

Alicja NOWAK, Agnieszka SUROWIAK
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Ewa BIEROŃSKA
KWK „PIAST”

ANALIZA DWUSTOPNIOWEGO PROCESU WZBOGACANIA DROBNYCH KLAS ZIARNOWYCH MIAŁÓW WĘGLOWYCH W SEPARATORACH ZWOJOWYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badania przemysłowego procesu wzbogacania najdrobniejszych klas ziarnowych miałów węglowych w separatorach zwojowych. Podstawowym celem pracy była ocena efektywności wzbogacania – odsiarczania ziaren węgla o wielkości 2 – 0,1 mm w dwustadialnym układzie technologicznym, w którym produkt pośredni I stopnia rozdziału jest nadawą II stopnia wzbogacania.

Realizując założony cel badań, przeprowadzono opróbowanie produktów wzbogacania mułów węglowych w separatorach Reicherta w jednym z zakładów przeróbki węgla energetycznego. Wykonano analizy densymetryczne, granulometryczne i chemiczne pobranych próbek. Na podstawie wyników analiz określono skład gęstościowy produktów wzbogacania w separatorach zwojowych oraz rozkład zawartości popiołu i siarki w poszczególnych, wąskich klasach ziarnowych tych produktów. Z krzywych rozdziału wyznaczono wskaźniki ostrości separacji. Wyniki badań pozwoliły ocenić stopień odsiarczenia koncentratów mułowych i zasadność zastosowania do tego celu układów dwustadialnych.

THE ANALYSIS OF TWO-STADIAL BENEFICIATION PROCESS OF CULM FINE PARTICLE FRACTIONS IN SPIRAL SEPARATORS

Summary. The paper presents the results of industrial research over the culm finest particle fractions beneficiation in spiral separators. The main purpose of this work was to evaluate the efficiency of the beneficiation – desulphurization – of the coal particles of the size 2 – 0,1 mm in two-stadial technological system, in which the medium product of the 1st separation level is the feed to the 2nd one. On the basis of the densimetric, granulometric and chemical analyzes results, the evaluation of the efficiency of beneficiation process was done.

1. Wprowadzenie

Wzbogacanie - odsiarczanie węgla energetycznego prowadzone jest zazwyczaj metodami grawitacyjnymi, które umożliwiają równoczesne wydzielenie z węgla surowego zarówno skały płonnej, jak i pirytu albo zrostów pirytu z węglem. W zależności od wielkości wzbogacanej klasy ziarnowej stosowane są takie urządzenia, jak: separatory z cieczą ciężką, osadzarki, wzbogacalniki zwojowe, można też stosować wzbogacalniki strumieniowe, a także stoły koncentracyjne.

W procesie wzbogacania grawitacyjnego przez głębokość wzbogacania lub głębokość odsiarczania rozumie się gęstość rozdziału na koncentrat i odpady, przyjmując, że im gęstość ta jest niższa, tym głębiej wzbogacony – odsiarczony – jest węgiel, tzn. koncentrat charakteryzuje się niską zawartością popiołu i siarki. Wyniki badań pokazują jednak, że zawartość siarki w poszczególnych klasach ziarnowych i frakcjach gęstościowych nie jest funkcją rosnącą w zależności od gęstości. Rozkład siarki w klasofrakcjach może być przypadkowy, związany z genezą jej tworzenia się w węglu kamiennym.

