

Badania nad odkamienianiem energetycznego węgla kamiennego na powietrznych stołach koncentracyjnych*

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 pozyskania energii. Natomiast spalanie węgla gorszego powoduje wzrost kosztów, pogorszenie sprawności przemian energetycznych, zwiększenie emisji polutantów, konieczność większego zużycia paliwa na wytworzenie tej samej ilości energii, wzrost kosztów remontów, itp. [2]. Z tego też względu użytkownicy energetycznego węgla kamiennego 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 miał węgla, a takie paliwo jest użytkowane w elektrowniach i elektrociepłowniach. W ostatnich dwudziestu pięciu latach wybudowano w wielu kopalniach układy technologiczne wzbogacania miał. Układy te posiadają węzły mokrego wzbogacania oraz wyposażone są w sekcje gospodarki wodno-mułowej.

Mokre wzbogacanie miał jest trudne technologicznie i niezwykle kosztowne powodując konieczność ustalania wysokich cen zbytu tych sortymentów. Skutkuje to obniżeniem konkurencyjności krajowego węgla w porównaniu z węglem importowanym (pozyskiwanym metodami odkrywcowymi o 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 [5, 6].

Pierwszą w Polsce, a także w Unii Europejskiej [2, 3] instalację do suchego odkamieniania wyposażoną w powietrzny stół koncentracyjny została zakupiona przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego dla swego Oddziału Zamiejscowego Zakład Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego w Katowicach.

Instalacja suchego odkamieniania urobku węglowego wykorzystywana jest do badań ćwierc- i półtechnicznych ukierunkowanych na usuwanie kamienia z urobku węglowego dostarczonego z niektórych (zainteresowanych) kopalń [8].

W niniejszym artykule przedstawiono rezultaty odkamieniania urobku pochodzącego z trzech kopalń węgla kamiennego [9]. Na ich przykładzie zaprezentowano możliwość uzyskiwania czystego produktu skały płonnej (kamienia) pokazując równocześnie poprawę (w wyniku odkamieniania) parametrów jakościowych produktu węglowego (koncentratu).

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) próby wejściowe (nadawa) musiały być dostarczone w ilości co najmniej 25 ton, a najlepiej 50 ton. Próby przywożone były na plac składowy, na którym posadowiona była instalacja badawcza wyposażona w powietrzny stół koncentracyjny.

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.

Badania prowadzone były według opracowanej w IMBiGS metodyce badawczej [7]. Wg niej prace prowadzone są w dwóch etapach: etap wstępny mający na celu określenie nastaw parametrów technicznych (regulowanych) powietrznego stołu; 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 10 stopni),
- ilość doprowadzanego powietrza pod szczególnie strefy rozdziału na płycie roboczej,
- wysokość położenia progów przesypowych w strefach odbioru: produktu lekkiego (węglowego), produktu pośredniego, produktu ciężkiego (kamiennego),
- ustawienie klap regulujących przepływ strug materiałów do określonych przedziałów (na długości

* Artykuł był opublikowany w Roczniku Ochrony Środowiska. Tom 17. Cz. 2. Wyd. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska. Koszalin. 2015

plyty roboczej) odbioru poszczególnych wydzielanych produktów.

Każdą z dwunastu prób poddano badaniom wstępnym. Nie wykonywano analiz jakościowych otrzymanych produktów dla każdego regulowanego parametru technicznego ze względu na koszty takich badań. Dla każdej próby ustalono wzrokowo przy jakich nastawach do produktu ciężkiego trafiają czyste 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 różnią się ilościami frakcji ciężkich, pośrednich i lekkich. Udział tych frakcji w nadawie określa łatwość lub trudność wzbogacania (rozdziłu ziaren wg gęstości). Jest to istotne z tego powodu, że separacja powietrzna jest najmniej dokładnym sposobem rozdziłu ziaren wg ich gęstości. Dokładniejsze są metody mokre – rozdział w cieczach ciężkich zawieszonych (najdokładniejszy) potem rozdział w wodnych osadzkach. Także każda nadawa różniła się wilgotnością a przy rozdziale metodą suchą ma to istotne znaczenie gdyż zbyt duża zawartość wody może uniemożliwić proces rozdziłu (najkorzystniejsza wilgoć to 10 – 12%). Przy uzgodnieniu sposobu prowadzenia badań głównych należy też zwrócić uwagę na wydajność procesu. Ustala się ilość podawanego do wzbogacenia materiału obserwując wzrokowo zachowanie się ziaren w procesie separacji.

