



## **Badania nad odkamienianiem energetycznego węgla kamiennego na powietrznych stołach koncentracyjnych**

*Ireneusz Baic, Wiesław Blaschke, Wojciech Sobko*  
*Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego*  
*w Katowicach Oddział Instytutu Mechanizacji Budownictwa*  
*i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

### **1. Wstęp**

Problem oczyszczania urobku węglowego, zwany wzbogacaniem, przeznaczonego do celów energetycznych jest przedmiotem dyskusji od kilkudziesięciu lat. Rozważana jest celowość poprawy jakości handlowego węgla energetycznego w świetle posiadanych przez energetykę zawodową kotłów do jego spalania. Każdy kocioł projektowany jest na określone parametry jakościowe węgla (zawartość popiołu, wartość opałowa, itd.). Spalanie węgla o parametrach lepszych niż tzw. „parametry gwarancyjne kotła” nie skutkuje znacznym obniżeniem kosztów. Natomiast spalanie węgla o parametrach jakościowych gorszych niż parametry gwarancyjne kotła skutkuje pogorszeniem sprawności przemian energetycznych, zwiększeniem emisji polutantów, koniecznością większego zużycia paliwa na wytworzenie tej samej ilości energii, wzrostem kosztów remontów, itd. [6]. Z tego też względu użytkownicy węgla kamiennego energetycznego poszukują na rynku paliwa o parametrach jakościowych dostosowanych do parametrów gwarancyjnych kotłów będących w ich dyspozycji.

Przez wiele lat parametry gwarancyjne kotłów były dostosowane do jakości niewzbogacanych węgli, gdyż kopalnie nie posiadały sekcji wzbogacania mialów węglowych, a takie paliwo jest użytkowane w elek-

trowniach i elektrociepłowniach. W ostatnich dwudziestu pięciu latach wybudowano w wielu kopalniach sekcje wzbogacania miałów. Układy technologiczne przeróbki mechanicznej miałów posiadają węzły mokrego wzbogacania. Układy te muszą być wyposażone w sekcje gospodarki wodno-mułowej.

Mokre wzbogacanie miałów jest trudne technologicznie i niezwykle kosztowne – powodując konieczność ustalania wysokich cen zbytu tych sortymentów. Skutkuje to mniejszą, a nawet małą konkurencyjnością krajowego węgla z węglem importowanym (pozyskiwanym metodami odkrywkowymi a wiele tańszymi niż eksploatacja podziemna w polskich kopalniach).

Dążąc do obniżenia kosztów wytworzenia handlowych produktów węglowych w wielu krajach zastępuje się mokre sposoby wzbogacania metodami suchymi stosując instalacje wyposażone w powietrzne stoły koncentracyjne. Ich budowę i zasad działania przedstawiono w artykule [5] zamieszczonym w niniejszym Roczniku Ochrona Środowiska.

Pierwszą w Polsce, a także w Unii Europejskiej [4] instalację powietrznego stołu koncentracyjnego zakupiono przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego dla swego Oddziału Zamiejscowego Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego w Katowicach. Instalacja suchego odkamieniania urobku węglowego wykorzystywana jest do badań ćwierć i półtechnicznych możliwości usuwania kamienia z urobku węglowego dostarczonego z niektórych (zainteresowanych) kopalń [8, 9].

W niniejszym artykule przedstawiono rezultaty odkamieniania urobku pochodzącego z trzech kopalń węgla kamiennego [9]. Zwrócono uwagę na możliwość uzyskiwania czystego produktu skały płonnej (kamienia) pokazując równocześnie poprawę (w wyniku odkamieniania) parametrów jakościowych produktu węglowego (koncentratu). Rezultaty innych badań opisano w pracach [1, 2, 3].

## **2. Metodyka badawcza**

Badaniom poddano dwanaście prób pochodzących z trzech kopalń. Ze względu na wydajność posiadanej instalacji suchego odkamieniania (teoretycznie do 10 Mg/h, a praktycznie 3–7 Mg/h) dostarczone próby wyjściowe musiały być dostarczone w ilości co najmniej 25 ton.

