

Zbigniew DOROS, Mariusz OSOBA

Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice

ZWIĘKSZENIE EFEKTYWNOŚCI WYDZIELANIA GRUBOZIARNISTYCH ODPADÓW KAMIENNYCH Z UROBKU WĘGLA SUROWEGO

Streszczenie. Artykuł przedstawia wyniki badań odkamieniania urobku węgla surowego przy zastosowaniu nowego urządzenia o nazwie "Osadzarka KOD". Przedstawiono ponadto wielkość strat substancji palnej zawartej w odpadach powstałych w procesie selektywnego kruszenia w jednej ze śląskich kopalń i omówiono alternatywną koncepcję zmniejszenia lub likwidacji tych strat. Artykuł zawiera tabelę z wynikami pomiarów i badań technologicznych oraz schematy koncepcji zastosowania osadzarki odkamieniającej w węźle przygotowania urobku surowego do wzbogacania w zakładzie przeróbczym.

INCREASE IN THE EFFECTIVENESS OF SEPARATING OF COARSE - GRAINED STONE REJECT FROM RUN-OF-MINE COAL

Summary. Results of tests on stone removal from run-of -mine coal obtained under application of a novel machine "Jig KOD" have been presented in the paper. Moreover, volume of losses of the combustible contained in rejects resulting from the process of selective crushing in one of the Silesian mines has been indicated and an alternative concept aimed at reduction or elimination of these losses has been set forth.

1. Wstęp

Wydobywany w kopalniach urobek surowy często zawiera znaczny udział kamienia mieszczącego się w grubych klasach ziarnowych. Przykładowo w klasie ziarnowej >50 mm ziarna kamienne mogą stanowić od 30% do 70% udziału tej klasy.

Dążąc do uproszczenia i jednocześnie potania technologii wzbogacania takiego urobku stosowane jest jego wstępne odkamienianie, zwłaszcza w zakresie ziarn grubych. Celem stosowania tej technologii jest przygotowanie urobku surowego do wzbogacania w zakładzie przeróbczym przy jednoczesnym wydzieleniu z niego grubych ziarn kamiennych. Technologia odkamieniania może być realizowana metodą "suchą" lub "moką".

"Sucha" metoda odkamieniania wykorzystuje ideę selektywnego kruszenia urobku surowego znaną w światowej przeróbce mechanicznej już od wczesnych lat 50. Idea ta polega na zrzucaniu ziarn węgla i kamienia z odpowiedniej wysokości na twarde podłoże. Ziarna węglowe i przerostowe jako mniej zwarte ulegają przy upadku rozkruszeniu. Zwarte ziarna kamienne pozostają nienaruszone. Stosowanie tej technologii daje pozytywny skutek dla materiału, w którym występuje znaczna różnica w zwężności kamienia i węgla, w związku z czym decyzja o jej wykorzystaniu powinna być poprzedzona badaniami stopnia kruszenia nadawanego materiału.

"Mokra" metoda odkamieniania najczęściej realizowana jest w osadzarkach wodnych z pulsacją wywołaną sprężonym powietrzem lub w separatorach zawieszinowych z cieczą ciężką.

2. Wydzielanie gruboziarnistych odpadów kamiennych urobku węgla surowego metodą suchą przy zastosowaniu kruszarki Bradford

Urządzeniem do realizacji odkamieniania metodą suchą, czyli do selektywnego kruszenia, jest kruszarka bębnowa typu Bradford. Kruszarka ta ma postać obrotowego poziomego bębna o średnicy około 3 m i długości około 5-6 m. Pobocznica bębna wykonana jest z grubej perforowanej blachy o otworach najczęściej Φ 50 mm. Wewnątrz bębna znajdują się zabieraki w kształcie półek, których zadaniem jest przemieszczanie materiału wzdłuż osi bębna z jednoczesnym wynoszeniem go do góry. Spadający z półek materiał ulega rozkruszeniu. Rozkruszone ziarna najczęściej węglowe opuszczają urządzenie przez otwory w pobocznicy, natomiast twarde ziarna najczęściej kamienne transportowane są wzdłuż bębna i opuszczają urządzenie otworem wylotowym na jego końcu. Na początku lat osiemdziesiątych selektywne kruszenie zaczęło być stosowane w polskich zakładach przerobczych. W CMG KOMAG została skonstruowana prototypowa kruszarka Bradford. Badania prototypu umożliwiły wykonanie dokumentacji warsztatowej kruszarki KB-3200x5000 oraz KB-2600x4000, przy czym obie dokumentacje opracowano również w wersji umożliwiającej montaż i pracę kruszarki na dole kopalni.

