

12

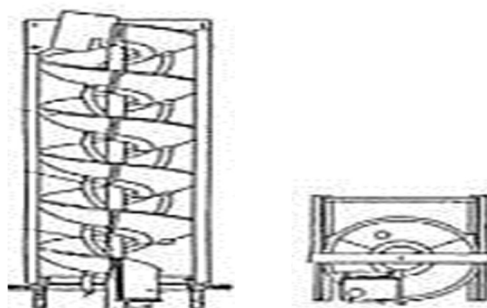
LABORATORYJNO-STATYSTYCZNA OCENA SKUTECZNOŚCI WZBOGACANIA MUŁÓW WĘGLOWYCH W WZBOGACALNIKU SPIRALNO-ZWOJOWYM TYPU REICHERT LD-4

12.1 WPROWADZENIE

Urobek węglowy wydobywany na powierzchnię kopalni w oparciu o zastosowaną technologię eksploatacji złoża, stanowi mieszaninę ziarn zróżnicowanych wielkościowo w przedziale od kilkudziesięciu milimetrów do kilku mikronów. Mieszanina ta składa się z ziaren węgla, skały płonnej, przerostów węglowo-kamiennych oraz łupków węglowych. W chwili obecnej, wartość użytkowa jaką przedstawia wydobyty z dołu kopalni urobku napotyka na małe zainteresowanie ze strony potencjalnych nabywców, z uwagi na stosunkowo dużą zawartość skały płonnej w stosunku do ziarn użytecznych (węglowych) [1]. Nadmierna ilość skały płonnej trafiającej do urobku wynika z przybierania zarówno stropu jak i spągu podczas urabiania złoża. Skałę płonną od ziarn użytecznych oddziela się przy zastosowaniu tzw. procesów wzbogacania. Procesy te mogą być prowadzone w ośrodku wodnym jak i powietrznym, jednakże mając na uwadze bardzo małą dokładność wzbogacania aerodynamicznego (wysokie wartości wskaźnika imperfekcji), w krajowych technologiach wzbogacania grawitacyjnego za główne medium, w jakim zachodzi proces rozdziału przyjmuje się ośrodek wodny [3, 6]. Najdrobniejsze ziarna w klasie < 1 mm, nazywane potocznie mułami, powstają w wyniku prowadzenia procesów wzbogacania. Muły węglowe charakteryzują się nie najlepszymi parametrami jakościowymi tzn. niską wartością opałową oraz wysoką zawartością popiołu [4]. Zważywszy na fakt, iż produkty mułowe posiadają pewien potencjał energetyczny, zasadnym wydaje się podjęcie działań zmierzających do jego całkowitego odzysku [2, 10, 14]. Proces poprawy jakości mułów węglowych prowadzić można poprzez wykorzystanie metod wzbogacania grawitacyjnego tj. wzbogacanie na stołach koncentracyjnych, wzbogacalnikach spiralnych zwojowych czy też wzbogacanie flotacyjne [5, 7, 8, 11]. Mając na uwadze uwarunkowania ekonomiczne przebiegu procesu wzbogacania, najtańszą z wyżej wymienionych metod rozdziału jest wzbogacanie na wzbogacalnikach spiralnych zwojowych.

12.2 CHARAKTERYSTYKA WZBOGACALNIKÓW SPIRALNYCH ZWOJOWYCH

Wzbogacalniki spiralne zwojowe przeznaczone są do wzbogacania w płynącej strudze wody roboczej drobnouziarnionych kopalin stałych tj. rudy żelaza, rudy metali kolorowych, złota, srebra itd. W urządzeniach tego typu można też prowadzić proces wzbogacania drobnych ziarn węgla oraz procesy wzbogacania wtórnego odpadów poflotacyjnych jak i odpadów pochodzących z innych procesów wzbogacania. Wielkość ziaren kopalin kierowanych do wzbogacania w spiralach wynosi od 0,05 do 3,0 mm [12, 13]. Wzbogacalnik spiralny zwojowy przedstawiony na rysunku 12.1, zbudowany jest z koryta o przekroju przypominającym koło, parabolę lub inny kształt, zwiniętego śrubowo wokół pionowej osi. Przyjmuje się, iż głównymi parametrami konstrukcyjnymi jakie charakteryzują budowę wzbogacalnika są skok zwoju linii śrubowej oraz geometrii (profil poprzecznego przekroju koryta roboczego) i długość helisy.



Rys. 12.1 Wzbogacalnik spiralny zwojowy

Źródło: [1]

12.3 METODYKA BADAŃ

Badania możliwości poprawy parametrów jakościowych mułów węglowych przeprowadzono na wzbogacalniku spiralnym zwojowym typu Reichert LD4. Analizie poddano trzy rodzaje mułów zróżnicowanych pod względem jakościowym. Analizowane muły nazwano kolejno Muł 1, Muł 2, Muł 3. Przed skierowaniem na wzbogacalnik muły poddano analizie ilościowo-jakościowej, otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 12.1.

