ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1977

Seria: GÓRNICTWO z. 86 Nr kol. 557

Stanisław BŁASZCZYŃSKI,
Mirosław KURZYCA, Barbara BAGIEŁA

WYKORZYSTANIE SEPARACJI ELEKTROSTATYCZNEJ DO UZYSKANIA NISKOPOPIOŁOWYCH KONCENTRATÓW WĘGLOWYCH

Streszczenie. Artykuł zawiera wyniki badań nad elektrostatycznym wzbogacaniem drobnoziarnionych węgli. Wyznaczono najkorzystniejsze warunki wzbogacania przez dobór odpowiedniej klasy ziarnowej oraz parametrów pracy separatora.

Wstęp

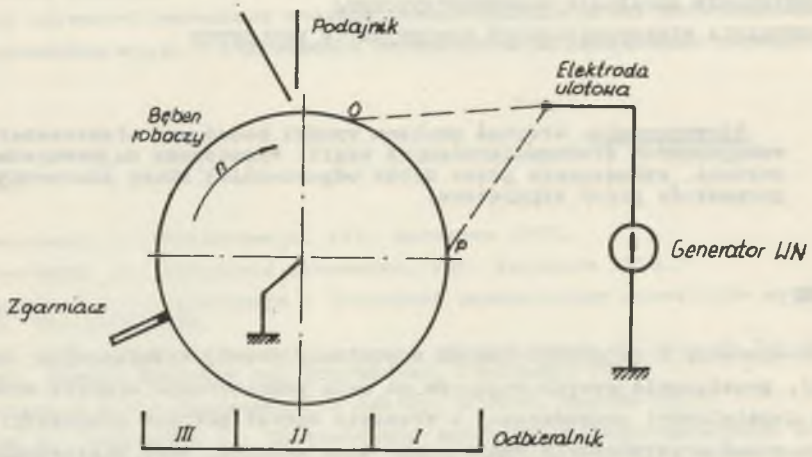
Obserwowany w ostatnich latach dynamiczny rozwój istniejących technologii, powstawanie nowych mających na celu podniesienie efektów ekonomicznych działalności gospodarczej i wreszcie wzrost potrzeb gospodarki stawiają przed przetwórstwem węgla coraz nowe zadania. Nowe zastosowania węgla w niektórych gałęziach przemysłu chemicznego, przemysłu materiałów elektrotechnicznych wiążą się z dużym zapotrzebowaniem na koncentraty węglowe o niskiej zawartości popiołu (rzędu 2 i mniej procent).

Konieczność wzbogacania w tym celu węgli w drobnych klasach ziarnowych (poniżej 2 mm) wymaga stosowania metod, które w przeróbce węgla do celów konwencjonalnych nie są stosowane, lub są stosowane na niewielką skalę, ze względu na dość kłopotliwe przygotowanie surowca oraz wysokie, w porównaniu z klasycznymi metodami, koszty. Do takich metod zaliczyć można między innymi wzbogacanie magnetohydrodynamiczne, wzbogacanie w cieczach paramagnetycznych, separację elektrostatyczną. Metoda separacji elektrostatycznej jest metodą stosunkowo młodą; jej idea powstała w roku 1938. W latach 50 w naszym kraju prowadzono badania nad zastosowaniem tej metody do wzbogacania minerałów i pyłów węglowych (GIG). Nieco później w AGH w Krakowie prowadzono badania nad klasyfikacją i odsiarczaniem węgla na drodze separacji elektrostatycznej. Wyniki tych badań były publikowane w poz. [1, 2, 3].

Niniejszy artykuł przedstawia niektóre wyniki laboratoryjnego wzbogacania metodą elektrostatyczną węgla gazowego typu 33 prowadzonego na separatorze elektrostatycznym bębnowym wykorzystującym efekt wyładowania ulotowego (efekt korony).

Zasada separacji elektrostatycznej

W niniejszym rozdziale omówiona zostanie, w sposób niezwykle skrócony i uproszczony, zasada separacji elektrostatycznej, wykorzystującej efekt wyładowania ulotowego. Na rys. 1 przedstawiono schemat ideowy separatora z elektrodą ulotową.