W kruszarkach bębnowych typu Bradford występują równoległe dwa procesy - kruszenie i wzbogacanie. Nadawę do kruszarek stanowi urobek surowy wstępnie odsiany na przesiewaczach z otworami 50-60 mm, tak więc dolna granica wielkości ziarn podawanych do

urządzenia wynosi 50-60 mm. Górna granica ziarn wynika ze sprawności i rodzaju kruszarek pracujących w przodkach górniczych i może wynosić od 500 do 600 mm.

Praca kruszarki bębnowej ze 100% sprawnością przebiegałaby wówczas, gdyby wszystkie ziarna węglowe i przerostowe z nadawy (i tylko te ziarna) uległy skruszeniu i przepadły przez otwory w pobocznicy bębna, natomiast wszystkie ziarna kamienia (i tylko ziarna kamienia) wydostawały się na zewnątrz otworem wylotowym do odpadów. Oczywiście w praktyce tak nie jest i kruszarki pracują ze sprawnością czasem znacznie mniejszą od ideału, ponieważ razem z ziarnami węgla i przerostu kruszą się również ziarna kamienne i przepadają przez otwory w pobocznicy bębna kruszarki. Zjawisko to nie powoduje jednak strat, bowiem materiał ten wraz z materiałem podstawowym ze wstępnego odsiewania na przesiewaczach jest kierowany do dalszego wzbogacania w zakładzie przeróbczym, gdzie w osadzarkach następuje dokładny rozdział węgla od kamienia.

Gorsza sytuacja występuje wówczas, gdy w kruszarce nie ulegną skruszeniu duże ziarna węgla czy przerostu, bowiem wtedy materiał ten wraz z ziarnami kamienia jako odpad kierowany jest na zwalę kamienia powodując nieodwracalne straty substancji palnej.

Można podać kilka powodów powstawania strat substancji palnej w odpadach z kruszarek bębnowych, jednak do najważniejszych należą:

- źle przeprowadzone badania, a co za tym idzie postawienie błędnej oceny stopnia kruszenia węgla i przerostów - w sytuacji gdy w urobku surowym występują ziarna węglowe związane (trudnokruszące się), należy zaniechać stosowania technologii selektywnego kruszenia i wybrać technologię inną,
- przeciążenie kruszarki bębnowej - wówczas wynoszone na półkach i spadające ziarna uderzają nie w twarde podłoże, lecz w miękką "poduszkę" utworzoną z ziarn urobku jeszcze nie wyniesionych,
- nadmierna ilość podziarna w nadawie kierowanej do kruszarki w wyniku złej pracy przesiewaczy klasyfikacji wstępnej,
- nadmierne zawilgocenie nadawy do kruszarki, co powoduje oblepianie się ziarn kamiennych drobnymi ziarnami węglowymi.

Kopalnie w różny sposób dążą do zmniejszenia strat węgla w odpadach. Najczęściej odbywa się to przez wkomponowanie w układ odprowadzania odpadów krótkiej taśmy przebieczej i ręczne wybieranie z odpadów ziarn węgla. Metoda ta jest mało skuteczna, bowiem w krańcowych przypadkach zanieczyszczenie odpadów węglem wynosi do 30% i

wówczas powstaje konieczność ręcznego wybrania ok. 12 t/h materiału, co jest mało prawdopodobne.

Innym sposobem eliminacji strat węgla w odpadach jest ograniczenie obciążenia kruszarki, co rzadko udaje się zrealizować, ponieważ wiąże się to z koniecznością ograniczenia pracy szybów. Odpady z kruszarki Bradford pracującej w jednej z kopalń poddano badaniom technologicznym (tabela 1).