Tabela 12.1 Analiza ilościowo-jakościowa mułów surowych

Klasa ziarnowa d [mm]	Muł 1		Muł 2		Muł 3	
	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]
>0.75	41,32	21,17	55,89	44,06	52,21	23,01
0.7-0.5	32,11	32,50	7,84	44,98	7,77	16,14
0.5-0.315	31,88	21,65	7,42	41,51	5,82	19,35
0.315-0.2	33,32	13,27	19,61	40,83	14,02	20,14
0.2-0.1	30,17	17,41	3,73	39,81	6,47	23,59
< 0.1	27,73	14,01	5,51	48,00	13,71	32,94

Źródło: opracowanie własne

Analizując dane zawarte w tabeli 12.1, zauważyć można, że Muł 2 w odniesieniu do dwóch pozostałych materiałów, cechuje się najgorszymi parametrami jakościowymi (najwyższa zawartość popiołu) w wszystkich analizowanych klasach ziarnowych. Zapocielenie poszczególnych klas ziarnowych Mułu 1 i Mułu 3 występuje w zbliżonych wartościach, wyjątek stanowią klasy ziarnowe 0.2-0.1mm i < 0.1mm Mułu 1, gdzie zawartość popiołu sięga rzędu kilku procent. Znając zawartości popiołu w poszczególnych klasach ziarnowych w badanych mułach surowych, skierowano je do wzbogacania na wzbogacalniku spiralnym zwojowym typu Reichert LD4.

Wzbogacanie mułów przeprowadzono w zależności od zmieniającego się zagęszczenia nadawy wynoszącej kolejno $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$ i $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$. Na taki dobór zagęszczenia nadawy wpłynęły przeprowadzone serie próbne mające na celu optymalny dobór parametrów technologicznych rozdziału. Nadawę na spiralę Reichert LD4 skierowano bez wstępnego odilania w celu sprawdzenia wpływu podwyższonej ilości iłw na proces rozdziału. Nadawę na wzbogacalnik podawano ze zbiornika nadawczego wyposażonego w mieszadło mechaniczne oraz aerator. W wyniku wzbogacania nadawy uzyskano trzy produkty rozdziału tzn. koncentrat, półprodukt i odpad, z których pobrano próby do analizy technicznej. Analizę ilościowo-jakościową wzbogaconych mułów (Muł 1, Muł 2, Muł 3) dla zagęszczenia $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$ i $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$ przedstawiono w tabelach 12.2-12.7.

Tabela 12.2 Analiza ilościowo-jakościowa produktów wzbogacania Mułu 1 dla zagęszczenia nadawy $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat		Półprodukt		Odpad	
	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]
>0.75	67,45	14,51	35,73	37,66	41,41	62,76
0.7-0.5	13,20	12,89	18,48	59,94	19,46	54,31
0.5-0.315	5,03	14,91	12,11	20,52	10,97	42,81
0.315-0.2	5,42	13,21	16,63	26,43	14,70	45,77
0.2-0.1	2,26	15,32	6,57	22,45	4,35	59,73
< 0.1	6,64	35,35	10,47	29,23	9,11	64,22

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.3 Analiza ilościowo-jakościowa produktów wzbogacania Mułu 1 dla zagęszczenia nadawy $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat		Półprodukt		Odpad	
	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]
>0.75	70,20	12,42	43,66	31,14	44,95	70,38
0.7-0.5	13,00	8,97	23,34	17,47	10,10	57,13
0.5-0.315	4,60	10,22	11,06	14,65	11,75	63,45
0.315-0.2	4,80	11,09	12,11	15,67	4,95	58,78
0.2-0.1	1,40	12,17	3,56	16,80	11,75	69,46
< 0.1	6,00	30,06	6,27	34,16	16,49	78,89

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.4 Analiza ilościowo-jakościowa produktów wzbogacania Mułu 2 dla zagęszczenia nadawy $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat		Półprodukt		Odpad	
	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]
>0.75	62,93	43,33	43,66	44,71	33,02	52,01
0.7-0.5	7,54	42,55	23,34	42,82	19,29	45,61
0.5-0.31.5	3,46	37,60	11,06	45,97	12,54	46,26
0.315-0.2	7,94	36,55	12,11	43,40	17,77	45,00
0.2-0.1	7,54	39,77	3,56	48,21	6,48	46,62
< 0.1	10,59	42,42	6,27	47,76	10,90	47,89

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.5 Analiza ilościowo-jakościowa produktów wzbogacania Mułu 2 dla zagęszczenia nadawy $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat		Półprodukt		Odpad	
	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]
>0.75	59,51	40,12	44,95	47,76	43,12	53,37
0.7-0.5	9,31	41,66	10,10	38,31	9,86	48,30
0.5-0.31.5	3,04	37,76	11,75	42,31	5,13	61,59
0.315-0.2	9,72	33,32	4,95	36,17	11,70	53,60
0.2-0.1	4,66	35,64	11,75	39,73	5,75	60,22
< 0.1	13,77	43,82	16,49	46,22	24,44	65,56

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.6 Analiza ilościowo-jakościowa produktów wzbogacania Mułu 3 dla zagęszczenia nadawy $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat		Półprodukt		Odpad	
	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]
>0.75	17,39	24,12	8,07	63,91	13,72	30,98
0.7-0.5	7,72	7,91	10,04	10,09	14,19	55,09
0.5-0.31.5	7,23	10,91	10,62	15,50	11,49	16,22
0.315-0.2	21,12	14,78	29,12	13,88	28,13	19,74
0.2-0.1	12,19	31,74	12,95	57,21	9,66	23,40
< 0.1	34,35	32,91	29,20	39,69	22,82	50,44

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.7 Analiza ilościowo-jakościowa produktów wzbogacania Mułu 3 dla zagęszczenia nadawy $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat		Półprodukt		Odpad	
	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]	Wychód Y [%]	Zawartość popiołu A ^a [%]
>0.75	15,55	16,54	27,73	29,61	26,12	68,38
0.7-0.5	12,48	10,68	12,84	25,75	11,61	58,77
0.5-0.315	6,55	11,22	11,68	21,26	8,90	57,93
0.315-0.2	23,96	14,56	26,06	28,89	26,06	62,50
0.2-0.1	14,79	22,70	4,53	26,45	6,23	65,38
< 0.1	26,67	31,72	17,17	36,32	21,09	71,19