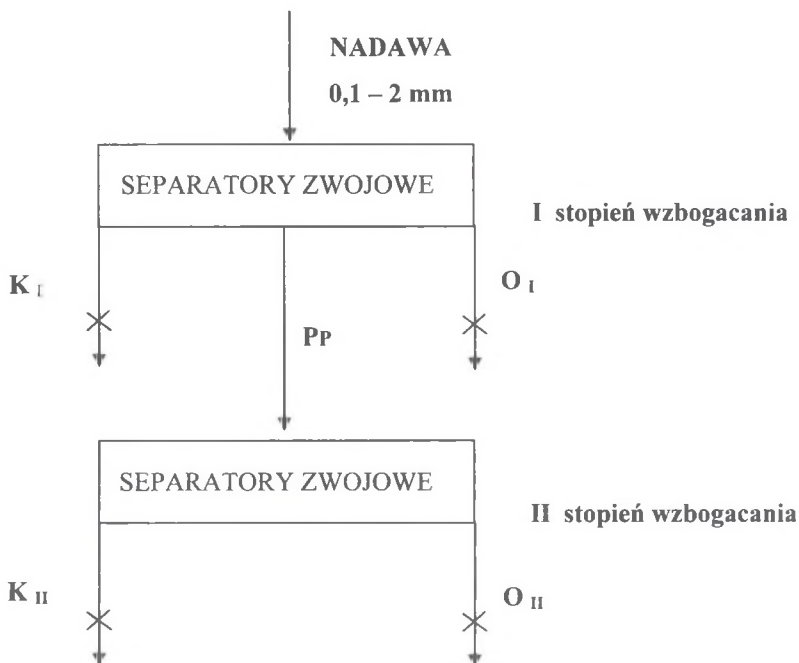
Siarka w węglu występuje w postaci siarki nieorganicznej - głównie w postaci siarczków, np. pirytu, markasytu i jako siarka organiczna wchodząca w skład związków bitumicznych. W procesie przeróbki mechanicznej można usunąć znaczną ilość siarki nieorganicznej i część siarki występującej w postaci organicznej. Jeżeli siarka występuje w postaci organicznej lub pirytowej rozproszonej w masie węglowej, to po procesie wzbogacania jej udział w koncentracie może być wyższy, niż był w nadawie. Ogólnie przyjmuje się, że w procesie wzbogacania usuwa się wraz z odpadami około 50% siarki całkowitej (Sztaba i Blaschke, 1995).

Szczególnym zagadnieniem jest problem wzbogacania najdrobniejszych mniejszych od 2 mm ziaren niskokalorycznych młodych geologicznie węgla energetycznych o wysokim stopniu zasiarczenia. Proces wzbogacania prowadzony jest w tym przypadku najczęściej w separatorach zwojowych. W projektach zakładano oddzielne wzbogacanie klas ziarnowych 2 - 0,5 mm i 0,5 - 0,04 mm w tych urządzeniach. W wielu zakładach wzbogacania miałów prowadzi się jednak dwustadialny proces rozdziału klasy 2 - 0,1 mm. Produkt pośredni I stopnia separacji stanowi nadawę stopnia II.

Analiza efektów wzbogacania w kolejnych stadiach procesu wraz z oceną zasadności stosowania dwustadialnej separacji klasy 2 - 0,1 mm we wzbogacalnikach zwojowych jest podstawowym celem wykonanych badań.

2. Metodyka wykonywania badań

Analizę efektów wzbogacania-odsierczania najdrobniejszych (2-0,1 mm) klas ziarnowych miału węglowego w separatorach zwojowych przeprowadzono, opierając się na wynikach oprobowania dwustadialnego układu technologicznego w jednym z zakładów przeróbki węgla energetycznego. Schemat technologiczny układu wzbogacania pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat dwustopniowego wzbogacania mułu węglowego w separatorach zwojowych Reicherta: x - opróbowane produkty rozdziału

Fig 1. The scheme of two-stadial culm beneficiation in Reichert spiral separators: x – sampled separation products

Pobierano próbki koncentratu i odpadów po pierwszym i drugim stopniu wzbogacania. Z każdego punktu pobrano po 10 próbek. Czas pobierania poszczególnych próbek był jednakowy i wynosił 15 s. W efekcie, po połączeniu próbek jednostkowych, z każdego punktu pomiarowego otrzymano jedną reprezentatywną próbkę. Każda z 4 próbek poddana została analizie densymetrycznej w wodnym roztworze chlorku cynku przy gęstościach 1,4; 1,5; 1,6; 1,7 [Mg/m³]. Otrzymane w ten sposób frakcje gęstościowe produktów rozdziału przesiewano na zestawie sit o otworach 2; 1,25; 1 i 0,5 mm. Następnie próbki tzw. klasofrakcji skierowano do analizy chemicznej w celu określenia w nich zawartości popiołu i siarki. Analizy chemiczne wykonano w laboratorium zakładu przeróbki węgla (Bierońska, 2007).