Tabela 1

Gęstość odpadów [g/cm ³]	Próba 1		Próba 2		Próba 3	
	Udział [%]	Popiół [%]	Udział [%]	Popiół [%]	Udział [%]	Popiół [%]
- 1.5	6.2	14.9	7.3	15.3	26.2	16.8
1.5 - 1.8	3.6	27.3	2.3	27.2	3.6	32.1
+ 1.8	90.2	85.6	90.4	87.6	70.2	86.8
SUMA/ŚR.	100.0	79.1	100.0	79.4	100.0	66.5
Wydajność odpadów [t/h]	53.0		60.0		43.0	
Udział węgla [t/h]	3.3		4.4		11.3	
Udział przerostu [t/h]	1.9		1.4		1.5	
Udział węgla i przerostu [t/h]	5.2		5.8		12.8	

Przy porównywalnym obciążeniu nadawą kruszarki w czasie badań różnice w wielkości udziału substancji palnej w odpadach wynikają z różnic w składach gravimetrycznych nadawy w przedstawionych próbach. Przy średnim godzinowym wychodzie odpadów z kruszarki w ilości ok. 50 t/h straty substancji palnej w odpadach wynoszą od 5 t/h do 13 t/h. Przy ostrożnych założeniach dobowego czasu pracy szybów oraz ilości dni roboczych w miesiącu, straty substancji palnej w odpadach wynikające z pracy kruszarki Bradford wyniosą w tym okresie od 1000 t do 2500 t.

3. Wydzielanie gruboziarnistych odpadów kamiennych urobku węgla surowego metodą mokrą przy zastosowaniu osadzarki KOD z kołem wynoszącym

Skonstruowana w latach 1992-1993 w CMG KOMAG osadzarka z kołem wynoszącym KOD jest urządzeniem zwartym charakteryzującym się wysoką wydajnością jednostkową, zamkniętym obiegiem wodnym i nadającym się do odkamieniania urobku surowego o granulacji 200-50 mm.

Elementy, które wchodzi w skład osadzarki to:

- skrzynia wzbogacająca wyposażona w zespół automatycznej regulacji do wydzielania odpadów z urobku,
- zespół zaworów pulsacyjnych z programowanym cyklem pulsacji wody,
- podwójne koło wynoszące, odwadniające odpady i koncentrat.

W dolnej części skrzyni wzbogacającej znajduje się przenośnik ślimakowy zgarniający ściery przepadające przez dno sitowe oraz spod koła wynoszącego do pompy wirowej, która przetłacza je wraz z wodą do hydrocyklonu wydzielającego części stałe, natomiast woda z przelewu hydrocyklonu w obiegu zamkniętym wraca do skrzyni osadzarki.

Charakterystyka techniczna osadzarki KOD:

– wydajność	100 - 200 t/h
– powierzchnia robocza	4 - 6 m ²
– zapotrzebowanie powietrza roboczego	24 - 36 m ³ /h
– ciśnienie powietrza roboczego	0.03 MPa
– zapotrzebowanie wody uzupełniającej	5 - 10 m ³ /h
– wydajność pompy wody obiegowej	60 - 90 m ³ /h
– wydajność pompy olejowej	25 l/min
– ciśnienie pompy olejowej	2.5 MPa
– moc napędów osadzarki	15 kW
– masa urządzeń węzła wzbogacania	ok. 40 t

O zwartości węzła wzbogacania z zastosowaniem osadzarki KOD świadczy kubatura zabudowy, która wynosi 320 - 400 m³, co stanowi ok. 1/4 kubatury węzła z zastosowaniem osadzarki tradycyjnej, np. OZ8 lub separatora DISA 2S. Z tego powodu węzeł wzbogacania z

osadzarką KOD nadaje się do zabudowy i eksploatacji w podziemiach kopalń i odkamieniania urobku surowego w miejscu jego wydobywania bez konieczności transportu szymbami tysięcy ton kamienia.

Osadzarka KOD została poddana badaniom technologicznym w zakładzie przeróbczym jednej z kopalń. Badania prowadzono w warunkach przemysłowych z uwzględnieniem wahań parametrów nadawy wynikających z rytmu pracy kopalni, dzięki czemu uzyskane wyniki można uznać za miarodajne do oceny pracy maszyny (tabela 2-4).

Na podstawie przedstawionych wyników ocena pracy osadzarki przedstawia się korzystnie:

- wydajność wynosi do 130 t/h, co daje wysoki wskaźnik wydajności jednostkowej ok. 33 t/m²h,
- z nadawy o zapopieleniu 50-60% przy wydajności 130 t/h w procesie wzbogacania uzyskuje się ok. 50 t/h koncentratu o zapopieleniu od 15 do 30%,
- uzyskiwane odpady zawierają 0.5 do 2.0% substancji palnej (węgla i przerostów), przy czym udział samego węgla wynosi do 1%,
- współczynnik imperfekcji świadczący o jakości wzbogacania wynosi od I=0.11 do I=0.14.