Źródło: opracowanie własne

Analiza procesu wzbogacania trzech badanych mułów przy zadanych zagęszczeniach nadawy pokazuje, że najlepsze wyniki uzyskano dla koncentratu Mułu 1 i zagęszczenia nadawy $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$. Podobne rezultaty uzyskano dla koncentratu Mułu 3 i zagęszczenia nadawy $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$. Koncentraty Mułu 1 i Mułu 3 dla zagęszczenia $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$ charakteryzują się wyższą zawartością popiołu w poszczególnych klasach ziarnowych. Wpływ na to zjawisko ma najprawdopodobniej zbyt duża ilość fazy stałej w nadawie i co się z tym wiąże występowanie niekorzystnego przebiegu procesu rozdziału ziarn, jaki zachodzi na skutek skrepowanej prędkości opadania. Zawartość popiołu w półproduktach Mułu 1 i Mułu 3 sugeruje, że konieczne jest poddanie tych produktów wzbogacaniu wtórnemu z uwagi na pewną zawartość w nich ziarn kopaliny użytecznej. W przypadku Mułu 2 stwierdzono bardzo znikomą poprawę wartości użytkowej dla obydwu zagęszczeń nadawy. Najwyraźniej w przypadku tego materiału, wcześniej prowadzone na nim procesy wzbogacania były na tyle dokładne, że w klasach ziarnowych tego mułu pozostały już tylko ziarna skały płonnej.

12.4 ANALIZA STATYSTYCZNA PRAWIDŁOWOŚCI PRZEBIEGU PROCESU WZBOGACANIA MUŁÓW NA WZBOGACALNIKU SPIRALNYM

Przedmiotem analiz statystycznych były dane określające jakość nadaw kierowanych do wzbogacania oraz otrzymanych produktów rozdziału tj.: koncentratów, półproduktów i odpadów. Analizy przeprowadzono w odniesieniu do zmian zawartości popiołu w poszczególnych produktach wzbogacania. W tabelach 12.8-12.13 wyznaczono najważniejsze parametry statystyczne, takie jak wartość średnia i wariancja. Dokonano również analizy punktów odstających.

Tabela 12.8 Statystyki nadawy i produktów wzbogacania Mułu 1 dla $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$

	Nadawa	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
Wartość średnia	20,00	17,70	32,70	54,93
Wariancja	49,63	75,72	214,32	80,34
min	13,27	12,89	20,52	42,81
max	32,50	35,35	59,94	64,22

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.9 Statystyki nadawy i produktów wzbogacania Mułu 1 dla $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$

	Nadawa	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
Wartość średnia	20,00	14,15	21,65	66,35
Wariancja	49,63	62,34	74,48	66,77
min	13,27	8,97	14,65	57,13
max	32,50	30,06	34,16	78,89

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.10 Statystyki nadawy i produktów wzbogacania Mułu 2 dla $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$

	Nadawa	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
Wartość średnia	43,20	40,37	45,48	47,23
Wariancja	9,39	8,08	4,98	6,45
min	39,81	36,55	42,82	45,00
max	48,00	43,33	48,21	52,01

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.11 Statystyki nadawy i produktów wzbogacania Mułu 2 dla $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$

	Nadawa	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
Wartość średnia	43,20	38,72	41,75	57,11
Wariancja	9,39	15,23	20,68	40,99
min	39,81	33,32	36,17	48,30
max	48,00	43,82	47,76	65,56

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.12 Statystyki nadawy i produktów wzbogacania Mułu 3 dla $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$

	Nadawa	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
Wartość średnia	22,53	20,40	33,38	32,65
Wariancja	33,29	15,32	56,43	26,94
min	16,14	7,91	10,09	16,22
max	32,94	32,91	63,91	55,09

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.13 Statystyki nadawy i produktów wzbogacania Mułu 3 dla $\beta=300 \text{ g/dm}^3$