3. Analiza wyników badań

W tabelach 1 i 2 zestawiono otrzymane w wyniku przeprowadzonych analiz i obliczeń wychody frakcji densymetrycznych wąskich klas ziarnowych miazgi w nadawie i produktach wzbogacania (γ_{ji}) oraz zawartości popiołu (A_{ji}^a) i siarki ($S_{i,ji}^a$) w poszczególnych klasofrakcjach. Dane charakteryzujące nadawy kolejnych stopni rozdziału uzyskano w rezultacie obliczeń bilansowych (Stępiński, 1964). Podane wyniki pozwoliły wyznaczyć technologiczne wskaźniki wzbogacania klasy 2-0,1 mm dla każdego stopnia rozdziału w separatorach zwojowych. Średnie zawartości popiołu i siarki w nadawie i produktach wzbogacania przedstawiono w tabelach 3 i 4. Można zauważyć, że w I stopniu rozdziału z nadawy o zawartości popiołu $\sim 51\%$ i zawartości siarki $\sim 4\%$ uzyskuje się koncentrat o $A^a \approx 16\%$ i $S^a \approx 2\%$, a wartości parametrów produktu pośredniego i odpadów są do siebie zbliżone. Zawartości popiołu i siarki w odpadach są nieznacznie niższe niż w produkcie pośrednim. Jest to przypuszczalnie wynikiem nakładania się nieuniknionych niedokładności wykonywania analiz i pobierania próbek oraz burzliwego przepływu zawiesiny kierowanej do procesu rozdziału. Zjawisko takie zaobserwowano w trakcie pobierania próbek. Drugi stopień wzbogacania pozwala otrzymać koncentrat o średniej zawartości popiołu $\approx 27\%$ i siarki $\approx 1,8\%$. Wychody produktów wzbogacania wynoszą odpowiednio: $\gamma_{KI} = 31,63\%$, $\gamma_{OI} = 33,81\%$, $\gamma_{PPI} = 34,57\%$, $\gamma_{KII} = 2,35\%$ (w stosunku do całości materiału wzbogacanego w separatorach zwojowych wychód koncentratu II stopnia wzbogacania równa się $0,81\%$), $\gamma_{OII} = 97,65\%$ (w stosunku do całości materiału $\gamma_{OII} = 33,76\%$). W procesie odsiarczania drobnych klas ziarnowych miazg węglowych w separatorach zwojowych otrzymuje się więc łącznie $32,44\%$ koncentratu i $67,57\%$ odpadów. Zwraca uwagę bardzo niewielki wychód koncentratu II stopnia wzbogacania.

Na podstawie danych zamieszczonych w tabelach 3 i 4 obliczono współrzędne krzywych rozdziału. Badania innych autorów (Paul i inni, 1998) wykazały, że krzywe rozdziału z gęstością ziaren jako argumentem rozdziału są krzywymi asymetrycznymi i są dobrze aproksymowane przez rozkład Weibulla. Z tego względu rozkład ten dopasowano do empirycznej krzywej rozdziału. Wykresy dystrybucji krzywych rozdziału przedstawiono na rysunkach 2, 3 i 4. Na rysunku 2 pokazano krzywą rozdziału dla I stopnia wzbogacania przy połączeniu produktu pośredniego z odpadami. Rysunek 3 przedstawia krzywą rozdziału dla II stopnia separacji, a rysunek 4 krzywą rozdziału dla połączonych koncentratów i odpadów z I i II stopniem wzbogacania.

Krzywe ciągłe przedstawiają zależności modelowe wraz z zaznaczonymi punktami doświadczalnymi. Indeks korelacji krzywoliniowej jest większy od $0,93$, co świadczy o tym, że sposób dopasowania krzywej został wybrany poprawnie.

Wyliczone z krzywych rozdziału parametry dokładności rozdziału, tj. rozproszenie prawdopodobne i imperfekcję oraz gęstość separacji zaznaczono na rysunkach.

Tabela 1

Wyniki analiz densymetrycznych, granulometrycznych i chemicznych produktów
I stopnia wzbogacania