Rys. 1

Elektroda ulotowa posiada potencjał (w stosunku do ziemi) zapewniający powstanie wyładowania ulotowego do powierzchni uziemnionego bębna roboczego. Wpadająca w obszar tego wyładowania (O - P) cząstka uzyskuje ładunek elektryczny którego wartość jest funkcją parametrów pola, własności elektrycznych i geometrii cząstki oraz czasu jej przebywania w obszarze wyładowania. Stykając się z powierzchnią bębna cząstka zaczyna oddawać swój ładunek, zachowując się przy tym jak kondensator o pojemności C odpowiadającej pojemności jej styku z powierzchnią bębna, rozładowujący się przez oporność R będącą sumą oporności cząstki i oporności styku. Przebieg czasowy płynącego prądu ma oczywiście charakter eksponentalny. Podobnie siła natury elektrycznej przytrzymująca cząstkę na powierzchni bębna maleje eksponentalnie do zera ze stałą czasową zależną od własności elektrycznych, stanu powierzchni i geometrii cząstki (T = RC). Jest więc oczywiste, że siła przyciągająca $F_1 = QE$ jest funkcją wymienionych własności cząstki. Oprócz tej siły na cząstkę działają następujące siły: zwierciadlanego odbicia ($F_2 = \frac{Q^2}{r^2}$), odśrodkowa F_o, i siła ciężkości F_g. Uwzględniając te wszystkie oddziaływania, można określić wypadkową siłę F_w działającą na

cząstkę w kierunku promieniowym. Rezygnując z dokładnego przedstawienia wartości F_w, można ogólnie zapisać:

$$F_w = f(A, \varepsilon, m, R, C)$$

gdzie:

A - stała uwzględniająca geometrię i wielkości charakterystyczne pola elektrostatycznego,

ε - stała dialektyczna ziarna,

m - masa ziarna.

Z powyższej zależności wynika, że w ramach wąskiej klasy ziarnowej (niewielka różnica mas) wartość siły przyciągającej cząstkę do powierzchni bębna zależy od jej własności elektrycznych. W przypadku mieszaniny ziarn o silnie zróżnicowanych własnościach elektrycznych występuje silne zróżnicowanie wartości siły F_w i tym samym rozdział mieszaniny na ziarna o własnościach przewodników i dielektryków. Ziarna przewodzące oddają szybko swój ładunek i spadają do sekcji I odbieralnika (rys. 1); ziarna będące dielektrykami utrzymują się na powierzchni aż do chwili zgarnięcia ich do sekcji III. Do sekcji II spadają ziarna o własnościach pośrednich. Szczegółową analizę zjawisk zachodzących w trakcie procesu rozdziału można znaleźć np. w poz. [4].

Cel, zakres i przebieg przeprowadzonych badań

Jak już wspomniano w wstępie, celem badań było uzyskanie na drodze separacji elektrostatycznej koncentratów węglowych o możliwie niskiej zawartości popiołu. Badania prowadzono na węglu typu 33 wzbogaconym ręcznie, a następnie skruszonym i rozklasyfikowanym.

W ramach prowadzonych badań dążono do znalezienia najkorzystniejszych warunków separacji przez określanie właściwej klasy ziarnowej i wybór parametrów pracy separatora. Przeprowadzono próby separacji węgla w następujących klasach ziarnowych: 0,2 - 0,5; 0,5 - 1,0; 0,2 - 1,0; 1,0 - 1,5; 1,5 - 2,0; 1,0 - 2,0 mm.

Dla każdej z tych klas prowadzono separację elektrostatyczną przy szeregu wartości natężenia pola elektrostatycznego (reprezentowanego przez potencjał elektrody ulotowej) i różnych prędkościach obrotowych bębna. Przepływ masy przez separator ustalono na poziomie zapewniającym równomierny rozkład warstw ziarn na powierzchni bębna.

W celu łatwiejszej oceny wyników separacji prowadzono rozdział dwuskładnikowy (koncentrat i odpady), rezygnując z produktu pośredniego. Dla otrzymanych produktów określono wychody oraz zawartości popiołu i na podstawie tych wielkości oceniano wyniki prób. W celu wyeliminowania wilgoci węgle bezpośrednio przed separacją suszono w temperaturze 50°C, w czasie 0,5 h.