Próby przywożone były na plac składowy, na którym posadowiona była instalacja powietrznego stołu koncentracyjnego.

Z dostarczonego materiału wyjściowego (nadawy) pobierano próby dla określenia składu ziarnowego i składu gęstościowego. Parametry te pokazują możliwość kierowania materiału do procesu (skład ziarnowy) oraz skuteczność wydzielania skały płonnej (skład gęstościowy). W niniejszym artykule, ze względu na obszerność tych danych, nie przytoczono wyników tych analiz.

Poboru prób materiału badawczego kierowanego do procesu suchej separacji dokonywano bezpośrednio przed płytą roboczą urządzenia FGX. Produkty rozdziału (tj. koncentrat, produkt pośredni, odpad, pył) pobierano z całego przekroju wydzielonych strug poszczególnych produktów. Pobór i przygotowanie prób węgla kamiennego oparto o wytyczne zawarte w PN-90/G-04502 „Węgiel kamienny i brunatny – Metody pobierania i przygotowania próbek laboratoryjnych”. Według powyższej normy etapy przygotowania próbek laboratoryjnych węgla to: rozdrabnianie, mieszanie oraz pomniejszanie i dzielenie próbki ogólnej na wymaganą liczbę próbek laboratoryjnych. Tak przygotowane próbki laboratoryjne zostały przekazane do analizy technicznej. Przed przystąpieniem do analizy technicznej wydzielono z próbki laboratoryjnej tzw. próbki analityczne. Wykonano następujące badania dla stanu analitycznego pobranych próbek węgla: wilgoć analityczna ( $W^a$ ), zawartość popiołu ( $A^a$ ), zawartość siarki ( $S_t^a$ ) a także wartość ciepła spalania ( $Q_{s,f}^a$ ) i obliczono wartości opałowe. Wszystkie analizy zostały wykonane zgodnie z następującymi normami, odpowiednio: PN-80/G-04511, PN-ISO 1171:2001, PN-G-04584:2001 i PN-G-04584:2001. Następnie dokonano przeliczeń uzyskanych wyników badań na tzw. „stan roboczy”.

Badania procesu odkamieniania prowadzone były wg opracowanej w IMBiGS metodyki badawczej [7]. Według niej prace prowadzone są w dwóch etapach: etap wstępny mający na celu określenie nastaw parametrów technicznych (regulowanych) stołu powietrznego; oraz etap badań głównych.

Powietrzny stół koncentracyjny posiada możliwość regulacji następujących parametrów technicznych:

- kąt podłużny nachylenia płyty roboczej (regulowany w przedziale od 0 do 2 stopni),

- kąt poprzeczny nachylenia płyty roboczej (regulowany w przedziale od 0 do 10stopni),
- ilość doprowadzanego powietrza pod szczególne strefy rozdziału na płycie roboczej,
- wysokość położenia progów przesypowych w strefach odbioru: produktu lekkiego (węglowego), produktu pośredniego, produktu ciężkiego (kamiennego),
- ustawienia klap regulujących przepływ strug materiałów do określonych przedziałów (na długości płyty roboczej) gromadzenia poszczególnych wydzielanych produktów.

Każdą z dwunastu prób poddano badaniom wstępnym. Nie wykonywano analiz densymetrycznych i granulometrycznych. Nie badano parametrów jakościowych otrzymywanych produktów dla każdego regulowanego parametru technicznego ze względu na koszty takich badań. Dla każdej próby ustalono wzrokowo przy jakich nastawach do produktu ciężkiego trafiają ziarna kamienia. Ziarna te różnią się kolorem od produktów węglowych, co ułatwia podjęcie decyzji o nastawach, przy których prowadzone będą badania główne.

