

Wiesław BLASCHKE\*, Nguyen THI THUY LINH\*\*, Grzegorz CZARNY\*\*\*

## Ekonomiczne kryterium wyboru sposobu wzbogacania mialów węgla koksowego

**STRESZCZENIE.** Miał węgla koksowego wzbogacane są w osadzarkach mialowych lub w cyklonach cieczy ciężkiej. Wybór urządzeń wzbogacających zależy od inwestora lub od projektantów zakładu przerobczego. W Polsce preferowane są osadzarki, w innych krajach (np. w Australii, USA, RPA) stosowane są głównie cyklony cieczy ciężkiej. W artykule przeprowadzono analizę wzbogacania dwóch przykładowych węgli w urządzeniach o różnej dokładności rozdzielu ocenianej wskaźnikami imperfekcji. Pokazano różnice w efektach ekonomicznych wynikające z dokładności wzbogacania. Zwrócono uwagę na wpływ charakterystyk technologicznych węgla (krzywe wzbogacania) na uzyskiwane rezultaty wzbogacania przy założonych parametrach jakościowych koncentratów węgla koksowych. Stwierdzono, że wybór sposobu wzbogacania (osadzarki czy cyklony c.c.) powinien być oparty na analizie uzyskiwanych, dla konkretnych węgla, efektów ekonomicznych wzbogacania.

**SŁOWA KLUCZOWE:** węgiel koksowy, wzbogacanie, efekty ekonomiczne

### Wprowadzenie

Miał węgla koksowego wzbogacane są w warunkach przemysłowych najczęściej w osadzarkach. Wzbogacanie można też prowadzić w cyklonach cieczy ciężkiej, w cyklonach

\* Prof. dr hab. inż. — Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice; Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: viesbla@min-pan.krakow.pl

\*\* Mgr inż. — Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice

\*\*\* Mgr — ECOPAL sp. z o.o. Siemianowice Śląskie

water only lub w różnego rodzaju wzbogacalnikach strumieniowych. Obecnie stosowane są w praktyce osadzarki lub cyklony cieczy ciężkiej. Najwyższą dokładność uzyskuje się podczas wzbogacania miałów w cyklonach cieczy ciężkiej. Wartości wskaźnika imperfekcji wahają się w przedziale 0,04–0,12. Osadzarki pracują mniej dokładnie – wskaźnik imperfekcji waha się w przedziale 0,14–0,20 i dotyczy to dobrze pracujących urządzeń. W warunkach złej pracy osadzarek imperfekcja dochodzi do wartości 0,31. Łatwo zauważyć, że im wskaźnik imperfekcji jest niższy tym dokładniej rozdzielany jest węgiel surowy (nadawa) na koncentrat i odpady. Oznacza to, że mniejsza ilość ziarn, które powinny trafić do koncentratów przechodzi do odpadów a równocześnie koncentrat jest mniej zanieczyszczony frakcjami odpadowymi.

Wielkości zanieczyszczeń koncentratów przekładają się na gorsze parametry jakościowe, a więc na niższe uzyskiwane ceny sprzedaży przy założonych teoretycznie (na podstawie krzywych wzbogalności) gęstościach rozdziału. Utrzymanie, żądanych przez użytkowników, parametrów jakościowych, w przypadku małej dokładności wzbogacania wymusza obniżenie gęstości rozdziału, co przekłada się na mniejszy wychód koncentratu, a więc na mniejszą ilość produktu handlowego otrzymywanego z tej samej ilości nadawy (węgiel surowy kierowanego do procesu wzbogacania). Ma to także skutki ekonomiczne spowodowane zmniejszeniem wpływów ze sprzedaży węgla [3, 4].

Dokładność procesów wzbogacania ma istotny wpływ na ekonomikę kopalń węgla kamiennego. Problemowi temu poświęcone były prace prowadzone w IGSMiE PAN, GIG i w Politechnice Śląskiej [1, 2]. W pracach tych pokazano skutki ekonomiczne spowodowane mniejszą lub większą dokładnością wzbogacania węgla w osadzarkach.

W pracy [5] przeprowadzono analizy skutków ekonomicznych wyboru osadzarek lub cyklonów cieczy ciężkiej do wzbogacania miałów węgla koksowego. W niniejszej pracy zwrócono uwagę na wpływ charakterystyk technologicznych miałów węgla koksowego na wybór urządzenia do wzbogacania.

## 1. Przykładowe charakterystyki miałów węgla koksowych

Analizę wpływu charakterystyk technologicznych miałów opisywanych poprzez krzywe wzbogalności przeprowadzono dla węgla pochodzących z ośmiu kopalń. Były to dane znajdujące się w bazie Zakładu Ekonomiki i Badań Rynku Paliwowo-Energetycznego IGSMiE PAN. Niestety nie są to wyniki badań aktualnie wydobywanych miałów węgla koksowych. Stąd też należy prezentowane dalej rezultaty obliczeń traktować wyłącznie jako przykład analiz.