Stosowanie niskiej temperatury suszenia pozwoliło na uniknięcie zmian elektrycznych własności powierzchni ziarn, określanie których nie wchodziło w zakres badań. Po wcześniejszym stwierdzeniu, niezależności wyników separacji od kierunku wyładowania ulotowego, badania prowadzono przy ujemnej polaryzacji elektrody ulotowej.

Wyniki badań

1. Wzbogacanie klasy 0,2 - 1,0 mm, $\alpha = 5,6\%$

n [obr/min]	U [kV]	Koncentrat		Odpady	
		γ_k [%]	ϑ [%]	γ_o [%]	β [%]
50	24	16,3	2,78	83,7	6,44
	25	45,0	1,85	55,0	10,06
	26	50,0	1,63	50,0	8,06
	27	84,6	2,20	15,4	21,05
100	25	13,2	2,58	86,8	5,68
	26	44,5	1,97	55,5	8,59
	28	69,5	2,28	30,5	15,26
150	28	46,4	2,45	53,6	8,85
	30	55,5	2,24	44,4	11,16
	32	67,5	2,46	32,5	13,99
200	30	20,0	1,35	80,0	6,56
	32	38,1	1,81	61,9	8,40
	34	41,7	1,72	58,3	7,83
	36	44,4	2,26	55,6	8,69
	38	66,7	2,13	33,3	11,86

2. Wzbogacanie klasy 0,2 - 0,5 mm, $\alpha = 5,6\%$

n [obr/min]	U [kV]	Koncentrat		Odpady	
		γ_k [%]	ϑ [%]	γ_o [%]	β [%]
50	25	32,1	2,58	67,9	7,18
100	24	48,0	2,74	52,0	7,23
	26	57,0	2,46	43,0	7,96
150	28	55,5	2,79	44,5	8,89
200	30	26,4	2,95	73,6	5,91

3. Wzbogacanie klasy 0,5 - 1,0 mm, α = 6,5%

n [obr/min]	U [kV]	Koncentrat		Odpady	
		γ_k [%]	ϑ [%]	γ_o [%]	β [%]
50	25	9,5	1,74	90,5	6,40
	26	45,8	1,71	54,2	7,92
	28	70,5	2,72	29,5	17,85
100	27	25,5	2,55	74,5	7,32
	28	37,9	2,55	62,1	9,24
	30	70,0	3,35	30,0	17,94
150	30	33,3	3,31	66,7	7,74
	32	46,5	2,71	53,5	10,01
	34	64,4	1,87	35,6	11,40
	36	79,4	2,01	20,6	22,20
200	34	17,8	3,18	82,2	7,30
	36	36,6	3,16	63,4	9,85
	38	51,4	3,18	48,6	10,73
	40	65,0	3,35	35,0	15,14

4. Wzbogacanie klasy 1,0 - 2,0 mm, α = 8,6%

n [obr/min]	U [kV]	Koncentrat		Odpady	
		γ_k [%]	ϑ [%]	γ_o [%]	β [%]
50	32	22,8	2,12	77,2	13,90
	34	32,3	2,13	67,7	13,97
	36	48,3	2,05	51,7	16,33
	38	41,0	1,97	59,0	16,34
	40	47,5	1,99	52,5	18,86
100	34	24,0	1,68	76,0	13,58
	38	35,1	1,82	64,9	14,81
	40	41,5	1,97	58,5	15,43
	42	45,2	1,96	54,8	18,67
150	38	20,8	1,50	79,2	13,53
	42	29,6	1,96	70,4	13,81
	44	31,6	1,32	68,4	13,43
200	42	9,1	1,80	90,9	10,50

5. Wzbogacanie klasy 1,0 - 1,5 mm, α = 8,1%

n [obr/min]	U [kV]	Koncentrat		Odpady	
		γ_k [%]	ϑ [%]	γ_o [%]	β [%]
50	32	26,5	2,38	73,5	13,22
	36	42,0	2,13	58,0	16,47
	40	51,0	2,31	49,0	16,93
	44	61,2	2,60	38,2	22,82
100	34	32,4	2,32	67,6	9,97
	38	50,0	2,37	50,0	15,29
	42	56,0	2,62	44,0	19,16
	46	58,5	3,56	41,5	19,20
150	38	22,7	2,58	77,3	12,30
	42	33,3	2,43	66,7	13,81
	46	45,0	2,29	55,0	15,41
200	42	12,0	2,69	88,0	9,10
	46	13,8	2,70	86,2	12,89