Dla ustalonych, na podstawie badań etapu wstępnego, parametrów technicznych prowadzono następnie badania główne. Należy tu zwrócić uwagę, że każda z badanych dwunastu prób posiada inną charakterystykę technologiczną. Próby różniły się ilościami frakcji ciężkich, pośrednich i lekkich. Udział tych frakcji w nadawie określa łatwość lub trudność wzbogacania (rozdziału ziarn wg gęstości). Jest to istotne z tego powodu, że separacja powietrzna jest najmniej dokładnym sposobem rozdziału ziarn wg ich gęstości. Dokładniejsze są metody mokre – rozdział w cieczach ciężkich zawiesinowych (najdokładniejszy) potem rozdział w wodnych osadzarkach. Także każdy z węgla różnił się wilgotnością a przy rozdziale metodą suchą ma to istotne znaczenie gdyż zbyt duża zawartość wody uniemożliwić może proces rozdziału (najkorzystniejsza wilgoć to 10–12%). Przy uzgodnieniu sposobu prowadzenia badań głównych należy też zwrócić uwagę na wydajność procesu. Ustala się ilość podawanego do wzbogacania materiału obserwując wzrokowo zachowanie się ziarn w procesie separacji.

Opracowana metodyka badawcza oparta została na podstawie informacji producenta, a także, a przede wszystkim, na podstawie zdoby-

tych doświadczeń podczas prowadzenia kilkudziesięciu badań nad separacją różnych jakościowo węgla.

### 3. Omówienie wyników badań

Powietrzne stoły koncentracyjne mają na celu usunięcie z urobku węglowego ziarn skały płonnej (kamienia). Pozostałe wydzielane produkty są wypadkową wynikającą z nastaw regulacyjnych płyty stołu nastawionych na wydzielanie możliwie najczystszych (bez domieszek węgla) ziarn kamienia. Z tego też względu parametry jakościowe koncentratu nie są wynikiem ustawienia parametrów technicznych mających na celu uzyskanie najlepszych jakościowo koncentratów. Tu można dodać, że istnieje także możliwość wytwarzania korzystnych jakościowo koncentratów dobierając odpowiednie nastawy regulacyjne. Ale wówczas nie otrzymuje się efektów deshalingu (odkameniania) gdyż produkty ciężkie będą zanieczyszczone ziarnami węglowymi.

Proces wydzielania kamienia odbywa się przy gęstościach 2,0–2,2 g/cm<sup>3</sup>. Aby wydzielać koncentraty węglowe proces należałoby prowadzić przy gęstościach w przedziale 1,6–1,8 g/cm<sup>3</sup>. Doświadczenia pokazują, że wydzielanie bardzo dobrych jakościowo koncentratów na stole powietrznym jest bardzo trudne.

Usunięcie ziarn kamienia poprawia oczywiście jakość produktu węglowego. Analizując w niniejszym artykule uzyskane rezultaty odkameniania urobku pokazano równocześnie otrzymane parametry produktu węglowego (koncentratu). Porównano te parametry z parametrami węgla surowego (urobku węglowego, nadawy).

Rezultaty przeprowadzonych badań zestawiono w tabeli 1. Wyszczególniono produkty: urobek węglowy (nadawa), kamień (frakcje ciężkie), koncentrat (frakcje lekkie), produkt przejściowy (frakcje pośrednie). Zamieszczono także wiersz: poprawa parametrów jakościowych koncentratu w stosunku do parametrów jakościowych nadawy. Dla każdej z dwunastu prób, oznaczonych literami od A do L, podano zawartość popiołu i wartości opałowe każdego wydzielonego produktu.