W niniejszym artykule przytoczono rezultaty tylko dla dwóch przykładów charakterystyk technologicznych miałów węgla koksowych. W bazie IGSMiE PAN noszą one numery KWK 24 i KWK 29.

Dla wybranych przykładowych miałów obu kopalń zestawiono w tabeli 1 dane wyjściowe otrzymane na podstawie analiz densymetrycznych klas ziarnowych 20–0,5 mm. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono krzywe wzbogacalności wybranych węgli.

TABELA 1. Współrzędne krzywych wzbogacalności węgla z wybranych kopalń

TABLE 1. Coordinates of washability curves for coal from selected mines (KWK 24 and KWK 29)

Kopalnia	KWK 24 – $\alpha = 15,78$ [%]				KWK 29 – $\alpha = 24$ [%]			
	Gęstość	$\gamma$ [%]	$\lambda$ [%]	$\nu$ [%]	$\beta$ [%]	$\gamma$ [%]	$\lambda$ [%]	$\nu$ [%]
1,30	61,08	9,05	9,05	26,35	33,54	5,15	5,15	33,51
1,35	76,31	10,14	9,27	36,77	45,71	7,84	5,87	39,26
1,40	83,53	11,67	9,47	47,79	54,81	9,81	6,52	45,19
1,45	86,80	14,07	9,65	56,12	61,16	12,19	7,11	50,59
1,50	88,39	17,31	9,79	61,46	65,56	15,41	7,67	55,08
1,55	89,31	21,00	9,90	64,92	68,74	19,46	8,21	58,71
1,60	89,92	24,66	10,00	67,37	71,18	23,86	8,75	61,66
1,65	90,38	28,00	10,09	69,26	73,15	28,09	9,27	64,11
1,70	90,76	31,12	10,18	70,81	74,78	31,96	9,76	66,20
1,75	91,07	34,28	10,26	72,11	76,17	35,61	10,23	67,98
1,80	91,35	37,97	10,35	73,20	77,36	39,29	10,68	69,49
1,85	91,60	42,56	10,44	74,11	78,41	43,36	11,12	70,76
1,90	91,84	48,34	10,53	74,85	79,37	47,97	11,57	71,82
1,95	92,07	54,73	10,65	75,46	80,28	53,06	12,03	72,68
2,00	92,33	60,97	10,79	75,93	81,17	58,20	12,54	73,37
2,05	92,61	66,10	10,95	76,31	82,10	62,83	13,11	73,92
2,10	92,92	69,89	11,15	76,59	83,07	66,58	13,74	74,34
2,15	93,28	72,47	11,39	76,81	84,11	69,38	14,43	74,66
2,20	93,67	74,19	11,65	76,97	85,22	71,36	15,17	74,91

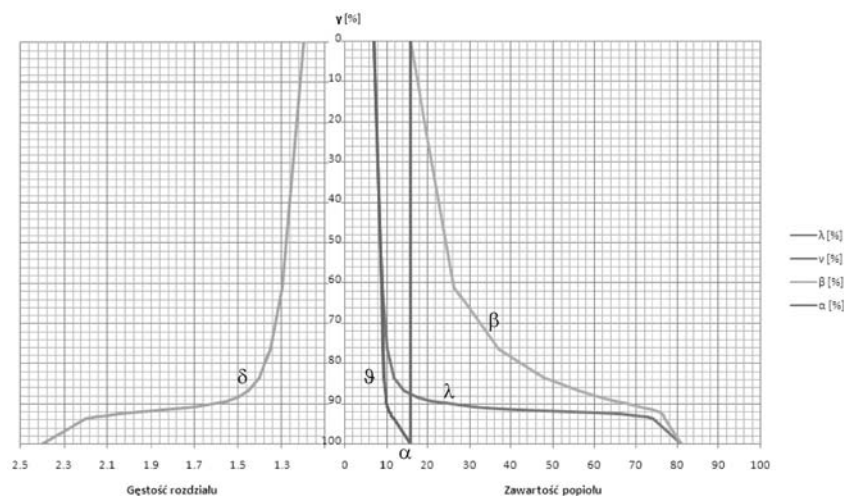
$\gamma$  – wychód koncentratu [%];

$\lambda$  – zawartość popiołu we frakcji [%];

$\nu$  – zawartość popiołu w koncentracie [%];