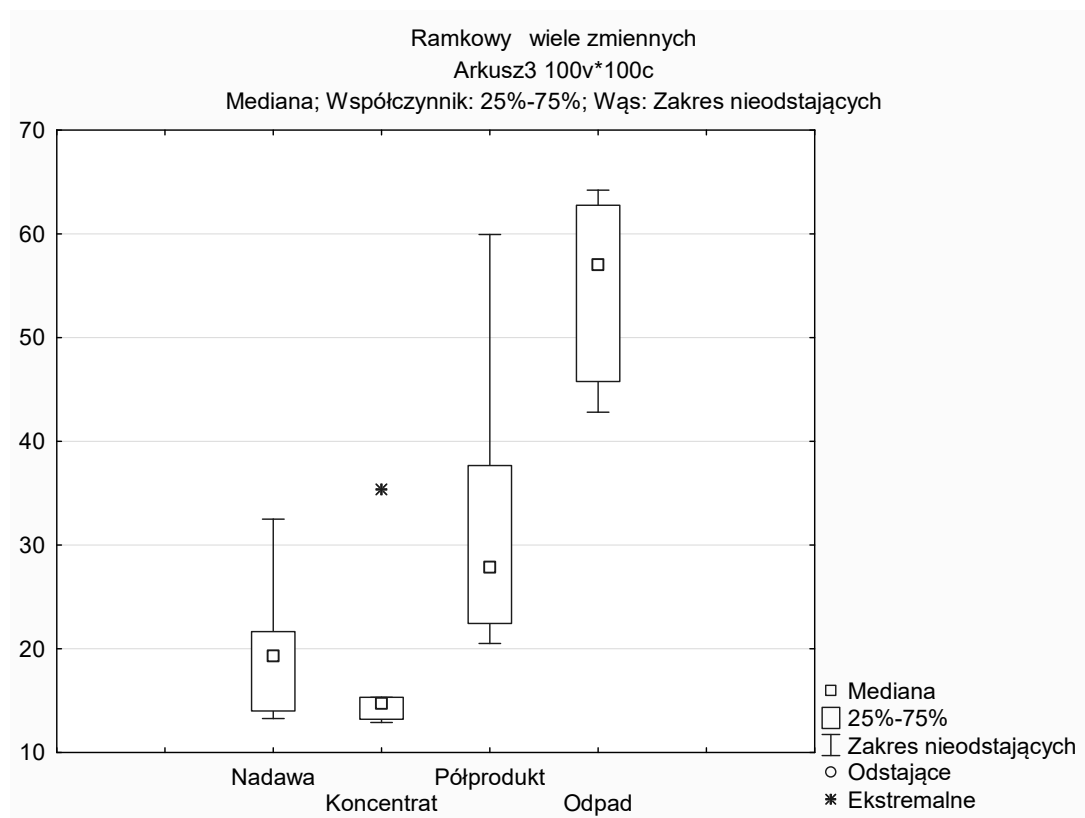
	Nadawa	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
Wartość średnia	22,53	17,90	28,05	64,03
Wariancja	33,29	64,76	25,10	27,85
min	16,14	10,68	21,26	57,93
max	32,94	31,72	36,32	71,19

Źródło: opracowanie własne

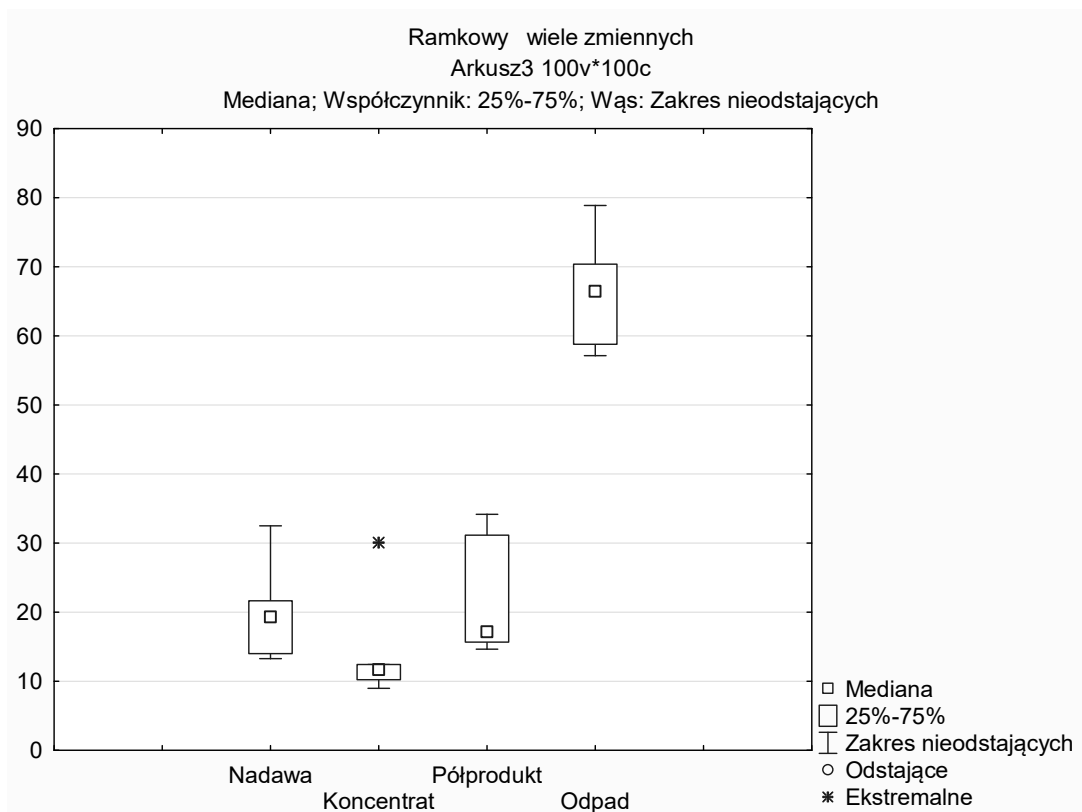
Na podstawie danych zawartych w tabelach 12.8-12.13 jakie uzyskano w oparciu o wyznaczenie parametrów statystycznych (wartość średnia, wariancja, wartość minimalna i maksymalna), stwierdza się, że najmniejszą wartość średnią popiołu

uzyskano dla koncentratu Mułu 1 i $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$ oraz $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$. W przypadku Mułu 3 zauważa się poprawę jakościową koncentratu w stosunku do nadawy, jednakże średnia zawartość popiołu znajduje się na wyższym poziomie niż w koncentracie Mułu 1. Analizując średnie zawartości popiołu w półproduktach Mułu 1 i Mułu 3 stwierdza się, iż proces wzbogacania w odniesieniu do produktów wzbogacania jest mało efektywny z uwagi na niewielką różnicę wartości średniej popiołu półproduktu w stosunku do średniej zawartości popiołu w nadawie. W przypadku Mułu 2 zauważa się, że dla analizowanych zagęszczeń $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$ i $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$ i wyznaczonych parametrów statystycznych proces polepszania wartości użytkowych jest mało skuteczny (świadczy o tym analiza wariancji produktów rozdziału i nadawy).