**Tabela 1.** Parametry jakościowe produktów otrzymanych w wyniku odkamieniania urobku węglowego na powietrznym stole koncentracyjnym

**Table 1.** Parameters of the quality of the products obtained by deshaling coal output on the air concentration table

| Produkt                                     | Próba A             |                       | Próba B             |                       | Próba C             |                       | Próba D             |                       |
|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|   | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg |
| Urobek węglowy (nadawa)                     | 30,98               | 19 043                | 39,50               | 16 291                | 35,90               | 16 505                | 35,95               | 16 963                |
| Kamień (frakcje ciężkie)                    | 66,92               | 6 698                 | 83,10               | 968                   | 80,60               | 2 058                 | 77,94               | 3 045                 |
| Koncentrat (frakcje lekkie)                 | 21,53               | 22 052                | 25,00               | 20 914                | 23,50               | 20 480                | 29,31               | 19 428                |
| Przejsiowy (frakcje pośrednie)              | 59,21               | 9 581                 | 69,80               | 5 495                 | 57,40               | 9 670                 | 49,53               | 8 185                 |
| Poprawa parametrów jakościowych koncentratu | -9,45               | +3 009                | -14,50              | +4 623                | -12,40              | +3 975                | -6,64               | +2 465                |

**Tabela 1. cd.**  
**Table 1. cont.**

| Produkt                                     | Próba E             |                       | Próba F             |                       | Próba G             |                       | Próba H             |                       |
|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|   | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg |
| Urobek węglowy (nadawa)                     | 37,80               | 15 412                | 31,51               | 19 115                | 40,50               | 15 426                | 36,20               | 16 593                |
| Kamień (frakcje ciężkie)                    | 74,50               | 3 498                 | 83,39               | 1 311                 | 80,00               | 2 504                 | 79,70               | 2 358                 |
| Koncentrat (frakcje lekkie)                 | 21,20               | 21 558                | 23,94               | 21 641                | 26,70               | 19 945                | 27,90               | 19 217                |
| Przejsiowy (frakcje pośrednie)              | 29,50               | 18 857                | 31,42               | 18 700                | 46,80               | 13 589                | 39,40               | 16 091                |
| Poprawa parametrów jakościowych koncentratu | -16,6               | +6 146                | -7,57               | +2 526                | -13,8               | +4 519                | -8,30               | +2 624                |

**Tabela 1. cd.**  
**Table 1. cont.**

| Produkt                                     | Próba I             |                       | Próba J             |                       | Próba K             |                       | Próba L             |                       |
|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|   | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg | Zawartość popiołu % | Wartość opałowa kJ/kg |
| Urobek węglowy (nadawa)                     | 41,50               | 14 475                | 40,20               | 15 774                | 44,70               | 14 809                | 38,50               | 16 438                |
| Kamień (frakcje ciężkie)                    | 85,86               | 423                   | 78,90               | 2 816                 | 84,20               | 1 129                 | 81,00               | 2 263                 |
| Koncentrat (frakcje lekkie)                 | 34,47               | 17 479                | 28,70               | 19 635                | 28,10               | 20 343                | 26,10               | 20 857                |
| Przejsiowy (frakcje pośrednie)              | 41,30               | 15 664                | 48,50               | 12 908                | 49,80               | 13 211                | 46,10               | 14 318                |
| Poprawa parametrów jakościowych koncentratu | -7,03               | +3 004                | -11,50              | +3 861                | -16,6               | +5 534                | -12,40              | +4 419                |



Rezultaty odkamieniania każdej z 12 prób przedstawiono poniżej:

**PRÓBA A** – z węgla surowego o zawartości popiołu 30,98% i wartości opałowej 19 043 kJ/kg wydzielono kamień o zawartości 66,92% popiołu i wartości opałowej 6 698 kJ/kg. Do produktu tego trafiły zrosty kamienia z węglem. Koncentrat zawierał 21,53% popiołu i posiadał wartość opałową 22 052 kJ/kg. Koncentrat jest więc dobrym produktem handlowym. W stosunku do nadawy obniżyła się o 9,45% zawartość popiołu a wartość opałowa wzrosła o 3 009 kJ/kg.