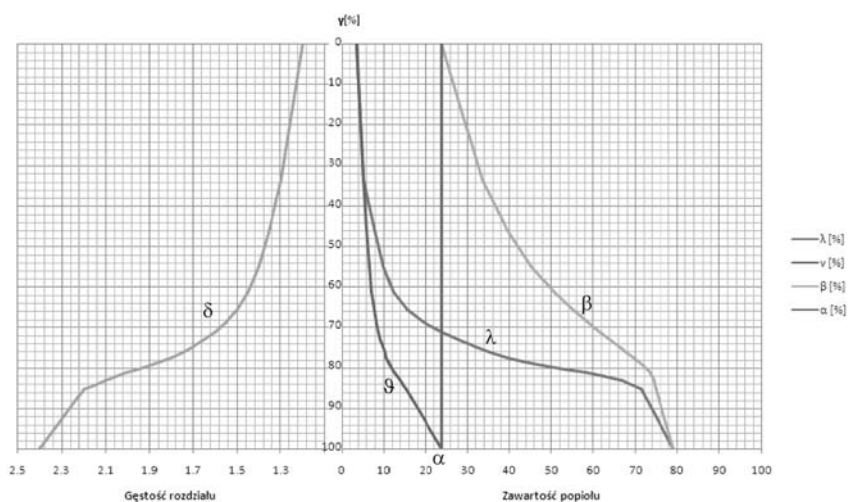
$\beta$  – zawartość popiołu w odpadach [%];

$\alpha$  – zawartość popiołu w węglu surowym (nadawa) [%]



Rys. 1. Krzywe wzbogacalności węgla z KWK 24

Fig. 1. Washability curve – coal from coal mine KWK 24



Rys. 2. Krzywe wzbogacalności węgla z KWK 29

Fig. 2. Washability curve – coal from coal mine KWK 29

## 2. Krzywe wzbogacania dla różnych wskaźników imperfekcji

Zakładając wartości wskaźników dokładności rozdziału (imperfekcja) można przeliczać krzywe wzbogacalności na krzywe wzbogacania. Prognozuje się w ten sposób rezultaty wzbogacania węgla w warunkach przemysłowych. Wykorzystuje się informacje o węglu

surowym (nadawie) oraz wskaźnik imperfekcji. Przeliczeń krzywych wzbogacalności na krzywe wzbogacania, przy założonych wartościach wskaźnika imperfekcji i dla różnych (zakładanych) gęstości rozdziału, dokonano w Głównym Instytucie Górnictwa dla potrzeb pracy [5]. Opracowany w GIG program pozwala wyznaczyć rezultaty wzbogacania dla dowolnych gęstości rozdziału z przedziału 1,3–2,2 g/cm<sup>3</sup>. Współrzędne krzywych wzbogacania wyznaczono dla kolejnych gęstości rozdziału z podanego powyżej przedziału co 0,05 g/cm<sup>3</sup>. Obliczono współrzędne krzywych wzbogacania – wychód i zawartość popiołu w koncentratkach.

TABELA 2. Współrzędne krzywych wzbogacania w osadzarkach węgla z KWK 24 dla różnych wartości wskaźnika imperfekcji

TABLE 2. Coordinates of separation curves for coal from mine KWK 24 – separation in jigs at different values of imperfection

Gęstość	Imperfekcja							
	0,14		0,16		0,18		0,2	
	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]
1,30	63,06	9,00	61,08	9,05	59,46	9,10	58,12	9,14
1,35	78,37	9,24	76,31	9,27	74,30	9,29	72,43	9,32
1,40	84,74	9,47	83,53	9,47	82,14	9,48	80,64	9,49
1,45	87,38	9,65	86,80	9,65	86,01	9,64	85,04	9,65
1,50	88,67	9,79	88,39	9,79	87,98	9,78	87,41	9,78
1,55	89,44	9,90	89,31	9,90	89,09	9,90	88,77	9,90
1,60	89,99	10,00	89,92	10,00	89,80	10,00	89,62	10,00
1,65	90,43	10,09	90,38	10,09	90,31	10,10	90,20	10,10
1,70	90,79	10,18	90,76	10,18	90,71	10,19	90,65	10,20
1,75	91,11	10,26	91,07	10,26	91,04	10,28	91,01	10,30
1,80	91,37	10,34	91,35	10,35	91,34	10,37	91,34	10,41
1,85	91,61	10,41	91,60	10,44	91,61	10,47	91,64	10,52
1,90	91,82	10,49	91,84	10,53	91,88	10,59	91,93	10,66
1,95	92,02	10,59	92,07	10,65	92,15	10,73	92,23	10,82
2,00	92,23	10,69	92,33	10,79	92,44	10,89	92,55	10,99
2,05	92,47	10,83	92,61	10,95	92,75	11,07	92,88	11,19
2,10	92,74	11,01	92,92	11,15	93,09	11,29	93,23	11,41
2,15	93,07	11,23	93,28	11,39	93,45	11,53	93,60	11,65
2,20	93,46	11,49	93,67	11,65	93,85	11,79	93,99	11,90