		KONCENTRAT			ODPADY			PRODUKT POŚREDNI			NADAWA		
	ρ_i	γ_{kji}	A^a_{kji}	$S^a_{t\ kji}$	γ_{oji}	A^a_{oji}	$S^a_{t\ oji}$	γ_{ppji}	A^a_{ppji}	$S^a_{t\ ppji}$	γ_{nji}	A^a_{nji}	$S^a_{t\ nji}$
	Mg/m^3	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2-2 mm	<1,4	81,55	6,16	1,03	56,69	5,9	0,88	0,00	0,00	0,00	75,20	3,94	0,62
	1,4 – 1,5	5,07	17,3	1,47	4,71	61,97	1,91	0,00	0,00	0,00	4,97	26,42	1,11
	1,5 – 1,6	1,72	18,31	1,44	2,01	78,87	1,98	0,00	0,00	0,00	1,80	32,46	1,12
	1,6 – 1,7	0,83	47,5	5,15	0,96	78,11	5,03	0,00	0,00	0,00	0,86	41,43	3,33
	> 1,7	10,84	68,5	7,75	35,63	70,19	6,33	0,00	0,00	0,00	17,17	45,39	4,59
	Σ	100	14,03	1,82	100	33,61	2,93	0,00	0,00	0,00	100,00	15,80	1,57
2-1,25mm	<1,4	85,41	6,16	0,96	22,99	5,9	0,83	6,04	6,07	0,93	58,89	6,04	0,91
	1,4 – 1,5	5,11	13,4	1,27	3,75	66,6	1,78	0,48	11,78	1,18	4,08	30,83	1,41
	1,5 – 1,6	1,1	15,41	1,47	1,85	70,06	1,92	0,49	72,75	1,78	1,17	53,71	1,73
	1,6 – 1,7	0,72	51,11	8,75	1,73	79,09	4,03	0,84	83,39	4,26	0,97	71,73	5,60
	> 1,7	7,66	72,1	11,75	69,68	75,9	8,63	92,15	77,05	7,54	34,88	75,09	9,24
	Σ	100	12,01	1,86	100	59,41	6,38	100,00	73,25	7,17	100,00	49,21	5,22
1,25-1mm	<1,4	80,36	7,11	1,03	20,55	5,7	0,83	5,06	5,75	1,02	37,98	6,16	0,96
	1,4 – 1,5	6,47	13,6	1,18	5,01	67,95	1,47	0,96	11,10	1,32	4,16	31,11	1,33
	1,5 – 1,6	1,65	17,16	1,62	1,72	79,25	2,0	0,45	69,71	1,68	1,25	56,32	1,77
	1,6 – 1,7	0,86	52,42	6,01	2,35	85,75	5,81	0,80	80,45	4,56	1,24	73,38	5,44
	> 1,7	10,67	75,4	10,51	70,38	81,95	7,81	92,73	78,07	6,63	55,36	78,54	8,26
	Σ	100	15,37	2,1	100	65,63	5,91	100,00	74,04	6,30	100,00	52,64	4,84
1-0,5mm	<1,4	17,89	7,96	1,03	4,84	4,8	0,74	5,95	4,87	0,85	6,46	5,82	0,87
	1,4 – 1,5	32,7	14,4	1,63	4,03	69,2	1,14	2,45	10,94	1,27	5,53	31,73	1,34
	1,5 – 1,6	7,6	18,86	1,73	1,22	78,3	1,34	1,65	74,75	1,58	1,95	58,28	1,55
	1,6 – 1,7	3,57	55,87	7,03	1,34	83,24	3,35	1,63	79,64	2,90	1,67	73,34	4,36
	> 1,7	38,24	78,9	7,93	88,57	85,24	6,35	88,31	80,11	6,00	84,39	81,46	6,73
	Σ	100	39,73	4,13	100	80,59	5,77	100,00	73,09	5,43	100,00	65,08	5,14
< 0,5mm	<1,4	68,07	13,9	1,13	23,48	5,7	0,74	8,41	5,85	0,96	23,85	8,35	0,94
	1,4 – 1,5	15,88	10,8	1,13	7,34	72,26	0,74	4,37	12,53	0,96	7,37	32,18	0,94
	1,5 – 1,6	6,01	16,82	1,4	1,97	76,26	0,87	4,05	81,28	1,21	3,54	59,20	1,16
	1,6 – 1,7	2,87	60,18	4,18	2,06	81,81	2,82	4,25	77,81	2,21	3,17	73,59	3,04
	> 1,7	7,18	65,8	4,18	65,15	85,8	4,82	78,92	78,51	4,22	62,06	76,96	4,41
	Σ	100	18,64	1,45	100	65,73	3,44	100,00	70,66	3,63	100,00	52,54	2,88

Tabela 2

Wyniki analiz densymetrycznych, granulometrycznych i chemicznych
produktów II stopnia wzbogacania