6. Wzbogacanie klasy 1,5 - 2,0 mm, α = 10,1%

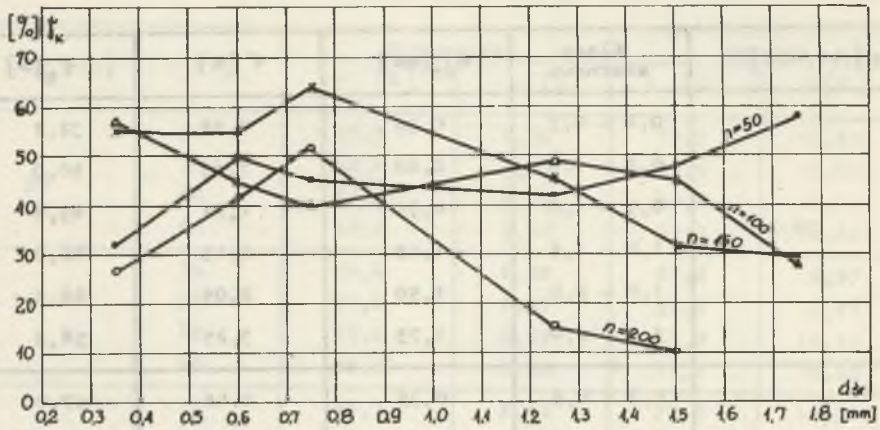
n [obr/min]	U [kV]	Koncentrat		Odpady	
		γ_k [%]	ϑ [%]	γ_o [%]	β [%]
50	30	50,0	3,35	50,0	13,46
	32	58,5	3,25	41,5	16,22
100	34	28,2	3,69	71,8	13,11
150	42	29,8	4,17	70,2	12,22

Dla zwiększenia czytelności podanych wyników poniżej przedstawiono tablicę zawierającą najlepsze wyniki uzyskane we wszystkich rozpatrywanych klasach ziarnowych przy poszczególnych prędkościach obrotowych.

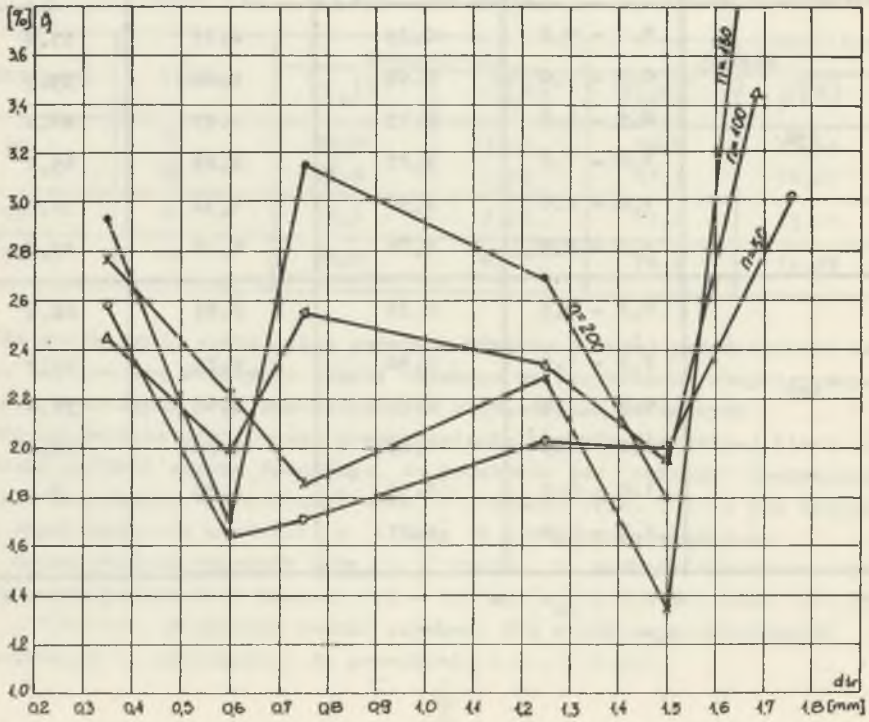
Dla ułatwienia graficznego przedstawienia wyników dla każdej klasy określono wielkość ziarna średniego. Na podstawie tej tablicy sporządzono wykresy zależności $\gamma_k = f(d_{śr})$ oraz $\vartheta = f(d_{śr})$ (rys. 2 i 3) dla wszystkich rozpatrywanych wartości n i przy U = U najkorzystniejsze.