**PRÓBA B** – z nadawy o zawartości 39,50% popiołu i wartości opałowej 16 291 kJ/kg, a więc produktu praktycznie niesprzedawalnego, wydzielono kamień o zawartości 83,10% popiołu (to są czyste ziarna skały płonnej) i wartości opałowej 968 kJ/kg. W wyniku usunięcia części skały płonnej otrzymano produkt węglowy o zawartości popiołu 25,0% i wartości opałowej 20 914 kJ/kg (jest to produkt handlowy, choć stosunkowo niskiej jakości). Należy zwrócić uwagę, że w stosunku do nadawy obniżono zawartość popiołu o 14,5% i podwyższono wartość opałową o 4 623 kJ/kg.

**PRÓBA C** – nadawa zawierała 35,9% popiołu i posiadała 16 505 kJ/kg wartość opałową, a więc jest to produkt praktycznie niesprzedawalny. W wyniku suchej separacji obniżono w koncentracie zawartość popiołu o 12,4% i podniesiono wartość opałową o 3 975 kJ/kg i otrzymano handlowy koncentrat o zawartości popiołu 23,5% i wartości opałowej 20 480 kJ/kg. Produkt kamienny posiadał zawartość popiołu 80,6% i wartość opałową 2 058 kJ/kg. Są to więc ziarna czystego kamienia.

**PRÓBA D** – z nadawy o zawartości popiołu 35,95% i wartości opałowej 16 963 kJ/kg (produkt niesprzedawalny) wydzielono kamień o zawartości popiołu 77,94% i wartości opałowej 3 045 kJ/kg.

Uzyskano niskiej jakości koncentrat obniżając zawartość popiołu o 6,64% i podwyższając wartość opałową o 2 465 kJ/kg (w stosunku do nadawy) Koncentrat ten (zawartość popiołu 29,3%, wartość opałowa 19 428 kJ/kg) powinien być wtórnie wzbogacony metodą moką.

**PRÓBA E** – z węgla surowego o zawartości 37,80% popiołu i wartości opałowej 15 412 kJ/kg (produkt niesprzedawalny) po wydzieleniu kamienia o zawartości 74,5% popiołu i wartości opałowej 3 498 kJ/kg uzyskano bardzo dobry koncentrat o zawartości 21,2% popiołu i wartości opałowej 21 558 kJ/kg. Zwrócić należy uwagę, że obniżono zawartość popiołu aż o 16,6% i podniesiono wartość opałową o 6 146 kJ/kg.

**PRÓBA F** – z urobku węglowego, o zawartości popiołu 31,51% i wartości opałowej 19 115 kJ/kg, wydzielono czystą frakcję kamienną (zawartość popiołu 83,39% wartość opałowa 1 311 kJ/kg). Uzyskany koncentrat zawierał 23,94% popiołu i posiadał wartość opałową 21 641 kJ/kg. Poprawiono więc te parametry jakościowe obniżając zawartość popiołu o 7,57% i podwyższając wartość opałową o 2 526 kJ/kg. Koncentrat jest więc dobrym sprzedawalnym produktem.

**PRÓBA G** – badana nadawa jest wysoko zapopielonym produktem (40,50% popiołu) o niskiej wartości opałowej (15 426 kJ/kg). W wyniku odkamieniania uzyskuje się produkt kamienny o zawartości popiołu 80,0% i wartości opałowej 2 504 kJ/kg. Jest to praktycznie czysty kamień. W koncentracie, w stosunku do parametrów jakościowych nadawy, uzyskano zmniejszenie zapopielenia o 13,8% i podwyższenie wartości opałowej o 4 519 kJ/kg. Mimo takiej poprawy parametrów jakościowych koncentrat zawiera 26,7% popiołu i posiada wartość opałową 19 945 kJ/kg. Koncentrat ten powinien być oczyszczony na drodze wzbogacania mokrego.

**PRÓBA H** – urobek węglowy zawiera 36,20% popiołu i posiada wartość opałową na poziomie 16 593 kJ/kg. Po procesie suchego odkamieniania uzyskuje się produkt kamienny o zawartości popiołu 79,7% i wartości opałowej 2 358 kJ/kg. Jest to praktycznie czysty kamień. Po odkamieniu uzyskuje się koncentrat o zawartości popiołu 27,9% i wartości opałowej 19 217 kJ/kg. Koncentrat ten powinien być oczyszczany na drodze mokrego wzbogacania.