Tabela 2

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Nadawa 1		Koncentrat 1		Odpady 1	
	Wychód [%]	Popiół [%]	Wychód [%]	Popiół [%]	Wychód [%]	Popiół [%]
- 1.5	34.8	17.48	96.4	14.20	0.4	14.55
1.5 - 1.8	17.5	33.10	2.9	34.20	1.6	33.30
+ 1.8	47.7	77.86	0.7	70.99	98.0	82.16
SUMA/ŚR.	100.0	49.01	100.0	15.18	100.0	81.10
Udział [%]	100.0		48.0		52.0	
Udział [t/h]	105.0		50.4		54.6	

Tabela 3

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Nadawa 2		Koncentrat 2		Odpady 2	
	Wychód [%]	Popiół [%]	Wychód [%]	Popiół [%]	Wychód [%]	Popiół [%]
- 1.5	31.6	14.78	56.8	14.95	1.1	13.72
1.5 - 1.8	8.7	29.40	41.8	33.00	0.7	36.90
+ 1.8	59.7	80.92	1.4	64.94	98.2	85.96
SUMA/ŚR.	100.0	55.54	100.0	23.20	100.0	84.82
Udział [%]	100.0		39.6		60.4	
Udział [t/h]	128.0		50.7		77.3	

Tabela 4

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Nadawa 3		Koncentrat 3		Odpady 3	
	Wychód [%]	Popiół [%]	Wychód [%]	Popiół [%]	Wychód [%]	Popiół [%]
- 1.5	28.9	15.22	53.8	15.73	0.5	16.74
1.5 - 1.8	4.3	32.30	22.3	32.90	0.1	31.90
+ 1.8	66.8	83.02	23.9	72.68	99.4	86.99
SUMA/ŚR.	100.0	61.25	100.0	33.17	100.0	86.58
Udział [%]	100.0		40.0		60.0	
Udział [t/h]	125.0		50.0		75.0	

4. Możliwości zmniejszenia strat substancji palnej w odpadach z kruszarki Bradford

Przeprowadzone badania porównawcze odpadów pochodzących z kruszarki Bradford oraz odpadów pochodzących z pracującego równolegle układu urządzeń kruszarka Bradford - osadzarka KOD prowadzono w następujących warunkach:

- porównywalne parametry nadawy (skład grawimetryczny i granulometryczny oraz ilość w t/h) zasilającej samodzielnie pracującą kruszarkę Bradford oraz równoległy układ urządzeń,
- w przypadku samodzielnie pracującej kruszarki Bradford granulacja obciążającej ją nadawy mieściła się w granicach 600 - 65 mm,
- w przypadku pracy równoległego układu urządzeń nadawa była granulometrycznie rozdzielana, tak że kruszarkę obciążała część nadawy o granulacji 600 - 200 mm, a osadzarkę KOD część o granulacji 200 - 65 mm.

Wyniki badań porównawczych przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Gęstość odpadów [g/cm ³]	Odpady z kruszarki prac. samodzielnie		Odpady z równ. ukł. kruszarka-osadzarka	
	Udział[%]	Popiół[%]	Udział[%]	Popiół[%]
- 1.35	15.3	10.0	5.6	6.9
1.35 - 1.5	10.6	18.2	3.3	19.8
1.5 - 1.7	3.4	31.6	1.1	35.1
1.7 - 2.0	0.2	51.6	0.2	51.8
+ 2.0	70.5	85.7	89.8	86.8
SUMA/ŚR.	100.0	65.0	100.0	79.5
Wydajność odpadów [t/h]	42.0		63.0	
Udział węgla [t/h]	10.9		5.6	
Udział przerostu [t/h]	1.5		0.8	
Udział węgla i przerostu [t/h]	12.3		6.3	

Analiza tabeli wskazuje na wyraźną różnicę w parametrach odpadów przy samodzielnej pracy kruszarki Bradford i przy współpracy kruszarki Bradford z osadzarką KOD. Udział węgla i przerostów, czyli substancji palnej zawartej w odpadach i wywożonej na zwalę

kamienia przy samodzielnej pracy kruszarki Bradford, jest około dwukrotnie wyższy od udziału substancji palnej w odpadach przy równoległej współpracy układu urządzeń kruszarka - osadzarka.