Opracowana metodyka badawcza oparta została na podstawie informacji producenta a także, na podstawie zdobytych przez IMBiGS doświadczeń podczas prowadzenia kilkudziesięciu badań nad separacją różnych jakościowo węgla.

3. Omówienie wyników badań

Powietrzne stoły koncentracyjne mają na celu usunięcie z urobku węglowego (nadawy) ziaren skały płonnej (kamienia). Pozostałe wydzielane produkty są wypadkową wynikającą z parametrów technicznych (regulowanych) płyty stołu koncentracyjnego nastawionych na wydzielanie możliwie najczystszych (bez domieszek węgla) ziaren kamienia. Prowadzone badania dwunastu prób węglowych miały na celu uzyskanie czystego produktu odpadowego. Z tego też względu parametry jakościowe uzyskanego koncentratu nie są wynikiem ustawienia parametrów technicznych stołu 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/cm³. Aby wydzielać koncentraty węglowe proces należałoby prowadzić przy gęstościach w przedziale 1,6 – 1,8 g/cm³. Doświadczenia pokazują, że wydzielanie dobrych jakościowo koncentratów na powietrznym stole jest bardzo trudne.

Usunięcie ziaren kamienia poprawia oczywiście jakość produktu węglowego. Analizując 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,

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

Produkt	Próba A		Próba B	
	Zawartość popiołu [%]	Wartość opalowa [kJ/kg]	Zawartość popiołu [%]	Wartość opalowa [kJ/kg]
Urobek węglowy (nadawa)	30,98	19043	39,50	16291
Kamień (frakcje ciężkie)	66,92	6698	83,10	968
Koncentrat (frakcje lekkie)	21,53	22052	25,00	20914
Przejściowy (frakcje pośrednie)	59,21	9281	69,80	5495
Poprawa parametrów jakościowych koncentratu	-9,45	+3009	-14,50	+4623
Produkt	Próba C		Próba D	
	Zawartość popiołu [%]	Wartość opalowa [kJ/kg]	Zawartość popiołu [%]	Wartość opalowa [kJ/kg]
Urobek węglowy (nadawa)	35,90	16505	35,95	16963
Kamień (frakcje ciężkie)	80,60	2058	77,94	3045
Koncentrat (frakcje lekkie)	23,50	20480	29,31	19428
Przejściowy (frakcje pośrednie)	57,40	9670	49,53	8185
Poprawa parametrów jakościowych koncentratu	-12,40	+3975	-6,64	+2465

Produkt	Próba E		Próba F	
	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]
Urobek węglowy (nadawa)	37,80	15412	31,51	19115
Kamień (frakcje ciężkie)	74,50	3498	83,39	1311
Koncentrat (frakcje lekkie)	21,20	21558	23,94	21641
Przejsiowy (frakcje pośrednie)	29,50	18857	31,42	18700
Poprawa parametrów jakościowych koncentratu	-16,6	+6146	-7,57	+2526
Produkt	Próba G		Próba H	
	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]
Urobek węglowy (nadawa)	40,50	15426	36,20	16593
Kamień (frakcje ciężkie)	80,00	2504	79,70	2358
Koncentrat (frakcje lekkie)	26,70	19945	27,90	19217
Przejsiowy (frakcje pośrednie)	46,80	13589	39,40	16091
Poprawa parametrów jakościowych koncentratu	-13,8	+4519	-8,30	+2624
Produkt	Próba I		Próba J	
	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]
Urobek węglowy (nadawa)	41,50	14475	40,20	15774
Kamień (frakcje ciężkie)	85,86	423	78,90	2816
Koncentrat (frakcje lekkie)	34,47	17479	28,70	19635
Przejsiowy (frakcje pośrednie)	41,30	15664	48,50	12908
Poprawa parametrów jakościowych koncentratu	-7,03	+3004	-11,50	+3861
Produkt	Próba K		Próba L	
	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Zawartość popiołu [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]
Urobek węglowy (nadawa)	44,70	14809	38,50	16438
Kamień (frakcje ciężkie)	84,20	1129	81,00	2263
Koncentrat (frakcje lekkie)	28,10	20343	26,10	20857
Przejsiowy (frakcje pośrednie)	49,80	13211	46,10	14318
Poprawa parametrów jakościowych koncentratu	-16,6	+5534	-12,40	+4419