**PRÓBA I** – urobek węglowy zawiera 41,5% popiołu i charakteryzuje się niską wartością opałową – 14 475 kJ/kg. W wyniku suchego odkamieniania otrzymuje się produkt kamienny o wysokiej zawartości popiołu – 85,86% i bardzo niskiej wartości opałowej 423 kJ/kg. Niestety koncentrat jest wysoko zapopielony – 34,47% i posiada niską wartość opałową 17 479 kJ/kg. Nie jest to więc produkt handlowy i powinien być wzbogacony metodami mokrymi.

**PRÓBA J** – nadawa jest wysoko zapopielona – 40,2% i ma niską wartość opałową – 15 774 kJ/kg. W wyniku odkamieniania uzyskuje się produkt kamienny o zawartości popiołu 78,9% i wartości opałowej 2 816 kJ/kg. Wydzielony produkt węglowy jest niskiej jakości. Koncentrat zawiera 28,7% popiołu, posiada wartość opałową 19 635 kJ/kg i to mimo usunięcia z nadawy aż 11,5% popiołu i podniesienia wartości opałowej

o 3 861 kJ/kg. Koncentrat ten może być trudno sprzedawalny i prawdopodobnie będzie musiał być poddany mokrym metodom wzbogacania.

**PRÓBA K** – urobek węglowy posiada bardzo dużą zawartość popiołu – 44,7% i bardzo niską wartość opałową 14 809 kJ/kg. W wyniku suchej separacji otrzymuje się produkt kamienny o zawartości popiołu 84,20% i wartości opałowej 1 129 kJ/kg. Osiąga się obniżenie zawartości popiołu w koncentracie (w stosunku do nadawy) aż o 16,6% i podniesienie wartości opałowej o 5 534 kJ/kg. Koncentrat posiada zapopielenie na poziomie 28,10% i wartość opałową na poziomie 20 343 kJ/kg. Jest więc niskiej jakości produktem handlowym.

**PRÓBA L** – odkamienianiu poddano nadawę o zawartości 38,5% popiołu i wartości opałowej 16 438 kJ/kg. Uzyskano produkt kamienny o zawartości popiołu 81,0% i wartości opałowej 2 263 kJ/kg. Wydzielony koncentrat zawiera 26,10% popiołu i posiada wartość opałową 20 857 kJ/kg. Obniżono w nim zawartość popiołu o 12,4% i podniesiono wartość opałową o 4 419 kJ/kg. Koncentrat może być produktem handlowym.

Przeprowadzone badania suchego odkamieniania urobku węglowego pokazały, że metodą tą można otrzymywać produkty kamienne, które mogą być produktami handlowymi wykorzystywanymi w pracach budowlanych, inżynierskich, ziemnych itp. Ich sprzedaż pozwoli na poprawę efektów ekonomicznych kopalń stosujących powietrzne stoły koncentracyjne. Można wydzielać, przy okazji odkamieniania, produkty węglowe (koncentraty), które mogą być produktami handlowymi lub produktami kierowanymi do oczyszczania w mokrych procesach wzbogacania. Istnieje też możliwość wtórnego wzbogacania produktów węglowych (koncentrat i produkt przejściowy) w drugim stopniu rozdziału na równoległej instalacji suchego odkamieniania przy odpowiednio zmienionych parametrach technicznych stołu. W tej części prezentowanych badań proces taki nie był analizowany.

Zwrócić należy uwagę na to, że nie wolno porównywać uzyskanych wyników pomiędzy sobą. Wspominano już, że poszczególne węgle różniły się właściwościami technologicznymi. Różne były rozkłady ilościowe ziarn wg ich gęstości, różna była ilość frakcji odpadowych, różne były ciepła spalania (a więc i wartości opałowe) substancji węglowej.