		KONCENTRAT			ODPADY			NADAWA		
	ρ_i	γ_{kji}	A^a_{kji}	$S^a_{t kji}$	γ_{oji}	A^a_{oji}	$S^a_{t oji}$	γ_{ppji}	A^a_{ppji}	$S^a_{t ppji}$
	Mg/m ³	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2-1,25 mm	< 1,4	46,13	8,81	1,06	4,01	6	0,93	6,04	6,07	0,93
	1,4 – 1,5	0,99	8,04	1,27	0,45	11,87	1,18	0,48	11,78	1,18
	1,5 – 1,6	0,48	15,61	1,74	0,49	74,12	1,78	0,49	72,75	1,78
	1,6 – 1,7	7,87	50,17	2,25	0,48	84,19	4,31	0,84	83,39	4,26
	> 1,7	44,55	71,02	4,24	94,57	77,19	7,62	92,15	77,05	7,54
	Σ	100	39,8	2,58	100	74,06	7,28	100,00	73,25	7,17
	1,25-1 mm	< 1,4	31,37	7,81	1,13	4,03	5,7	1,02	5,06	5,75
1,4 – 1,5		0,72	6,62	1,16	0,97	11,21	1,32	0,96	11,10	1,32
1,5 – 1,6		0,44	14,16	1,52	0,45	71,05	1,68	0,45	69,71	1,68
1,6 – 1,7		3,85	51,32	2,54	0,68	81,15	4,61	0,80	80,45	4,56
> 1,7		63,62	74,58	3,31	93,87	78,15	6,71	92,73	78,07	6,63
Σ		100	51,98	2,57	100	74,57	6,39	100,00	74,04	6,30
1-0,5mm	< 1,4	50,16	7,86	1,23	5,8	4,8	0,84	5,95	4,87	0,85
	1,4 – 1,5	5,18	9,41	1,43	2,44	10,98	1,27	2,45	10,94	1,27
	1,5 – 1,6	3,88	17,76	1,61	1,64	76,12	1,58	1,65	74,75	1,58
	1,6 – 1,7	9,06	55,87	2,01	1,61	80,21	2,92	1,63	79,64	2,90
	> 1,7	31,72	79,91	4,13	88,51	80,11	6,05	88,31	80,11	6,00
	Σ	100	35,53	2,25	100	73,99	5,51	100,00	73,09	5,43
< 0,5 mm	< 1,4	82,06	12,19	1,03	5,61	5,7	0,96	8,41	5,85	0,96
	1,4 – 1,5	4,45	10,8	1,03	4,37	12,57	0,96	4,37	12,53	0,96
	1,5 – 1,6	4,42	14,52	1,39	4,03	82,89	1,21	4,05	81,28	1,21
	1,6 – 1,7	1,18	60,24	2,18	4,37	78,23	2,21	4,25	77,81	2,21
	> 1,7	7,89	66,63	4,18	81,62	78,8	4,22	78,92	78,51	4,22
	Σ	100	17,09	1,31	100	71,95	3,69	100,00	70,66	3,63

Tabela 3

Zawartości popiołu i siarki we frakcjach densymetrycznych nadawy i produktów rozdziału. I stopień wzbogacania

ρ [Mg/m ³]	KONCENTRAT			ODPADY			PRODUKT POŚREDNI			NADAWA		
	γ_{ki} [%]	A^a_{ki} [%]	S^a_{ki} [%]	γ_{oi} [%]	A^a_{oi} [%]	S^a_{oi} [%]	γ_{ppi} [%]	A^a_{ppi} [%]	S^a_{ppi} [%]	γ_{ni} [%]	A^a_{ni} [%]	S^a_{ni} [%]
< 1,4	76,01	7,38	1,02	20,01	5,71	0,80	6,87	5,50	0,92	33,17	5,93	0,83
1,4 – 1,5	8,96	13,64	1,36	5,33	69,79	1,08	2,93	11,91	1,08	5,65	31,14	1,16
1,5 – 1,6	2,60	17,37	1,50	1,68	76,45	1,34	2,42	79,04	1,34	2,22	55,48	1,34
1,6 – 1,7	1,31	54,55	5,96	1,68	82,04	3,53	2,55	78,53	2,52	1,87	71,40	3,78
> 1,7	11,12	72,43	8,69	71,30	83,34	6,22	85,23	79,05	5,53	57,09	77,56	6,27
Σ	100,00	16,00	1,98	100,00	67,00	4,73	100,00	72,00	4,90	100,0	51,00	4,00

Tabela 4

Zawartości popiołu i siarki we frakcjach densymetrycznych nadawy i produktów rozdziału. II stopień wzbogacania

ρ [Mg/m ³]	KONCENTRAT			ODPADY			NADAWA		
	γ_{ki} [%]	A^a_{ki} [%]	S^a_{ki} [%]	γ_{oi} [%]	A^a_{oi} [%]	S^a_{oi} [%]	γ_{ppi} [%]	A^a_{ppi} [%]	S^a_{ppi} [%]
< 1,4	66,89	11,30	1,05	5,43	5,30	0,91	6,87	5,50	0,92
1,4 – 1,5	3,39	10,40	1,08	2,92	11,94	1,09	2,93	11,91	1,08
1,5 – 1,6	3,16	14,79	1,42	2,40	80,53	1,34	2,42	79,04	1,34
1,6 – 1,7	3,19	53,73	2,24	2,53	78,94	2,50	2,55	78,53	2,52
> 1,7	23,37	72,20	3,87	86,72	79,18	5,56	85,23	79,05	5,53
Σ	100,00	27,00	1,76	100,00	73,00	5,00	100,00	72,00	4,90