oznaczonych literami od A do L, podano zawartości popiołu i wartości opałowe każdego wydzielonego produktu.

Rezultaty odkamieniania zaprezentowane w tabeli 1 przedstawiają się dla każdej próby następująco:

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 wartość opałową 22 052 kJ/kg. Koncentrat jest więc bardzo 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 wydzielając kamień o zawartości 83,10% popiołu (to czyste ziarna skały płonnej) 5 495 kJ/kg otrzymano koncentrat 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 wartość opałową na poziomie 16 505 kJ/kg, a więc jest to produkt praktycznie niesprzedawalny. W wyniku suchej separacji wydzielono czysty kamień o zawartości 80,6% popiołu i wartości opałowej 2 058 kJ/kg. Po obniżeniu w koncentracie zawartości popiołu o 12,4% i podniesieniu wartości opałowej o 3 975 kJ/kg otrzymano handlowy koncentrat o zawartości popiołu 23,5% i wartości opałowej 20 480 kJ/kg.

PRÓBA D – z nadawy o zawartości popiołu 35,95% i wartości opałowej 16 963 kJ/kg (produkt niesprzedawalny) wydzielono kamień o zawartości 77,94% popiołu i wartości opałowej 3 045 kJ/kg. Uzyskano niskiej jakości koncentrat o zawartości 29,31% popiołu i wartości opałowej 19 428 kJ/kg. Mimo obniżenia zawartości popiołu o 6,64% i podwyższenia wartości opałowej o 2 465 kJ/kg uzyskano koncentrat, który 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 bardzo 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 jego parametry jakościowe zmniejszając 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. W wyniku odkamieniania uzyskano 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 tej poprawy parametrów jakościowych koncentrat zawierał 26,7% popiołu i wartość opałową na poziomie 19 945 kJ/kg. Koncentrat ten powinien być oczyszczony na drodze wzbogacania mokrego.

PRÓBA H – urobek węglowy zawierał 36,20% popiołu i posiadał wartość opałową na poziomie 16 593 kJ/kg. Po procesie deshalingu uzyskano produkt kamienny o zawartości popiołu 79,7% i wartości opałowej 2 358 kJ/kg. Jest to praktycznie czysty kamień. Po odkamieniu uzyskano 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 zawierał 41,5% popiołu i charakteryzował się niską wartością opałową – 14 475 kJ/kg. W wyniku deshalingu otrzymano 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 była wysoko zapopielona – 40,2% i posiadała niską wartość opałową – 15 774 kJ/kg. W wyniku odkamieniania uzyskano produkt kamienny o zawartości popiołu 78,9% i wartości opałowej 2 816 kJ/kg. Wydzielony produkt węglowy jest niskiej jakości. Koncentrat zawierał 28,7 % popiołu oraz posiadał wartość opałową 19 635 kJ/kg i to mimo usunięcia z nadawy aż 11,5% popiołu i podniesieniu 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 posiadał bardzo dużą zawartość popiołu – 44,7 % i bardzo niską wartość opałową 14 809 kJ/kg. W wyniku suchej separacji otrzymano produkt kamienny o zawartości popiołu 84,20% i wartości opałowej 1 129 kJ/kg. Osiągnięto w ten sposób obniżenie zawartości popiołu w koncentracie (w stosunku do