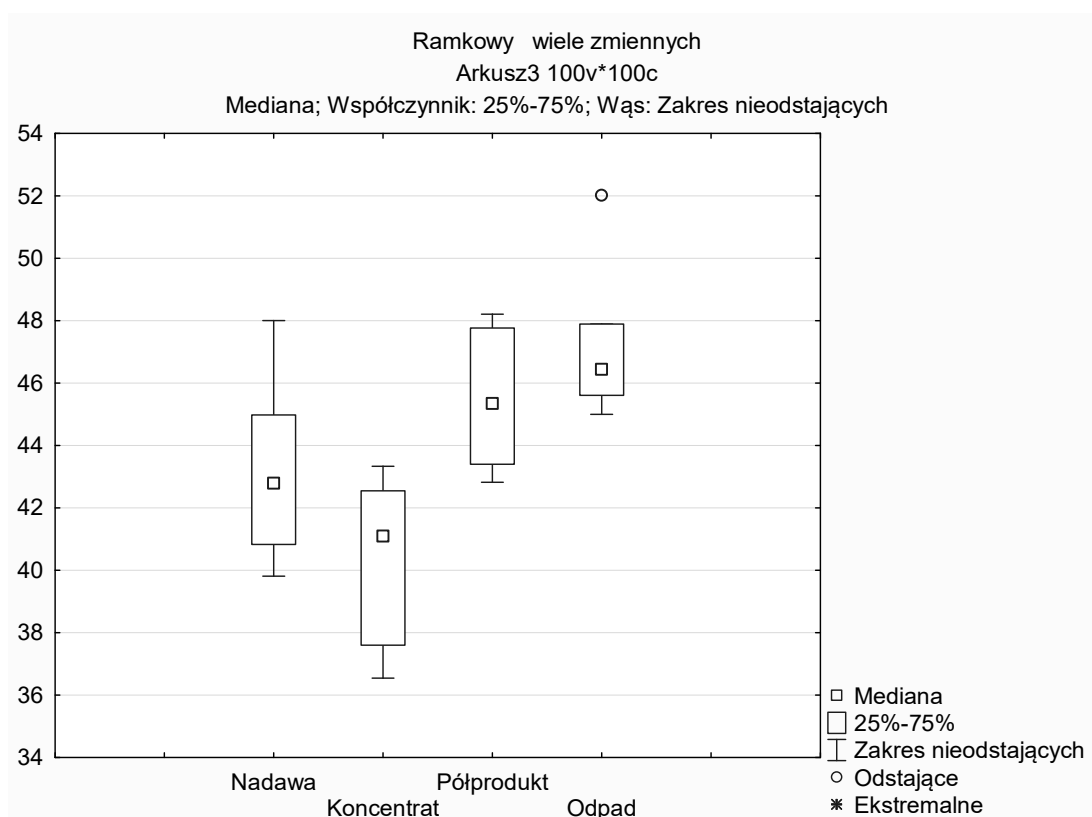
Na rysunkach 12.2-12.7 pokazano relację uzyskanych produktów w odniesieniu do nadawy.



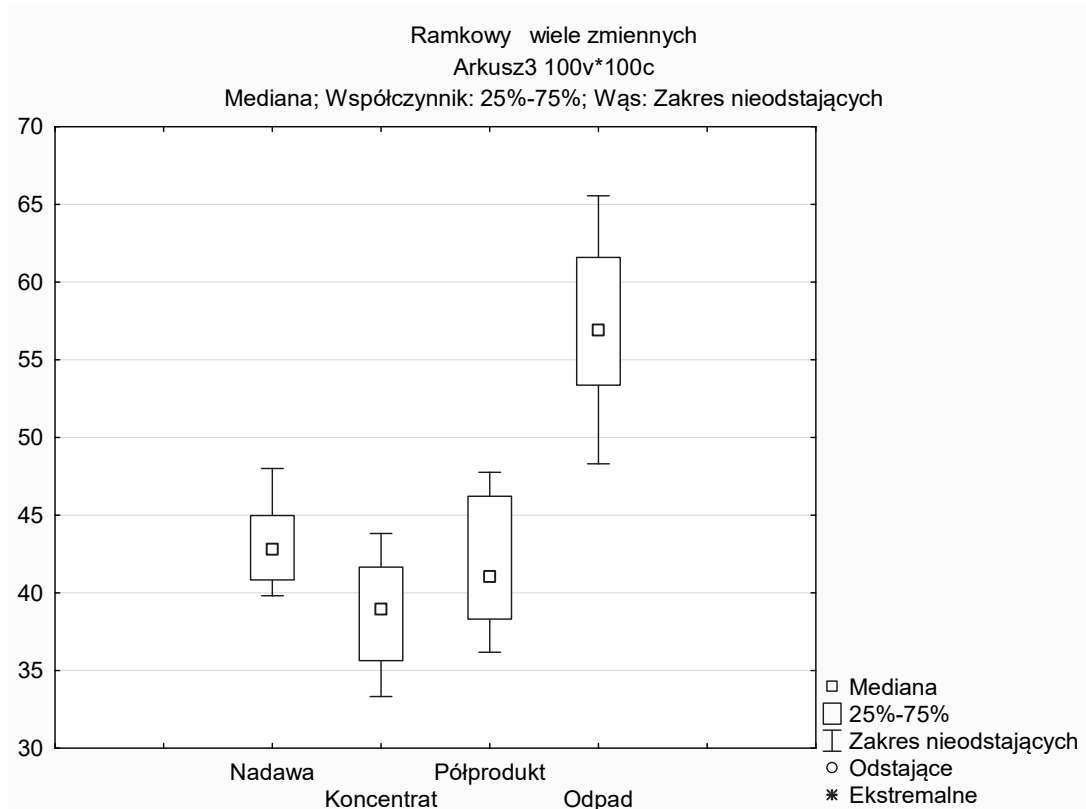
Rys. 12.2 Wykres ramkowy dla nadawy i produktów wzbogacania Mułu 1 dla $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$