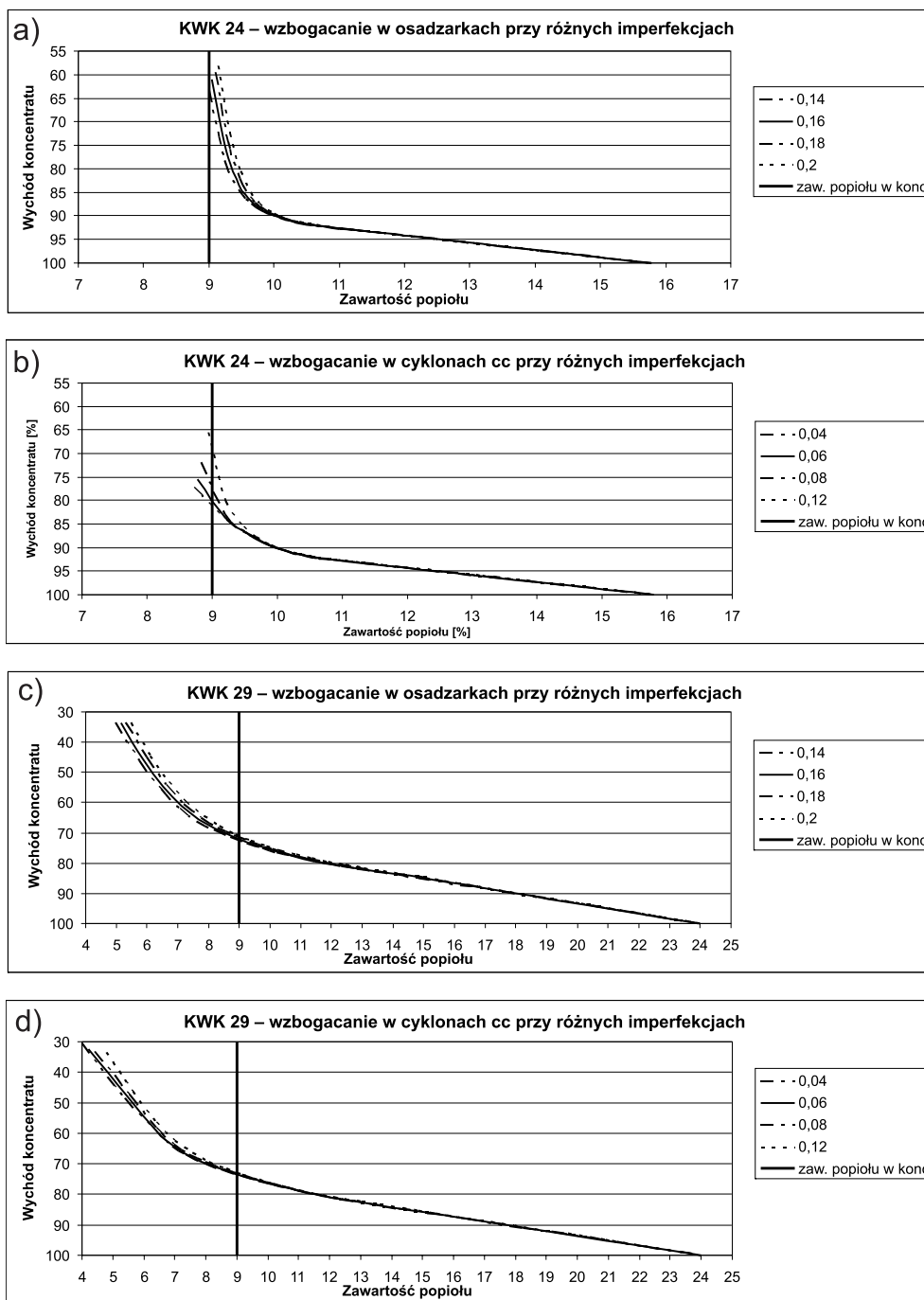
## 2.1. Krzywe wzbogacania mialów w osadzarkach

Przyjęto, że mialy węgla z kopalń KWK 24 i KWK 29 poddane będą wzbogacaniu w osadzarkach mialowych. Nie ustalono typu osadzarki oraz osiąganych w rzeczywistości wskaźników imperfekcji. Do obliczeń przyjęto umownie, że imperfekcja I może wynosić 0,14; 0,16; 0,18; 0,20. Obliczenia dla mialów węgla z KWK 24 zestawiono w tabeli 2, a dla węgla z KWK 29 w tabeli 3. Krzywe wzbogacania koncentratu pokazano odpowiednio na rysunkach 3a i 3c.