Obsługa stanowiska przebiecznego usytuowanego przy taśmie odprowadzającej odpady na zwały jest w stanie wybrać zaledwie część ziarn substancji palnej (często ziarna węgla i kamienia wizualnie nie wykazują wyraźnych różnic), w związku z czym znaczna część ziarn węgla i przerostów jest bezpowrotnie tracona i ponadto powoduje pogorszenie stanu ekologicznego zwałow.

Przy założeniu przeciętnej pracy szybów w ciągu doby równej 10 godzin oraz 20 dni w ciągu miesiąca, straty substancji palnej na podstawie niniejszych badań porównawczych wyniosą w tym okresie:

- przy samodzielnej pracy kruszarki Bradford
 - a) węgla (o zapopieleniu do 15%) - 2200 t
 - b) przerostów (o zapopieleniu do 30%) - 300 t
- przy współpracy kruszarki Bradford z osadzką KOD
 - a) węgla (o zapopieleniu do 15%) - 1100 t
 - b) przerostów (o zapopieleniu do 30%) - 150 t

5. Podsumowanie

W kopalniach wydobywających urobek surowy i prowadzących technologię odkamieniania tego urobku metodą "suchą" lub "mokrą" istnieje możliwość zwiększenia efektywności wydzielenia gruboziarnistych odpadów dzięki zastosowaniu osadzarki KOD.

Osadzarka KOD dzięki zwartej konstrukcji i małej kubaturze oraz zamkniętemu obiegowi wodnemu nadaje się do zabudowy i stosowania w istniejących zakładach przerobczych, co potwierdzają wyniki przedstawionych badań technologicznych.

W technologii odkamieniania metodą "mokrą" osadzarka KOD może pracować samodzielnie. W technologii odkamieniania metodą "suchą" z udziałem kruszarek Bradford osadzarka KOD może pracować w układzie równoległym z kruszarką w ten sposób, że kruszarka obciążona jest urobkiem surowym o granulacji ponad 200 mm, a osadzarka KOD urobkiem surowym o granulacji poniżej 200 mm.

Jakkolwiek odkamienianie urobku surowego w równoległej pracy kruszarki Bradford i osadzarki KOD jest znacznie efektywniejsze od odkamieniania całości urobku tylko w kruszarce bębnowej, to jednak straty substancji palnej w odpadach są dalej wysokie.

Należy uznać za prawidłowe rozumowanie, że głównym "producentem" substancji palnej w odpadach przy równoległej pracy kruszarki i osadzarki jest kruszarka bębnowa, bowiem z badań osadzarki KOD wynika, że udział substancji palnej w odpadach z niej uzyskiwanych wynosi do 2%, podczas gdy udział substancji palnej w odpadach uzyskiwanych przy pracy układu równoległego wynosi do 10% (samodzielna praca kruszarki Bradford może powodować straty do 30 %).

Dążąc do znacznego ograniczenia strat substancji palnej w odpadach kierowanych na zwalę, należy rozważyć możliwość posobnej pracy kruszarki Bradford i osadzarki KOD, w ten sposób, by odpady z kruszarki z odsianymi ziarnami ponad 200 mm były kierowane do wtórnego wzbogacania w osadzarkę KOD, co przedstawia załączony rysunek.

Według prognozy straty substancji palnej w odpadach przy posobnej pracy kruszarki i osadzarki mogą wynieść około 200 t w skali miesiąca, co przy stratach układu równoległego około 1100 t i stratach pracującej samodzielnie kruszarki Bradford około 2200 t jest wynikiem wartym zachodu.

