	19,09	66,87
III	26,94	84,02	16,93	15,98	79,58
IV	25,64	78,49	13,00	21,51	71,76

Przytoczone powyżej rezultaty pokazują, że wzbogacając urobek na powietrznych stołach koncentracyjnych można otrzymać dość czyste, jak na węgiel energetyczny, produkty. Węgiel surowy był zresztą łatwo wzbogacalny. Proces prowadzony był przy wysokich gęstościach rozdziału.

Zamieszczone w tabeli rezultaty wzbogacania węgla, pochodzącego z jednej z chińskich kopalni, są jedynie ilustracją możliwości powietrznego stołu koncentracyjnego. Doniesienia literaturowe, przy braku zestawień tabelarycznych osiągniętych wyników, pozytywnie oceniają rezultaty odkamieniania urobku węglowego.

W warunkach krajowych, zwłaszcza przy dużym zawilgoceniu nadawy i stosunkowo trudno-wzbogacalnym węglu, prawdopodobnie nie będzie można uzyskać tak dobrych rezultatów, jak pokazuje to powyższa tabela. Systematyczne badania polskich węgla będą prowadzone w drugim kwartale 2013 roku.

Podsumowanie

W ostatnim dziesięcioleciu opracowano w Chinach nową konstrukcję powietrznych stołów koncentracyjnych. Stoły te znajdują coraz szersze zastosowanie w procesach wzbogacania węgla. Są one wykorzystywane do procesów tzw. deshalingu (suchego odkamieniania urobku węglowego). Usunięcie części skały płonnej (w praktyce można obniżyć jej ilość o 50–70%) pozwala w przypadku węgla łatwo wzbogacalnych uzyskiwać koncentraty przydatne już w tej formie do spalania w elektrowniach. Dotyczy to elektrowni wyposażonych w kotły przeznaczone do spalania węgla o stosunkowo dużej zawartości popiołu. Dla odbiorców wymagających bardzo czystego węgla koncentraty uzyskiwane na powietrznych stołach koncentracyjnych muszą być poddawane wtórnemu wzbogacaniu – najczęściej w osadzarkach.

Zaletą wzbogacania powietrznego jest bowiem znaczne uproszczenie schematu technologicznego, a zwłaszcza możliwość ograniczenia gospodarki wodno-mułowej, otrzymanie produktów suchych, małe zużycie energii oraz niskie koszty wzbogacania.

Do wad należy zaliczyć gorszą jakość produktów końcowych w porównaniu ze wzbogacaniem w ośrodku wodnym, konieczność rozszerzenia klasyfikacji wstępnej, konieczność suszenia zbyt wilgotnej nadawy.

Urządzenia suchego wzbogacania nie mogą zastąpić wzbogacania w cieczy ciężkiej i w osadzarkach węgla koksowych ze względu na żadaną przez użytkowników niską zawartość popiołu w koncentracji oraz braku w nich ziaren skały płonnej.

Doświadczenia światowe (pracuje już ponad tysiąc urządzeń FGX) pokazują, że metoda ta jest odpowiednia dla usuwania zanieczyszczeń nadawy, redukcji zapopielenia, odsiarczania węgla zawierających piryty, odpylania produktów wzbogacania, zwiększania wartości opałowej węgla handlowego.

Wzbogacanie powietrzne może być także stosowane dla odzysku węgla z odpadów znajdujących się na hałdach.

Doniesienia literaturowe, jeszcze dość skąpe, a także prowadzona w Chinach próba wzbogacania krajowego węgla pozwoliły na podjęcie decyzji o zakupie pierwszego w kraju i w Unii Europejskiej stanowiska badawczego suchego wzbogacania urobku węglowego.

W centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego opracowana została metodyka badawcza dla suchego odkamieniania urobku prowadzona na urządzeniu FGX-1. Metodyka ta będzie weryfikowana w trakcie prowadzenia prób ćwierćtechnicznych na posiadanym stanowisku badawczym.

W przypadku potwierdzenia się dotychczasowych wstępnych badań wzbogacania, na posiadanym stanowisku krajowych węgla, metodyka ta będzie rekomendowana spółkom węglowym i innym zainteresowanym jednostkom.

Literatura

- Baic I., Blaschke W., Góralczyk S., Sobko W., Szafarczyk J., 2013 – Odkamienianie urobku węglowego metodą suchej separacji. Monografia – Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. KOMAG, s. 99–108.
- Blaschke S., 1951 – Przeróbka mechaniczna węgla i rud. Wyd. PZWS. Warszawa, s. 309–316.
- Blaschke W., 1976 – Wzbogacanie powietrzne. Poradnik Górnika. Tom V. Wyd. Śląsk. Katowice, s. 556–563.
- Blesow B.D., 1988 – Aparatczik pneumatycznego obogaszczczenia uglej. Wyd. Nedra. Moskwa.
- Budryk W., 1947 – Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych. Część ogólna. Wyd. SWPTSA. Kraków, s. 156–161.
- De Korte G.J., 2010 – Coal preparation research in South Africa. Proceedings of XVI International Coal Preparation Congress. Lexington. USA, s. 859–863.
- Honaker R.Q., Luttrell G.H., Bratton R., Patil D., 2006 – Dry deshaling technologies. CPSA Journal. The magazine by the Coal Preparation Society of America, Vol. 5 No 2, s. 21–25.
- Honaker R.Q., Luttrell G., Mohanty M., 2010 – Coal preparation research in the USA. Proceedings of XVI International Coal Preparation Congress. Lexington. USA, s. 864–874.
- Honaker R.Q., 2007 – Coarse dry cleaning. Workshop on Coal beneficiation and utilization of rejects: Initiatives, policies and practices. Ranchi. India.
- Li Gongamin, 2006 – Coal compound dry cleaning technique-study and practice. Proceedings of XV International Coal Preparation Congress. Pekin. Chiny, Vol II, s. 439–447.
- Orhan E.C., Ergun L., Altıpasamak, 2010 – Application of the FGX Separator in the enrichment of Catalozi Coal: A simulation study. Proceedings of XVI International Coal Preparation Congress. Lexington. USA, s. 562–570.
- Schen L., 2002 – The compound dry cleaning machine and its application. Proceedings of XIV International Coal Preparation Congress and Exhibition. Johannesburg–Sandton. RPA, s. 419–423.