TABELA 3. Współrzędne krzywych wzbogacania w osadzarkach węgla z KWK 29 dla różnych wartości wskaźnika imperfekcji

TABLE 3. Coordinates of separation curves for coal from mine KWK 29 – separation in jigs at different values of imperfection

Gęstość	Imperfekcja							
	0,14		0,16		0,18		0,2	
	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]
1,30	33,60	4,98	33,54	5,15	33,51	5,32	33,50	5,48
1,35	46,21	5,76	45,71	5,87	45,20	5,98	44,72	6,11
1,40	55,56	6,46	54,81	6,52	54,08	6,60	53,38	6,70
1,45	61,86	7,05	61,16	7,11	60,45	7,18	59,75	7,27
1,50	66,06	7,60	65,56	7,67	65,00	7,74	64,40	7,82
1,55	69,07	8,15	68,74	8,21	68,33	8,28	67,86	8,35
1,60	71,41	8,70	71,18	8,75	70,88	8,81	70,52	8,87
1,65	73,33	9,23	73,15	9,27	72,92	9,32	72,64	9,38
1,70	74,94	9,74	74,78	9,76	74,59	9,81	74,38	9,87
1,75	76,32	10,21	76,17	10,23	76,01	10,28	75,86	10,36
1,80	77,49	10,65	77,36	10,68	77,25	10,75	77,16	10,86
1,85	78,50	11,06	78,41	11,12	78,36	11,22	78,34	11,37
1,90	79,39	11,46	79,37	11,57	79,39	11,71	79,44	11,90
1,95	80,20	11,87	80,28	12,03	80,38	12,24	80,50	12,46
2,00	81,00	12,31	81,17	12,54	81,37	12,80	81,55	13,05
2,05	81,81	12,81	82,10	13,11	82,36	13,40	82,59	13,67
2,10	82,70	13,39	83,07	13,74	83,39	14,05	83,65	14,33
2,15	83,69	14,06	84,11	14,43	84,45	14,74	84,71	15,00
2,20	84,79	14,81	85,22	15,17	85,54	15,45	85,78	15,68



Rys. 3. Krzywe wzbogacania dla koncentratów uzyskiwanych przy różnych wartościach imperfekcji

Fig. 3. Separation curves for concentrates produced at different values of imperfection

## 2.2. Krzywe wzbogacania miał w cyklonach cieczy ciężkiej

Rozważono możliwość wzbogacania węgla z KWK 24 i KWK 29 w cyklonach cieczy ciężkiej. Założono, że wartości wskaźnika imperfekcji będą przyjmowały wartość  $I = 0,04; 0,06; 0,08; 0,12$ . Podobnie jak przy analizie rezultatów wzbogacania w osadzarkach, nie typowano żadnego z rozwiązań wzbogacalników cyklonowych pracujących z cieczami ciężkimi. Obliczenia wykonane dla węgla z KWK 24 zestawiono w tabeli 4, a dla węgla z KWK 29 w tabeli 5. Krzywe wzbogacania koncentratów pokazano odpowiednio na rysunkach 3b i 3d.

TABELA 4. Współrzędne krzywych wzbogacania w cyklonach cieczy ciężkiej węgla z KWK 24 dla różnych wartości wskaźnika imperfekcji

TABLE 4. Coordinates of separation curves for coal from mine KWK 24 – separation in dense media cyclones at different values of imperfection

Gęstość	Imperfekcja							
	0,04		0,06		0,08		0,12	
	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]
1,30	77,28	8,72	75,44	8,78	71,95	8,83	65,50	8,95
1,35	84,00	9,21	83,61	9,20	83,09	9,20	80,36	9,22
1,40	87,28	9,57	86,99	9,54	86,68	9,51	85,66	9,48
1,45	88,32	9,70	88,29	9,70	88,19	9,69	87,77	9,67
1,50	89,03	9,80	89,03	9,80	89,00	9,80	88,84	9,80
1,55	89,66	9,90	89,62	9,90	89,60	9,90	89,52	9,90
1,60	90,09	9,98	90,09	9,99	90,08	9,99	90,04	10,00
1,65	90,51	10,07	90,51	10,08	90,50	10,08	90,46	10,09
1,70	90,89	10,16	90,88	10,17	90,86	10,17	90,82	10,17
1,75	91,22	10,26	91,20	10,25	91,18	10,25	91,13	10,26
1,80	91,48	10,34	91,46	10,33	91,45	10,34	91,40	10,34
1,85	91,66	10,40	91,69	10,41	91,68	10,41	91,63	10,41
1,90	91,92	10,50	91,91	10,49	91,89	10,49	91,82	10,48
1,95	92,17	10,59	92,10	10,56	92,05	10,55	92,00	10,55
2,00	92,28	10,63	92,22	10,61	92,17	10,59	92,17	10,63
2,05	92,30	10,64	92,27	10,63	92,25	10,62	92,35	10,73
2,10	92,30	10,64	92,30	10,64	92,32	10,66	92,57	10,87
2,15	92,30	10,64	92,32	10,65	92,42	10,73	92,85	11,05
2,20	92,30	10,64	92,38	10,70	92,61	10,86	93,20	11,30