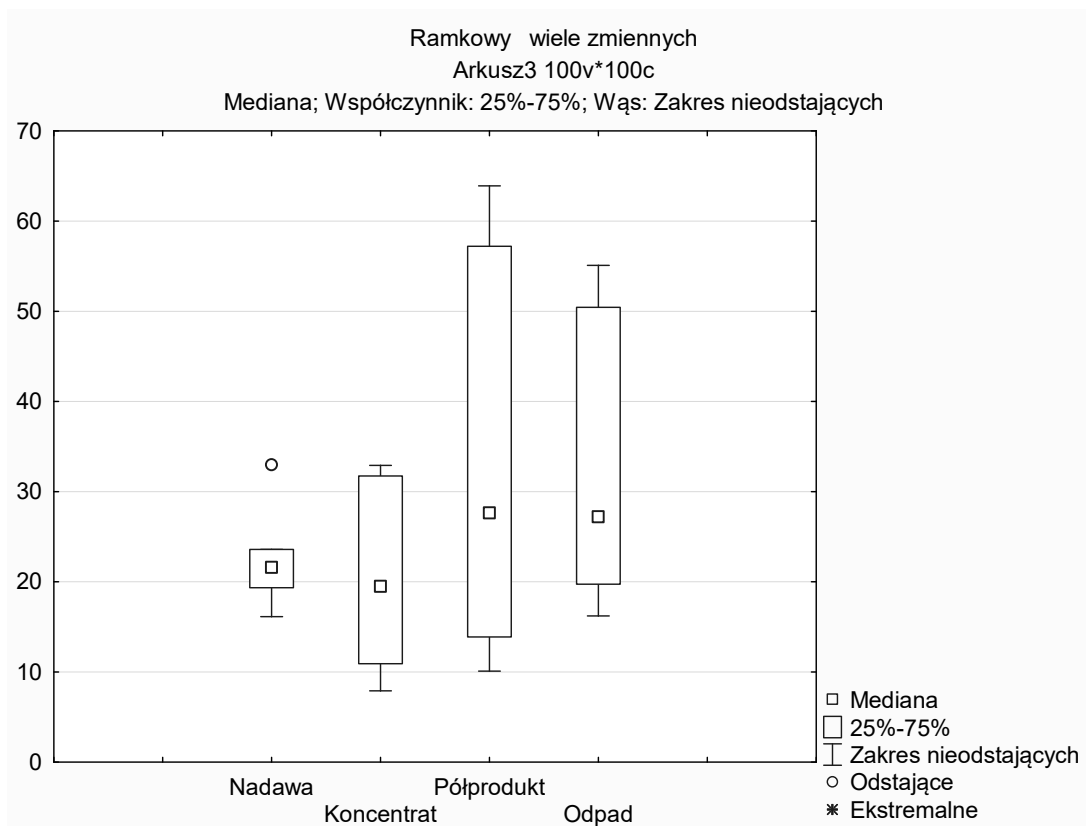
Rys. 12.3 Wykres ramkowy dla nadawy i produktów wzbogacania Muł 1 dla $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$



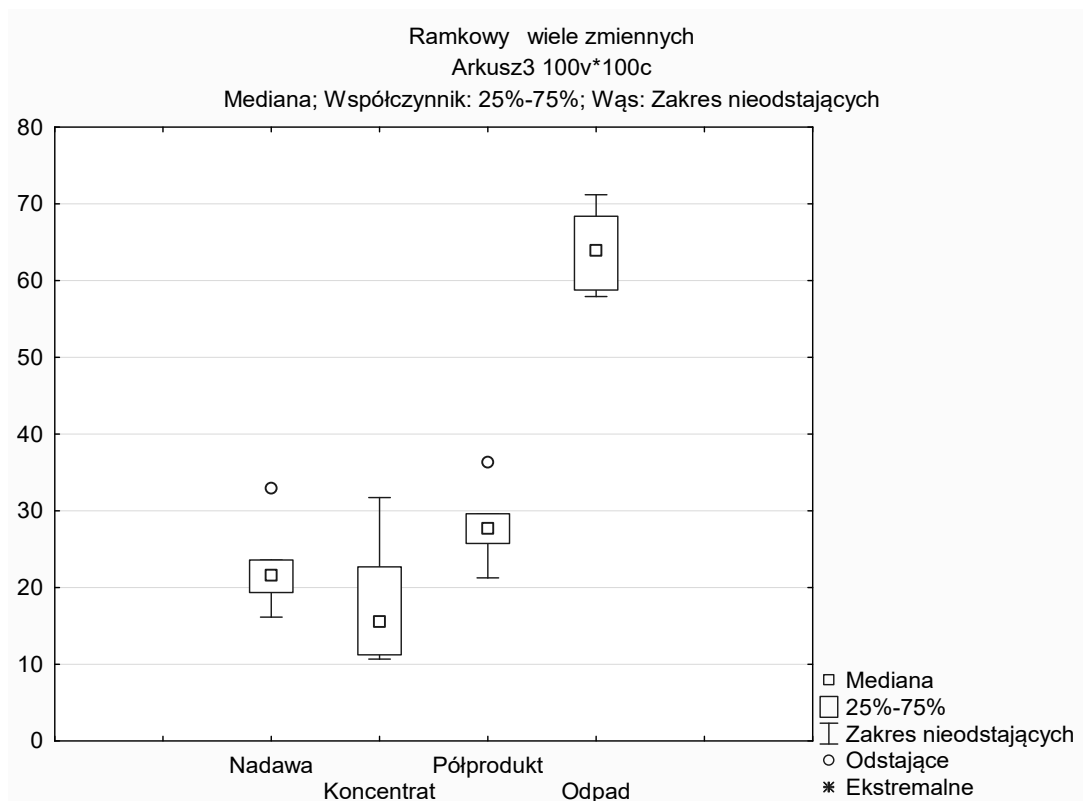
Rys. 12.4 Wykres ramkowy dla nadawy i produktów wzbogacania Muł 2 dla $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$