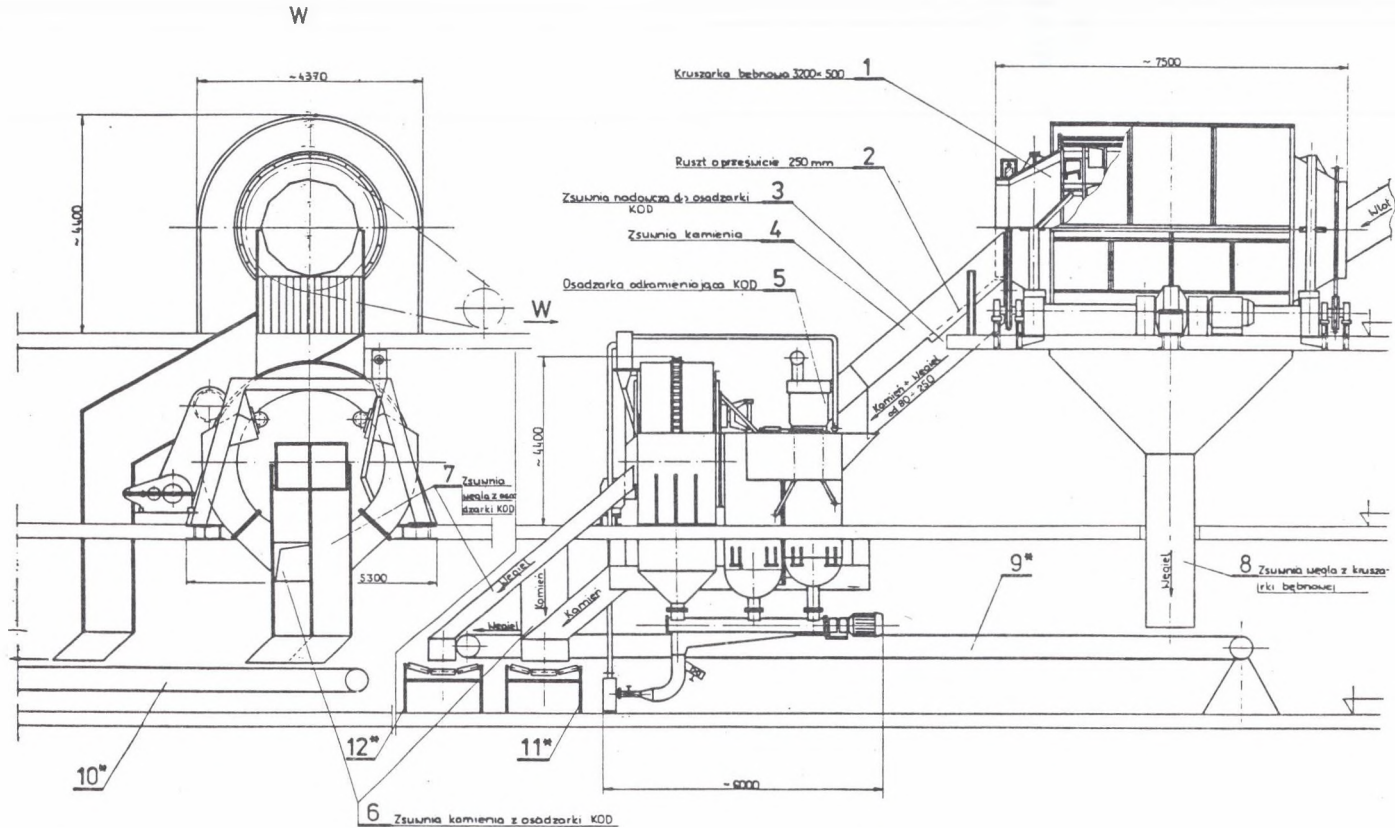
Dodatkowo należy stwierdzić, że osadzarki z kołem wynoszącym mogą być zastosowane tam, gdzie brak jest możliwości zabudowy podnośników kubelkowych.

LITERATURA

1. J. Skiba, K. Łabuzek: Badania kruszenia węgla i skał towarzyszących z pokładu 358 z KWK Makoszowy w celu prognozowania kruszenia selektywnego w KWK Budryk. Prace własne CMG KOMAG, 1981.
2. A. Jędo: Osadzarka z kołem odwadniającym do wzbogacania urobku węgla kamiennego. Materiały konferencji nt. "Mechaniczna przeróbka kopalin i gospodarka odpadami w aspekcie ochrony środowiska", Szczyrk 1995.

Recenzent: Doc dr. inż. Stanisław Błaszczczyński

Wpłynęło do Redakcji 2.10.1996 r.



Abstract

Results of tests on stone removal from run-of-mine coal obtained under application of a novel machine "Jig KOD" have been presented in the paper. Moreover, volume of losses of the combustible contained in rejects resulting from the process of selective crushing in one of the Silesian mines has been indicated and an alternative concept aimed at reduction or elimination of these losses has been set forth. The paper contains a table in which results of measurements and process tests are presented as well as schemes illustrating the concept of applying the stone separating jig in a system designed to make run-of-mine coal suitable for beneficiation in a coal preparation plant.