Nastawy regulowanych parametrów technicznych stołu, dobierane do każdego badanego węgla, różniły się między sobą.

Przeprowadzone badania miały wykazać, jakie są możliwości odkamieniania węgla pochodzących z różnych kopalń. Jaka jest możliwość pozyskania czystych produktów kamiennych mogących być produktami handlowymi. Równocześnie sprawdzono o ile można obniżyć zawartość popiołu w otrzymywanych koncentratkach i o ile można zwiększyć ich wartość opałową.

#### **4. Podsumowanie**

1. Przeprowadzone badania dwunastu prób węgla surowego potwierdziły możliwość suchego ich odkamieniania. Poprawiono jakość produktów węglowych (koncentratów). Celem jednak było uzyskanie czystych, niezanieczyszczonych ziarnami węglowymi, produktów kamiennych. We wszystkich badaniach stwierdzono możliwość produkcji handlowych produktów kamiennych.
2. Badano węgle surowe (nadawy) o zróżnicowanej zawartości popiołu od 30,98% do 44,7% oraz wartości opałowej od 14 475 kJ/kg do 19 115 kJ/kg. Węgiel surowy o takich parametrach jakościowych jest niesprzedawalny. W dwóch przypadkach, przy wartości opałowej około 19 MJ/kg, można szukać odbiorców, jednak zawartość popiołu powyżej 30% utrudni znalezienie potencjalnych użytkowników.
3. Wydzielane produkty kamienne, główny cel wzbogacania powietrznego, posiadają zawartość popiołu od 66,92% (jeden przypadek sugerujący, że do produktu tego musiały trafić zrosty węglowo-kamienne) do 85,86%. Powyżej 78% zawartości popiołu produkty te można traktować jako produkt handlowy (10 przypadków).
4. Wydzielane frakcje węglowe, nazwane tu koncentratem, posiadają zapopielenie od 21,2% do 34,47% popiołu i wartość opałową od 17 429 kJ/kg do 22 052 kJ/kg. W praktyce koncentraty o wartości opałowej powyżej 20 MJ/kg (7 przypadków) są produktami handlowymi i łatwo zbywalnymi; koncentraty o wartości opałowej poniżej 19 MJ/kg (4 przypadki) są trudno sprzedawalnymi produktami handlowymi; w jednym przypadku przy trudnościach ze znalezieniem odbiorcy produkty węglowe muszą być poddawane wtórnemu wzbogacaniu razem z produktami przejściowymi na drodze suchego

wzbogacania lub wzbogacania mokrego. Zauważyć należy, że w takich przypadkach nadawa do wtórnego wzbogacania pozbawiona już została dużej ilości frakcji ciężkich (odpadowych), co poprawi efekty rozdziału, zwiększy wydajność i obniży koszty.

5. W wyniku odkamieniania udało się obniżyć w koncentratkach, w stosunku do nadawy, zawartość popiołu od 6,64% do 16,6% i podwyższyć wartość opałową od 2 465 kJ/kg do 6 146 kJ/kg. Zauważyć tu należy, że nastawy regulacyjne powietrznego stołu koncentracyjnego nie były dostosowywane do wydzielania czystych koncentratów węglowych. Rezultaty, podawane wyżej, pokazują możliwości, jakie posiadają powietrzne stoły koncentracyjne.
6. Autorzy zwracają uwagę, że prowadzone badania nie miały na celu uzyskiwanie optymalnych ze względów na właściwości technologiczne, parametrów jakościowych wydzielanego produktu kamiennego. Badania optymalizacyjne wymagają nieco innej metodologii prowadzenia procesu suchego odkamieniania. Ale do badań takich przeznaczyć trzeba wielokrotnie większe próby węgla surowego. Wg doświadczeń autorów próby takie można by przeprowadzić dysponując 300–500 tonowymi materiałami badawczymi.