Rys. 12.5 Wykres ramkowy dla nadawy i produktów wzbogacania Mułu 2 dla $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$



Rys. 12.6 Wykres ramkowy dla nadawy i produktów wzbogacania Mułu 3 dla $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$



Rys. 12.7 Wykres ramkowy dla nadawy i produktów wzbogacania Mułu 3 dla $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$

Na podstawie danych zawartych w tabelach 12.812.13 wyznaczono współczynniki korelacji zawartości popiołu danego produktu wzbogacania a klasą ziarnową (tabela 12.14-12.19).

Tabela 12.14 Współczynniki korelacji wyznaczone na podstawie wzajemnych relacji pomiędzy zawartością popiołu w wybranych klasach ziarnowych produktów rozdziału i $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$ Mułu 1

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
>0.75	-0,5629	0,5633	0,3459
0.7-0.5			
0.5-0.315			
0.315-0.2			
0.2-0.1			
< 0.1			

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.15 Współczynniki korelacji wyznaczone na podstawie wzajemnych relacji pomiędzy zawartością popiołu w wybranych klasach ziarnowych produktów rozdziału i $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$ Mułu 1

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
>0.75	-0,53929	0,3247	-0,3237
0.7-0.5			
0.5-0.315			
0.315-0.2			
0.2-0.1			
< 0.1			

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.16 Współczynniki korelacji wyznaczone na podstawie wzajemnych relacji pomiędzy zawartością popiołu w wybranych klasach ziarnowych produktów rozdziału I $\beta = 350\text{g/dm}^3$ Mułu2

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
>0.75	0,421804	-0,61677	0,562278
0.7-0.5			
0.5-0.315			
0.315-0.2			
0.2-0.1			
< 0.1			

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.17 Współczynniki korelacji wyznaczone na podstawie wzajemnych relacji pomiędzy zawartością popiołu w wybranych klasach ziarnowych produktów rozdziału I $\beta = 300\text{g/dm}^3$ Mułu2

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
>0.75	0,35592	0,360654	-0,7063
0.7-0.5			
0.5-0.315			
0.315-0.2			
0.2-0.1			
< 0.1			

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.18 Współczynniki korelacji wyznaczone na podstawie wzajemnych relacji pomiędzy zawartością popiołu w wybranych klasach ziarnowych produktów rozdziału I $\beta = 350\text{g/dm}^3$ Mułu3

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
>0.75	-0,42329	0,33408	0,367966
0.7-0.5			
0.5-0.315			
0.315-0.2			
0.2-0.1			
< 0.1			

Źródło: opracowanie własne

Tabela 12.19 Współczynniki korelacji wyznaczone na podstawie wzajemnych relacji pomiędzy zawartością popiołu w wybranych klasach ziarnowych produktów rozdziału I $\beta = 300\text{g/dm}^3$ Mułu3

Klasa ziarnowa d [mm]	Koncentrat	Półprodukt	Odpad
>0.75	-0,6139	-0,38925	-0,38636
0.7-0.5			
0.5-0.315			
0.315-0.2			
0.2-0.1			
< 0.1			

Źródło: opracowanie własne

Korelację wyznaczono, zakładając poziom istotności wynoszący 0,05. Na podstawie tablicy statystycznej wyznaczono równanie, określające minimalną wartość współczynnika korelacji, która pozwala na stwierdzenie, że pomiędzy danymi istnieje korelacja [9, 15]:

$$R = -0,209 \cdot \ln(n) + 1,0669$$

gdzie:

n - oznacza liczbę stopni swobody.

Obliczono, że dla istniejącego zbioru parametrów wzbogacania minimalna wartość współczynnika korelacji powinna wynosić 0,31 (n = 36). Dla wszystkich produktów warunek ten został spełniony.

W wyniku przeprowadzonych analiz potwierdzono fakt istnienia korelacji pomiędzy wzbogacaniem węgla a zawartością popiołu w poszczególnych klasach ziarnowych produktów wzbogacania.

12.5 WNIOSKI

Przeprowadzony proces wzbogacania mułów na wzbogacalniku spiralnym pokazuje, że istnieje możliwość poprawy wartości użytkowej produktów (mułów) uważanych często za nieużyteczne odpady. Możliwość taka uzależniona jest od stanu początkowego nadawy tzn. zawartości popiołu i ilości iłów w materiale jak i od prawidłowo dobranych parametrów technologicznych procesu rozdziału. Przedmiotem analiz statystycznych były dane określające jakość nadaw, koncentratów, półproduktów oraz odpadów. Analizowano je pod kątem zawartości popiołu. Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdziła związek pomiędzy parametrami technologicznymi procesu wzbogacania, a uzyskanymi produktami. W wyniku przeprowadzonych analiz potwierdzono również fakt istnienia korelacji pomiędzy wzbogacaniem a klasą ziarnową. Dobre, optymalne parametry procesu technologicznego pozwolą na ekonomicznie pozyskiwanie koncentratów z mułów.