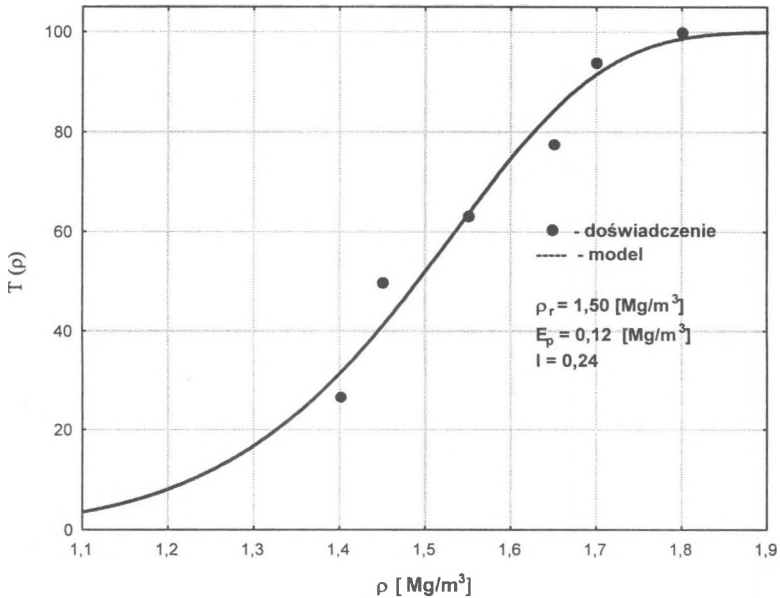
Tabela 5

Zawartości popiołu i siarki w wąskich klasach ziarnowych nadawy i produktów rozdziału. I stopień wzbogacania

d [mm]	KONCENTRAT			ODPADY			PRODUKT POŚREDNI			NADAWA		
	γ_{kj} [%]	A^a_{kj} [%]	S^a_{kj} [%]	γ_{oj} [%]	A^a_{oj} [%]	S^a_{oj} [%]	γ_{ppj} [%]	A^a_{ppj} [%]	S^a_{ppj} [%]	γ_{nj} [%]	A^a_{nj} [%]	S^a_{nj} [%]
> 2	30,76	14,03	1,82	9,86	33,61	2,93	0	----	----	13,06	15,80	1,57
2 – 1,25	35,78	12,01	1,86	12,29	59,41	6,38	8,25	73,25	7,17	18,32	49,21	5,22
1,25 – 1	10,41	15,37	2,10	6,95	65,63	5,91	8,66	74,04	6,30	8,63	52,64	4,84
1 – 0,5	7,35	39,73	4,13	34,74	80,59	5,77	42,85	73,09	5,43	28,89	65,08	5,14
< 0,5	15,70	18,64	1,45	36,16	65,73	3,44	40,24	70,66	3,63	31,10	52,54	2,88
Σ	100,00	16,00	1,98	100,00	67,00	4,73	100,00	72,00	4,90	100,0	51,00	4,00

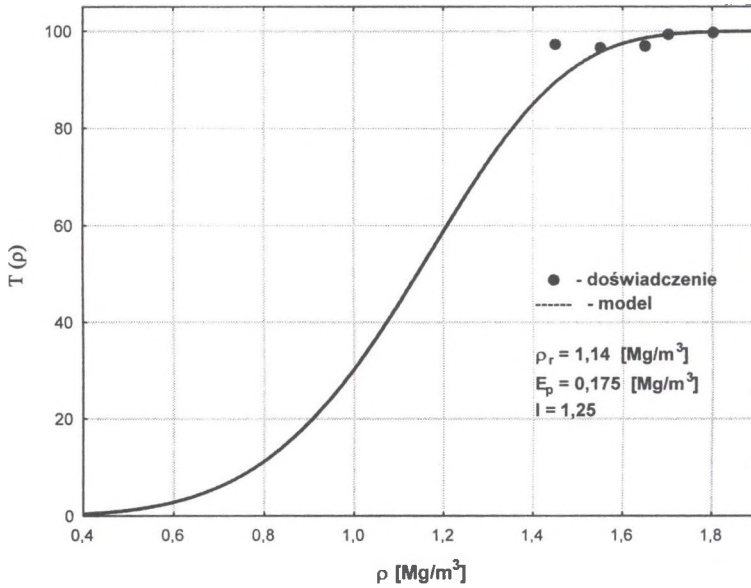
Tabela 6
Zawartości popiołu i siarki w wąskich klasach ziarnowych nadawy
i produktów rozdziału. II stopień wzbogacania