Reasumując: suche metody odkamieniania urobku węglowego na powietrznych stołach koncentracyjnych pozwalają na skuteczne oddzielenie od ziarn węglowych ziarna skały płonnej (kamienia). Potwierdzono dla krajowych węgla przydatność tej metody w przeróbce mechanicznej energetycznego węgla kamiennego.

## Literatura

1. **Baic I., Blaschke W.:** *Analiza możliwości wykorzystania powietrznych stołów koncentracyjnych do otrzymywania węglowych paliw kwalifikowanych i substytutów kruszyw*. Polityka Energetyczna 16(3), 247–260 (2013).
2. **Baic I., Blaschke W., Sobko W., Szafarczyk J.:** *Badania nad wzbogacaniem węgla kamiennych na powietrznych stołach koncentracyjnych*. Wiadomości Górnicze, 417–421 (2014).
3. **Baic I., Blaschke W., Szafarczyk J.:** *Dry coal cleaning technology*. Inżynieria Mineralna 2, 257–262 (2014).

4. **Baic I., Blaschke W., Buchalik G., Szafarczyk J.:** *The first FGX unit in the European Union.* In Thesis collection of FGX dry coal preparation technology. Ed. Tangshan Shenzhou Manufacturing Co. Ltd. China, 21–27 (2014).
5. **Baic I., Blaschke W., Góralczyk S., Szafarczyk J., Buchalik G.:** *Nowa ekologiczna metoda usuwania zanieczyszczeń skalą płonną z urobku węgla kamiennego.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 17 (2015).
6. **Blaschke W.:** *Przeróbka węgla kamiennego – wzbogacanie grawitacyjne,* Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2009.
7. *Metodyka badawcza dla suchego odkamieniania prowadzonego na urządzeniu FGX I.* Opracowanie Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego IMBiGS. Katowice 2013.
8. *Prace studialne dotyczące możliwości implementacji w warunkach polskich technologii suchego odkamieniania urobku węglowego,* praca statutowa IMBiGS Nr 14\_70/411\_01\_12, Katowice 2012.
9. Sprawozdania z badań odkamieniania węgla surowego Nr 02/CGOiZŚ/2013; Nr 03/CGOiZŚ/2013; Nr 06/CGOiZŚ/2013, Nr 01/CGOiZŚ/2014; przeprowadzonych w centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego IMBiGS (2013), (2014).

## **Research on Energy Coal Deshaling on Air Concentration Tables**

### **Abstract**

At the end of 2012 the Institute of Mechanized Construction and Rock Mining Centre for Waste Management and Environmental Management Branch in Katowice bought in China an installation for deshaling dry coal output. The installation is equipped with a newly designed air concentration table. In 2013, we started to investigate the possibilities of dry grains gangue separation from coal particles. The research was performed over dozen times in several different coal mines.

This article presents the results of research performed on twelve samples obtained from the mines. The study was conducted according to the methodology developed in IMBiGS taking into account the technological parameters of coal and adjustable specifications of the air concentration table. According to this methodology, preliminary studies were conducted followed by the main study.

The preliminary studies were designed to determine the conditions of separation for each sample. The main studies were designed to determine the possibility of deshaling and specifying the quality parameters of separated products. The major product separated on the air concentration table was cut stone. Other products, concentrate and transition products were a secondary effect resulting from the setting of technical parameter on the table adapted to receive the cleanest possible stone products.

The study showed the possibility of deshaling raw coal output. The stone products were essentially pure gangue grains. In some cases, the stone product included the grain of stone – coal adhesions. The stone product can be a fully commercial product.

An analysis of the quality of the resulting concentrate was performed. There was a significant decrease of ash content, relative to the feed, and increase in the calorific value. Some of separated concentrates may become commercial products. Others should be subjected to a secondary enrichment. The methods may be wet or dry properly regulated.

**Słowa kluczowe:**

powietrzne stoły koncentracyjne, odkamienianie (deshaling), parametry jakościowe wydzielanych produktów

**Keywords:**

FGX – concentrating tables, deshaling, quality parameters of separated