Z przytoczonych wykresów (rys. 2,3) wynika, że najkorzystniejszą separację można prowadzić w klasach 0,2 - 1,0 mm ($d_{śr}$ = 0,6 mm) oraz 1,0-2,0mm ($d_{śr}$ = 1,50 mm). Najgorsze wyniki uzyskano dla ziarn najdrobniejszych i najgrubszych (w odniesieniu do przedziału 0,2 - 2,0 mm).

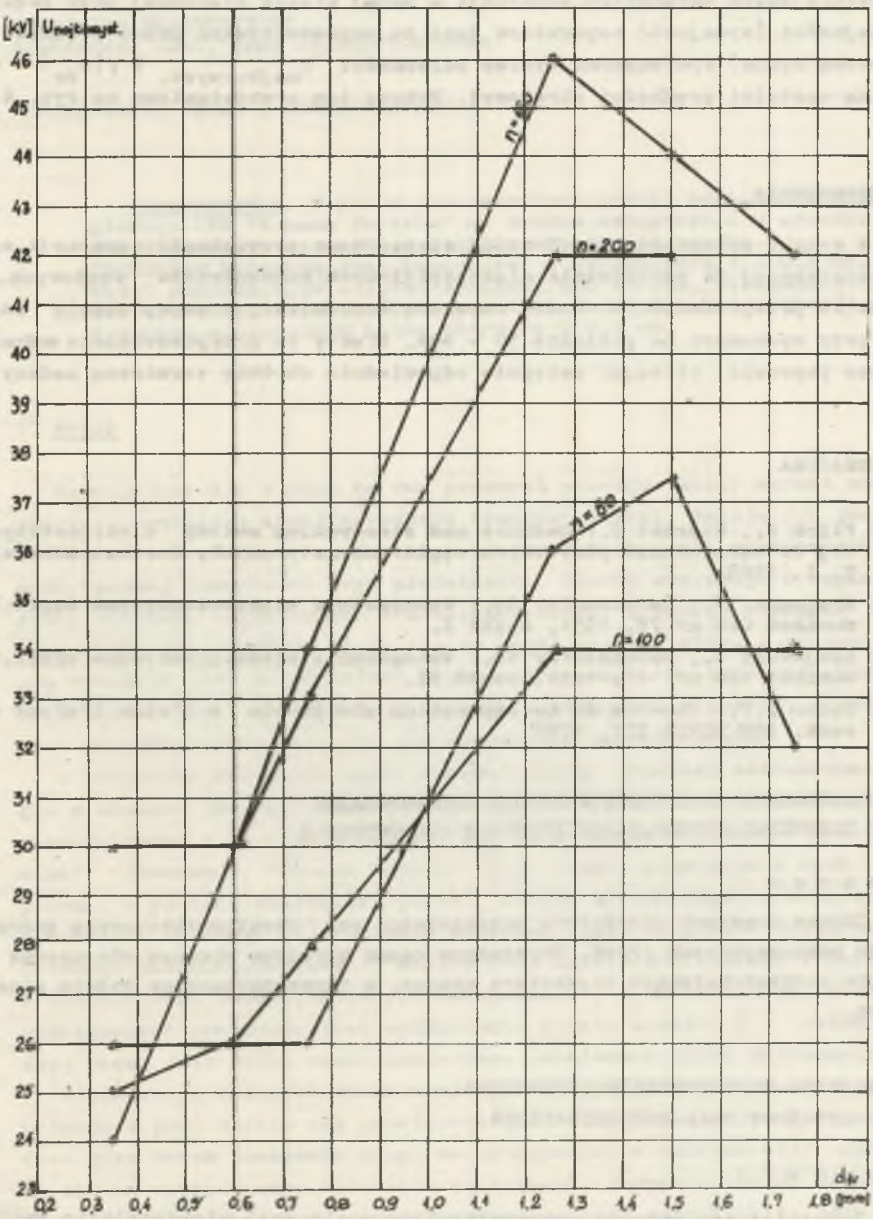
n [obr/min]	Klasa ziarnowa	$d_{śr}$ [mm]	ϑ [%]	γ_k [%]
50	0,2 - 0,5	0,35	2,58	32,1
	0,2 - 1,0	0,60	1,63	50,0
	0,5 - 1,0	0,75	1,71	45,8
	1,0 - 1,5	1,25	2,13	42,0
	1,0 - 2,0	1,50	2,05	48,3
	1,5 - 2,0	1,75	3,25	58,5
100	0,2 - 0,5	0,35	2,46	57,0
	0,2 - 1,0	0,60	1,97	44,5
	0,5 - 1,0	0,75	2,55	39,5
	1,0 - 1,5	1,25	2,37	50,0
	1,0 - 2,0	1,50	1,96	45,2
	1,5 - 2,0	1,75	3,69	28,2
150	0,2 - 0,5	0,35	2,79	55,5
	0,2 - 1,0	0,60	2,24	55,5
	0,5 - 1,0	0,75	1,87	64,4
	1,0 - 1,5	1,25	2,29	45,0
	1,0 - 2,0	1,50	1,32	31,6
	1,5 - 2,0	1,75	4,17	29,8
200	0,2 - 0,5	0,35	2,95	28,4
	0,2 - 1,0	0,60	1,72	41,7
	0,5 - 1,0	0,75	3,18	51,4
	1,0 - 1,5	1,25	2,70	13,8
	1,0 - 2,0	1,50	1,80	9,1
	1,5 - 2,0	1,75	-	-