TABELA 5. Współrzędne krzywych wzbogacania w cyklonach cieczy ciężkiej węgla z KWK 29 dla różnych wartości wskaźnika imperfekcji

TABLE 5. Coordinates of separation curves for coal from mine KWK 29 – separation in dense media cyclones at different values of imperfection

Gęstość	Imperfekcja							
	0,04		0,06		0,08		0,12	
	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]	wychód koncentratu [%]	zawartość popiołu [%]
1,30	30,74	4,01	32,48	4,22	33,35	4,41	33,65	4,79
1,35	48,53	5,38	47,81	5,46	47,37	5,53	46,67	5,67
1,40	60,03	6,47	59,07	6,41	58,13	6,39	56,35	6,41
1,45	64,16	6,91	64,04	6,93	63,69	6,95	62,54	7,00
1,50	66,97	7,36	66,98	7,39	66,93	7,44	66,47	7,54
1,55	69,57	7,90	69,53	7,93	69,50	7,98	69,30	8,09
1,60	71,76	8,47	71,77	8,52	71,73	8,56	71,56	8,65
1,65	73,82	9,12	73,76	9,12	73,68	9,14	73,47	9,19
1,70	75,56	9,70	75,44	9,69	75,32	9,69	75,08	9,71
1,75	76,87	10,20	76,77	10,18	76,68	10,18	76,46	10,20
1,80	77,89	10,61	77,85	10,62	77,82	10,64	77,62	10,65
1,85	78,66	10,95	78,83	11,05	78,83	11,08	78,61	11,05
1,90	79,87	11,54	79,83	11,52	79,73	11,48	79,46	11,43
1,95	81,01	12,07	80,69	11,92	80,46	11,82	80,20	11,78
2,00	81,49	12,29	81,22	12,17	80,99	12,07	80,88	12,13
2,05	81,59	12,33	81,48	12,28	81,36	12,25	81,55	12,54
2,10	81,60	12,34	81,59	12,34	81,67	12,43	82,30	13,03
2,15	81,60	12,34	81,70	12,42	82,07	12,72	83,18	13,63
2,20	81,62	12,35	81,98	12,63	82,73	13,21	84,23	14,37

### 3. Analiza otrzymanych technologicznych rezultatów wzbogacania miałów w osadzarkach i w cieczach ciężkich

Wyniki obliczeń zestawione w tabelach 2–5 pokazują jak kształtują się wychody koncentratów i zawartości popiołu otrzymywane dla przyjętych gęstości rozdziału i założonych

wskaźników imperfekcji. Łatwo zauważyć, że im mniejsza dokładność wzbogacania tym mniejszy wychód koncentratu przy założonych kolejnych gęstościach rozdziału. Natomiast zawartości popiołu różnią się w małym stopniu. Różnice w wychodach koncentratów są wyższe w przypadku wzbogacania w osadzarkach i niższe w przypadku wzbogacania w cyklonach cieczy ciężkiej.

Węgiel koksowy wzbogaca się w zasadzie przy gęstości rozdziału pozwalającej uzyskać koncentraty o zawartości popiołu 9%. Zawartość popiołu 9% gwarantuje, że do koncentratu nie trafiają ziarna skały płonnej szkodliwe w procesach koksowania węgla. Założono, do prowadzonych analiz, że otrzymywać się będzie koncentraty o zawartości 9%. Z krzywych wzbogacania koncentratu odczytano wychody dla tej zawartości popiołu. Na rysunku 3 krzywe wzbogacania narysowano w zakresie gęstości 1,3–2,2 g/cm<sup>3</sup>. Z tego też względu krzywe J nie są dociągnięte do wartości wychodu 0%. Odczyty wykonane zostały na rysunkach odłącznych. Wyniki odczytów zestawiono w tabeli 6. Obliczenia potwierdzają wyżej podane informacje, że otrzymane koncentraty z cyklonów cieczy ciężkiej posiadają wyższe wychody niż koncentraty uzyskiwane ze wzbogacania w osadzarkach przy założonej zawartości w nich popiołu na poziomie 9%.

Interesujące jest natomiast porównanie rezultatów wzbogacania pomiędzy węglami z KWK 24 i z KWK 29. Różnice (odczyty na odłącznych wykresach) w wychodach, przy różnych wartościach imperfekcji, wahają się:

- ✧ dla węgla KWK 24 przy wzbogacaniu w osadzarkach od 44% do 63,03%, a wzbogacane w cyklonach cieczy ciężkiej od 68% do 81%,
- ✧ dla węgla KWK 29 przy wzbogacaniu w osadzarkach od 71% do 72,4%, a wzbogacane w cyklonach cieczy ciężkiej od 73% do 73,6%.

Różnice dla węgla z KWK 24 są bardzo duże (porównanie osadzarek i cyklonów c.c.) i w skrajnych przypadkach wynoszą aż 37%, natomiast dla węgla z KWK 29 tylko 2,6%.