d [mm]	KONCENTRAT			ODPADY			NADAWA		
	γ_{kj} [%]	A^a_{kj} [%]	S^a_{kj} [%]	γ_{oj} [%]	A^a_{oj} [%]	S^a_{oj} [%]	γ_{ppj} [%]	A^a_{ppj} [%]	S^a_{ppj} [%]
2 – 1,25	16,98	39,80	2,58	8,04	74,06	7,28	8,25	73,25	7,17
1,25 - 1	13,89	51,98	2,57	8,53	74,57	6,39	8,66	74,04	6,30
1 – 0,5	6,35	35,53	2,25	43,73	73,99	5,51	42,85	73,09	5,43
< 0,5	62,78	17,09	1,31	39,70	71,95	3,69	40,24	70,66	3,63
Σ	100,00	27,00	1,76	100,00	73,00	5,00	100,00	72,00	4,90

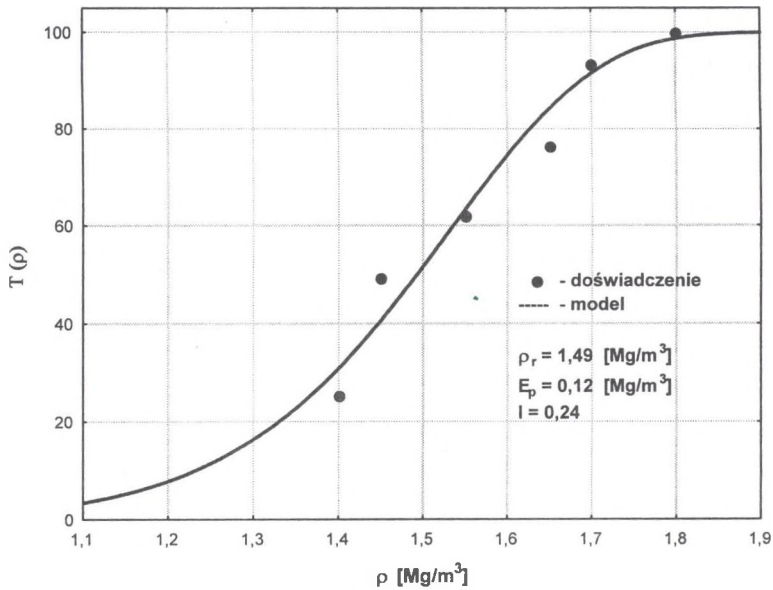


Rys. 2. Krzywa rozdziału dla I stopnia wzbogacania. Produkt pośredni połączony z odpadami
Fig. 2. Separation curve for 1st level of beneficiation. The medium product with wastes

Widać wyraźnie, że krzywe przedstawione na rysunkach 2 i 4 mają prawie identyczne kształty, a wyliczone wskaźniki dokładności rozdziału są identyczne, nieznacznie różni się gęstość rozdziału. Wynika to z faktu, że bardzo mały wychód koncentratu II stopnia wzbogacania nie wpływa istotnie na wartości wskaźników ostrości separacji. Krzywą rozdziału dla II stopnia wzbogacania (rys. 3) charakteryzuje mało dokładny proces rozdziału, praktycznie całość materiału przechodzi do odpadów.



Rys. 3. Krzywa rozdziału dla II stopnia wzbogacania
 Fig. 3. The separation curve for 2nd beneficiation level



Rys. 4. Zbiorcza krzywa rozdziału dla nadawy. Połączone produkty obu stopni wzbogacania
 Fig. 4. The summary separation curve for feed. Connected products of both beneficiation levels

W tabelach 5 i 6 zestawiono wychody poszczególnych wąskich klas ziarnowych w nadawie i produktach I i II stopnia rozdziału oraz zawartości popiołu i siarki w tych klasach. Można zauważyć, że do I stopnia wzbogacania kierowana jest dość znaczna (~13%) zawartość klasy >2 mm. Świadczy to o niedoskonałości wcześniejszego procesu klasyfikacji. Udział tej klasy w nadawie do procesu separacji poprawia jednak końcowe wyniki rozdziału, ponieważ ziarna tej klasy charakteryzują się najniższą zawartością popiołu i siarki, a ich zawartość w koncentracie wynosi ponad 30%. Korzystnymi cechami wyróżnia się też materiał w klasie ziarnowej < 0,5 mm, stąd też celowe było proponowanie oddzielnego wzbogacania tej klasy.