LITERATURA

1. S. Blaschke. *Przeróbka mechaniczna kopalni*. Katowice: Wydawnictwo Naukowe Śląsk, 2001.
2. W. Blaschke. „Określenie wartości mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych.” *Rocznik Ochrona Środowiska, Annual Set the Environment Protection*, vol. III. s. 23/1-13, 2001.
3. W. Blaschke. „Problem głębokości wzbogacania węgla kamiennego energetycznego przed jego użytkowaniem w energetyce,” XXV Konferencja Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej, Zakopane, 2011.
4. W. Blaschke, I. Baic. „Problematyka depozytów mułów węglowych w Polsce.” *Polityka Energetyczna*, vol. XV, z. 3, pp. 211-219, 2012.
5. W. Blaschke, S. Blaschke. *Technika wzbogacania grawitacyjnego. Wzbogacalniki strumieniowe*. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, 1999.
6. W. Blaschke, I. Baic, Z. Grudziński. „Wstępne badania nad możliwością przewidywania parametrów jakościowych odpadów powstających w procesach wzbogacania węgla kamiennych.” *Rocznik Ochrona Środowiska, Annual Set the Environment Protection*, vol. XIII, pp. 1373-1383, 2011.
7. S. Błaszczński, J. Szpyrka, A. Świerkot-Kopała. „Badania odsiarczania mułów krajowych węgla energetycznych wybranymi metodami grawitacyjnymi.” *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo*, z. 250, pp. 91-112, 2001.

8. S. Błaszczński. „Wybrane technologie wzbogacania grawitacyjnego materiałów bardzo drobno uziarnionych.” *Inżynieria Mineralna*, zeszyt specjalny S.1 (7), pp. 118-132, 2002.
9. M. Duchnowska i in. „Wielowymiarowa analiza statystyczna wyników wzbogacania rudy miedzi w ZWR Polkowice.” *CUPRUM – Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud*, nr 2 (75), pp. 97-108, 2015.
10. A. Lutyński, I. Baic, M. Lutyński. „Potencjał energetyczny zdeponowanych mułów węglowych.” *Polityka Energetyczna*, vol. XV, z. 3, pp. 259-271, 2012.
11. M. Mazurek, A. Manowska, R. Jendruś. „Laboratoryjno-statystyczna analiza wpływu wybranych parametrów technologicznych stołu koncentracyjnego na proces wzbogacania mułu węglowego.” *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 32, z. 3, pp. 173-194, 2016.
12. R.G. Richards, D.M. MacHunter, P.J. Gates, M.K. Palmer. „Gravity separation of ultra-fine (> 0.1 mm) minerals using spiral separators.” *Minerals Engineering*, 13 (1), pp. 65-77, 2000.
13. R.G. Richards, J.L. Hunter, A.B. Holland-Batt. „Spiral concentrators for fine coal treatment.” *Coal Preparation*, 1, pp. 207-229, 1985.
14. J. Szpyrka, A. Lutyński. „Badanie wzbogacania depozytów mułów węglowych.” *Polityka Energetyczna*, vol. XV, z. 3, pp. 247-258, 2012.
15. W. Volk. *Statystyka stosowana dla inżynierów*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1973.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 10.2016

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2017

dr inż. Michał Mazurek

Politechnika Śląska,
Wydział Górnictwa i Geologii
Instytut Eksploatacji Złóż
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: michal.mazurek@polsl.pl

dr inż. Anna Manowska

Politechnika Śląska,
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Zarządzania
i Inżynierii Bezpieczeństwa
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: anna.manowska@polsl.pl

LABORATORYJNO-STATYSTYCZNA OCENA SKUTECZNOŚCI WZBOGACANIA MUŁÓW WĘGLOWYCH WE WZBOGACALNIKU SPIRALNO- ZWOJOWYM TYPU REICHERT LD-4

Streszczenie: W artykule przedstawiono rezultaty wzbogacania mułów węglowych na wzbogacalniku spiralnym zwojowym typu Reichert LD4. Proces wzbogacania mułów przeprowadzono dla zagęszczenia nadawy, wynoszącej $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$ i $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$. Przeprowadzone badania pokazały, że możliwe jest uzyskanie koncentratów mułowych o zawartości popiołu rzędu kilku do kilkunastu procent. Osiągnięcie założonego celu wymaga zweryfikowania tezy, czy wdrożenie optymalnego modelu technologicznego uczyni proces pozyskiwania koncentratów z mułów procesem ekonomicznie optymalnym.

Słowa kluczowe: wzbogacanie mułów, wzbogacalnik spiralny zwojowy, analiza statystyczna

LABORATORY AND STATISTICAL EFFICIENCY OF FINE COAL ENRICHMENT IN THE SPIRAL SEPARATOR REICHERT LD-4

Abstract: The article presents results of coal slurry enrichment using Reichert LD4 type spiral concentrator. Slurry enrichment process was performed for feed density of $\beta = 350 \text{ g/dm}^3$ and $\beta = 300 \text{ g/dm}^3$. The study has shown that it is possible to obtain slurry concentrates with ash content of few to dozen or so percent. Achieving the goal requires verification of thesis, which states that introduction of optimal technological model will make the process of slurry concentrate production economically viable.

Key words: coal slurry enrichment, spiral separator, statistical analysis