Analizując krzywe wzbogacania (dla koncentratu) węgla z obu kopalń łatwo zauważyć, że koncentraty o zawartości popiołu 9% otrzymuje się dla węgla z KWK 29 w miejscu, gdzie pęk krzywych wzbogacania przebiega w miejscu, gdzie poszczególne krzywe są do siebie zbliżone. Inna sytuacja występuje dla węgla z KWK 24. Tam koncentraty o zawartości 9% popiołu otrzymuje się w miejscu, gdzie krzywe wzbogacania koncentratu są znacznie od

TABELA 6. Wychody koncentratów otrzymywanych podczas wzbogacania w osadzarkach lub cyklonach cc przy różnych wartościach wskaźnika imperfekcji

TABLE 6. Yields of concentrates obtained during coal preparation in jigs or dense media cyclones at different values of imperfection

	Sposób wzbogacania							
	osadzarki				cyklony cieczy ciężkiej			
Imperfekcja	0,14	0,16	0,18	0,20	0,04	0,06	0,08	0,12
KWK 24	63,03%	54,00%	48,00%	44,00%	81,00%	79,00%	77,00%	68,00%
KWK 29	72,40%	72,00%	71,80%	71,00%	73,60%	73,60%	73,40%	73,00%

siebie oddalone (rys. 3b). Dotyczy to wzbogacania w cyklonach z cieczą ciężką. W przypadku wzbogacania w osadzarkach zawartości popiołu na poziomie 9% uzyskuje się przy gęstości rozdziału  $1,3 \text{ g/cm}^3$  ( $I = 0,14$ ) i niższych ( $I = 0,16-0,2$ ).

Wyciągnąć z tego można wniosek, że kształt krzywych wzbogacania (koncentratu) ma istotny wpływ na osiągnięte rezultaty technologiczne wzbogacania węgla, a także na dobór urządzeń wzbogacających o dokładności rozdziału umożliwiających osiągnięcie żądanych parametrów jakościowych koncentratu.

#### 4. Analiza ekonomicznych rezultatów wzbogacania miałów w osadzarkach i w cyklonach cieczy ciężkiej

Skutki ekonomiczne dokładności wzbogacania węgla najłatwiej pokazać na przykładzie zmian wartości produkcji, osiąganej przy różnych wartościach wskaźnika imperfekcji. Wartość produkcji to iloczyn wychodu i ceny węgla. Wychody koncentratu otrzymywanego z osadzarek i z cyklonów cieczy ciężkiej pokazano w tabeli 6.

Wybrane przykłady węgla koksowych pochodzą z kopalń sprzedających produkty handlowe węgla typu 34. Do obliczeń skutków ekonomicznych przyjęto cenę węgla w wysokości – typ 34 – 260 zł/Mg. Mnożąc wychody koncentratów przez przyjętą cenę węgla obliczono wartości produkcji uzyskiwane przy wzbogacaniu badanych węgla w osadzarkach lub alternatywnie w cyklonach cieczy ciężkiej. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 7.

Analizując dane zamieszczone w tabeli 7 łatwo zauważyć jak duże są różnice skutków ekonomicznych dokładności wzbogacania węgla w osadzarkach i w cyklonach cieczy ciężkiej. Wpływy ze sprzedaży koncentratu węgla typu 34 uzyskanego z jednej tony węgla surowego wzbogaconego w osadzarkach wynoszą:

- ✧ dla węgla z KWK 24 od 114,40 zł/Mg do 163,88 zł/Mg,
- ✧ dla węgla z KWK 29 od 184,60 zł/Mg do 188,24 zł/Mg.

TABELA 7. Skutki ekonomiczne wzbogacania węgla typu 34 w osadzarkach lub cyklonach cc przy różnych wartościach wskaźnika imperfekcji. Cena węgla 260 zł/Mg

TABLE 7. Economic results of coal type 34 preparation in jigs or dense media cyclones at different values of imperfection. Coal price – 260 PLN/Mg

	Sposób wzbogacania							
	osadzarki				cyklony cieczy ciężkiej			
Imperfekcja	0,14	0,16	0,18	0,20	0,04	0,06	0,08	0,12
KWK 24	163,88	140,40	124,80	114,40	210,60	205,40	200,20	176,80
KWK 29	188,24	187,20	186,68	184,60	191,36	191,36	190,84	189,80

W przypadku wzbogacania tych węgli w cyklonach cieczy ciężkiej wpływy ze sprzedaży wynoszą:

✧ dla węgla z KWK 24 od 176,80 zł/Mg do 210,60 zł/Mg,

✧ dla węgla z KWK 29 od 189,80 zł/Mg do 191,36 zł/Mg.