4. Wnioski końcowe

Analiza opracowanych wyników opróbowania dwustadialnego układu technologicznego wzbogacania – odsiarczania najdrobniejszych klas ziarnowych miazgi węgla energetycznego pozwala na sprecyzowanie wniosków odnośnie do efektywności przebiegu procesu:

1. Proces dwustadialnego wzbogacania – odsiarczania mułu węglowego o uziarnieniu 0,1 – 2 mm, zawartości popiołu ok. 51% i zawartości siarki ok. 4% umożliwia otrzymanie koncentratu o średniej zawartości popiołu $A_k^a \approx 16\%$ i $S_k^a \approx 2\%$. Uzysk części palnych i lotnych w koncentracie I stopnia rozdziału wynosi ~ 55%, a w koncentracie II stopnia wzbogacania ~ 6%, natomiast stopień odsiarczenia koncentratu I stopnia wzbogacania ~ 0,5, a stopień odsiarczenia koncentratu II stopnia wzbogacania ~ 0,36.
2. Rozdział w II stopniu wzbogacania charakteryzuje się niską efektywnością. Ze względu na bardzo mały wychód koncentratu II stopnia, właściwości ostatecznych (połączonych) produktów wzbogacania praktycznie nie różnią się od właściwości uzyskiwanych w I stopniu. Produkt pośredni I stopnia wzbogacania, o zawartości popiołu ok. 72% i zawartości siarki ok. 5% może być łączony z odpadami I stopnia wzbogacania.
3. Wyniki opróbowania układu świadczą o nieodpowiednim doborze warunków pracy separatorów zwojowych. Aby poprawić parametry uzyskiwanych produktów rozdziału, należy zwrócić większą uwagę na możliwość obniżenia natężenia przepływu zawiesiny kierowanej do separatorów, odpowiednie przygotowanie nadawy do wzbogacania, odpowiednią regulację zasuw w dolnej części spiral, częstszą kontrolę oraz dokładniejszy nadzór nad przebiegiem procesu.

4. Wydaje się nieuzasadnione zastosowanie do procesu wzbogacania dwustadialnego układu separatorów zwojowych. Pracujące obecnie w II stopniu wzbogacania urządzenia można wykorzystać do rozdziału jednostadialnego. Zmniejszy to znacząco wydatek przepływu nadawy doprowadzanej do poszczególnych separatorów, co dodatkowo zwiększy dokładność rozdziału. Może to w efekcie umożliwić lepsze odsiarczenie koncentratu miałowego.

Artykuł opracowano w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.100.196.

Bibliografia

1. Bierońska E.: Ocena skuteczności wzbogacania i odsiarczania miałów węglowych....., Praca dyplomowa, Gliwice 2007.
2. Paul A.D., Maronde C.P., Killmeyer R.P.: Evaluation of mathematical functions for representing partition data: a case study. Proc XIII ICPC, Brisbane 1998, vol. II, p.861-869.
3. Stępiński W.: Wzbogacanie grawitacyjne, Wydawnictwo PWN, Łódź-Warszawa-Kraków 1964.
4. Sztaba K., Blaschke Z.: Koncepcje i racjonalne granice usuwania siarki zawartej w węglach energetycznych. IX Konferencja z cyklu „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej, 1995.

Recenzent: Doc. dr inż. Stanisław BŁASZCZYŃSKI

Abstract

The paper presents the results of industrial research over the culm finest particle fractions beneficiation in spiral separators. The main purpose of this work was to evaluate the efficiency of the beneficiation – desulfurization – of the coal particles of the size 2 – 0,1 mm in two-stadial technological system, in which the medium product of the 1st separation level is the feed to the 2nd one.

Conducting the declared purpose, the sampling of the culm beneficiation products in Reichert separators was conducted in one of the energetic coal processing plant. The densimetric, granulometric and chemical analyzes for the selected samples were done. On the basis of the analyzes results the densimetric composition of the beneficiation products in

spiral separators was determined, as well the distribution of ash and sulphur contents in the individual, narrow particle fractions of these products. From the separation curves, the separation efficiency factors were calculated. The results of the investigation allowed the evaluation of the culm desulfurization level and adequacy of the two-stadial systems application to that purpose.