[%] γ_k
70
60
50
40
30
20
10
0
0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 [mm]
$d_{śr}$
n=50
n=100
n=150
n=200

Rys. 2


[%] θ
3,6
3,4
3,2
3,0
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 [mm]
$d_{śr}$
n=150
n=100
n=50
n=200

Rys. 3


[kV] Uwyjściowy
46
45
44
43
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
n=200
n=100

Rys. 4

W pierwszym przypadku można to tłumaczyć wpływem sił adhezji, przytrzymujących ziarna na powierzchni bębna po ich rozładowaniu, w drugim wzrostem wartości siły odśrodkowej. Dla umożliwienia szybkiego wyboru najkorzystniejszych parametrów separacji w danej klasie ziarnowej przy zadanej wydajności (wydajność separatora jest tu zaprezentowana przez prędkość obrotową bębna) sporządzono wykres zależności $U_{najkorzyst.} = f(d_{śr})$ dla kilku wartości prędkości obrotowej. Wykres ten przedstawiono na rys. 4.

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono przydatność separacji elektrostatycznej do uzyskiwania niskopopiołowych koncentratów węglowych. W trakcie przeprowadzonych badań uzyskano koncentraty o zapopieleniu rzędu 2% przy wychodach na poziomie 50 - 60%. Efekty te przypuszczalnie można jeszcze poprawić, stosując wstępnie odpowiednią obróbkę termiczną nadawy.

LITERATURA

[1] Pilch W., Biernat J.: Badania nad stosowaniem metody elektrostatycznej do wzbogacania pirytowych węgli energetycznych. Surowce mineralne T. 1, 1968.

[2] Krajewski J., Herszderfer Sz.: Wzbogacanie elektrostatyczne węgli. Komunikat GIG nr 78, 1951, część I.

[3] Krajewski J., Herszderfer Sz.: Wzbogacanie elektrostatyczne węgli. Komunikat GIG nr 121, 1952, część II.

[4] Delon I.F.: Theorie de la separation elektrosta a l'aide l'efekt corona. ANN MINES III, 1966.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО СЕПАРИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОЗОЛЬНЫХ УГОЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Р е з ю м е

Статья содержит результаты исследования над электростатическим обогащением мелкозернистых углей. Определено самые выгодные условия обогащения подбором соответствующего зернистого класса, а также параметров работы сепаратора.

UTILISING ELECTROSTATIC SEPARATORS FOR LOW DUST COAL CONCENTRATIONS

S u m m a r y

Investigation results concerning fine grain coal electrostatic enrichment have been presented. Optimum separator work parameters and grain class choice have also been determined.