Porównując efekty ekonomiczne pomiędzy tymi samymi węglami wzbogaconymi w osadzarkach lub alternatywnie w cyklonach cieczy ciężkiej uzyskuje się w skrajnych przypadkach dla węgla z KWK 24 różnicę 96,2 zł/Mg, a dla KWK 29 różnicę 5,2 zł/Mg. W najkorzystniejszych warunkach różnice te wynoszą dla węgla z KWK 24 – 46,72 zł/Mg, a dla węgla z KWK 29 – 3,12 zł/Mg. Łatwo zauważyć, że dokładność wzbogacania ma duży wpływ na efekty ekonomiczne zakładu przerobczego (zakładu górniczego).

## 5. Wybór sposobu wzbogacania – osadzarki lub cyklony cieczy ciężkiej

Przeprowadzone badania pokazują, że wybór pomiędzy wzbogacaniem miałów węgla koksowego w osadzarkach lub w cyklonach cieczy ciężkiej powinien opierać się na analizach skutków ekonomicznych wzbogacania w obu typach urządzeń. Niezbędna jest znajomość charakterystyki technologicznej konkretnego węgla opisana krzywymi wzbogacalności. Po wyznaczeniu krzywych wzbogacania dla różnych wartości imperfekcji należy odczytać wychody koncentratu przy założonych parametrach jakościowych (w zasadzie założonej zawartości popiołu). Następnie należy obliczyć wartości produkcji uzyskiwane podczas wzbogacania w osadzarkach oraz w cyklonach cieczy ciężkiej.

Jeżeli różnice będą niewielkie należy wybrać osadzarki, gdyż produkuje się je w kraju; opanowane są sposoby ich automatycznej regulacji, nie ma rygorów uśredniania węgla przed wzbogacaniem, są serwisy naprawcze i.t.d. Jeżeli natomiast różnice są bardzo duże to wskazane jest stosowanie cyklonów z cieczą ciężką. Prowadzenie wzbogacania w cyklonach jest stosunkowo proste ale wymagane jest uśrednianie nadawy, przygotowywanie obciążnika, straty obciążnika i.t.d. Należy też przeprowadzić szczegółową analizę kosztów inwestycyjnych i kosztów ruchomych obu sposobów wzbogacania.

Pełne analizy technologiczne i ekonomiczne muszą być podstawą wyboru sposobu wzbogacania miałów węgla kamiennych. Skutki błędnego wyboru urządzeń wzbogacających mogą przynosić kopalni (zakładowi przerobczemu) straty rzędu nawet wielu milionów złotych. Może to mieć istotny wpływ na rentowność zakładu górniczego.

## Literatura

- [1] BLASCHKE W., TARNAWSKA K., 2007 – Wpływ dokładności wzbogacania w zakładach przerobczych na wyniki ekonomiczne kopalń węgla kamiennego. *Polityka Energetyczna*, t. 10, z. spec. 2.
- [2] BLASCHKE W., BLASCHKE S., ALEKSA H., WIERZCHOWSKI K., 2008 – Analiza wpływu dokładności wzbogacania (imperfekcja) na wartość produkcji węgla energetycznego. *Polityka Energetyczna*, t. 11, z. 1.
- [3] BLASCHKE W., 1970 – Ekonomiczna sprawność wzbogacania węgla energetycznego. *Przegląd Górniczy* t. XXVI, nr 7–8.
- [4] BLASCHKE W., BLASCHKE S., GRUDZIŃSKI Z., MOKRZYCKI E., OLKUSKI T., RŻANY J., 2002 – Opłacalność wzbogacania wynikająca ze struktur cenowych formuł sprzedażnych i właściwości technologicznych energetycznego węgla kamiennego. *Inżynieria Mineralna* z. S.2 (8).
- [5] NGUYEN THI THUY LINH, 2009 – Ekonomiczne kryterium wyboru sposobu wzbogacania węgla kamiennych. Praca dyplomowa. Katedra Przeróbki Kopalni i Utylizacji Odpadów. Wydz. Górnictwa i Geologii. Politechnika Śląska. Gliwice.

Wiesław BLASCHKE, Nguyen THI THUY LINH, Grzegorz CZARNY

## Economic criterion of choosing the way of coking coal fines beneficiation

### Abstract

Coking coal fines are beneficiated in jigs or in dense media cyclones. The choice beneficiation equipment depends on investor or preparation plant design engineer. In Poland jigs are preferred while in other countries (like Australia, United States, South Africa) mainly dense media cyclones are used. Beneficiation of two exemplary coals in equipment of different accuracy of separation, measured by imperfection factors, has been analysed in the paper. Different economic effects resulting from beneficiation accuracy has been shown. Attention has been put on the impact of coal technological characteristics (washability curves) on beneficiation effects achieved at assumed quality parameters of coking coal concentrates. It has been stated that the choice of beneficiation method (jigs or dense media cyclones) should be based on economic effects for specific (given) coals.

KEY WORDS: coking coal, beneficiation, economic effects