nadawy) aż o 16,6% i podniesienie wartości opałowej o 5 534 kJ/kg. Koncentrat posiadał zapopielenie na poziomie 28,10% i wartość opałową na poziomie 20 343 kJ/kg. Jest więc w zasadzie 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 zawierał 26,10% popiołu i posiadał 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 więc 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 pozwala na poprawę efektów ekonomicznych kopalń stosujących powietrzne stoły koncentracyjne. Można także wydzielać, przy okazji odkamieniania, produkty węglowe (koncentraty), które mogą być produktami handlowymi lub produktami kierowanymi do mokrych procesów 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 koncentracyjnego. W tej części prezentowanych badań proces taki nie był analizowany.

Należy zwrócić także uwagę na to, że nie wolno porównywać uzyskanych wyników pomiędzy sobą. Wspominano na wstępie, że poszczególne węgle surowe (nadawa) różniły się właściwościami technologicznymi. Różne były rozkłady ilościowe ziaren wg ich gęstości, różna była ilość frakcji odpadowych, różne były ciepła spalania (a więc i wartości opałowe) substancji węglowej. Z tego też względu nastawy regulowanych parametrów technicznych stołu koncentracyjnego, dobierane do konkretnego badanego węgla, różniły się między sobą.

Przeprowadzone badania miały wykazać, jakie są możliwości odkamieniania węgla pochodzących z różnych kopalń oraz 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% 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 są niesprzedawalnymi produktami (4 przypadki). Koncentraty o wartości opałowej powyżej 20 MJ/kg, w przypadku trudności ze znalezieniem odbiorcy, mogą być poddawane wtórnemu wzbogacaniu razem z produktami przejściowymi na drodze suchego odkamieniania lub poddawane procesom wzbogacania mokrego. Zauważyć należy, że w takich przypadkach nadawa do wtórnego wzbogacania pozbawiona została dużej ilości frakcji ciężkich (odpadowych), co poprawia efekty rozdzielów, zwiększa wydajność i obniża koszty.
5. W wyniku odkamieniania udało się obniżyć w koncentraty, 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 względu na właściwości technologiczne, parametrów jakościowych wydzielanego produktu kamiennego i innych produktów. Badania optymalizacyjne wymagają nieco innej metodologii prowadzenia procesu suchego odkamieniania. Do badań tego typu przeznaczyć trzeba jednak wielokrotnie większe próby węgla surowego (nadawy). Wg doświadczeń autorów próby takie można by przeprowadzić dysponując od 300 do 500 ton materiału badawczego.

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

Literatura

1. Baic I., Blaschke W., Góralczyk S., Szafarczyk J., Buchalik G.: Nowa ekologiczna metoda usuwania zanieczyszczeń skałą płonną z urobku węgla kamiennego, *Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 17 s. 1274 – 1285 (2015).
2. Baic I., Blaschke W., Sobko W., Szafarczyk J.: The First FGX Unit in the European Union. *CPSI Journal – a Magazine by the Coal Preparation Society of India*. Vol. VI. No. 16, s. 5 – 12.
3. Baic I., Blaschke W., Buchalik G., Szafarczyk J.: The First FGX Unit in the European Union. Thesis Collection of FGX Dry Coal Preparation Technology. Tangshan Shenzhou Manufacturing Co., Ltd, Chiny, s. 21 – 27. (2015).
4. Blaschke W.: Przeróbka węgla kamiennego – wzbogacanie grawitacyjne, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków (2009).
5. G.J. de Korte: Dry Processing of Coal – Status Update. Report Csi/Nre/Mmr/Er/2014/0040/B, Coal tech, South Africa. July (2014).
6. Honaker R.Q., Luttrell G.H.: Development of an advanced deshaling technology to improve the energy efficiency of coal handling, processing, and utilization operation. U. S. Department of Energy. Industrial Technologies Programm, Mining of the Future. ID Number: De-FC 26-05 NT 42501. Final technical report. 2005 – 2007.
7. Metodyka badawcza dla suchego odkamieniania prowadzonego na urządzeniu FGX – 1. 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 Zakładzie Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego IMBiGS (2013), (2014).