

Zygfryd Lupa, Janusz Laskowski

ODSIARCZANIE WĘGLI ENERGETYCZNYCH W SEPARATORZE FLUIDYZACYJNYM

Streszczenie. Przeprowadzono laboratoryjne i ówiercotechniczne próby wydzielania siarki z węgla metodą fluidyzacyjną. Badania prowadzono na separatorze własnej konstrukcji. Analiza wyników wskazuje na możliwość wprowadzenia proponowanej metody do przemysłu.

1. Wstęp

Obniżenie zawartości siarki w węglu energetycznym nabrało w Polsce szczególnie ważnego znaczenia na przestrzeni ostatnich lat. Jest to związane ze wzrostem ilości energii dostarczanej przez elektrownie pracujące na bazie młodych niskokalorycznych - często poniżej 5000 kcal/kg węgla rejonu Jaworznicko-Mikołowskiego. Stwierdzono, że tylko na terenie Górnego Śląska emisja gazów zanieczyszczających atmosferę wynosi powyżej 200 mln m³/rok, a głównym ich producentem są zakłady energetyczne [1]. Podstawowym trującym związkiem, zawartym w spalinach energetyki jest SO₂ powstające ze spalania węgla zawierających siarkę.

Prace nad odsiarczaniem węgla obejmują szeroki wachlarz zagadnień i prowadzone są w kierunkach:

- obniżenia zawartości siarki w paliwie,
- oczyszczania spalin,
- wzbogacania odpadów do koncentratów pirytowych,
- wykorzystania koncentratów pirytowych.

W Polsce kopalnie eksploatujące węgle energetyczne, zalegające wschodnie i południowe granice Zagłębia Górnośląskiego w warstwach łaziskich, libiążskich i orzeskich podzielono na pięć grup zasiarczenia. Grupy te ustalono według ilości gramów siarki przypadającej na 1000 kcal. Najliczniejsze są grupy IV i V, obejmujące kopalnie, w których ilość siarki przekracza 3,5 g/1000 kcal (są to: kopalnie "Siersza", "Janina", "Bolesław Śmiały", "Ziemowit", "Jaworzno", "Sobieski" i "Komuna Paryska" [2]). Siarka w węglu kamiennym występuje w trzech odmianach [3]:

- siarka siarczanowa, występująca pod postacią gipsu $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ oraz siarczanu żelazawego $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Nie odgrywa jednak dominującej roli w ogólnym bilansie zasiarczenia. Jej ogólna koncentracja wynosi 0,1-0,4%
- siarka organiczna przypisywana macierzystej substancji węglowej, tj. związkom organicznym jako produktom przeobrażenia substancji budujących organizmy roślin;

- siarka siarczkowa w węglach nieomal wszystkich złóż spotykana jako siarczki żelaza, FeS_2 w postaci: pirytu, markazytu i melnikowitu. Jej udział na ogół w węglu, w stosunku do siarki całkowitej sięga 86-96%.

Z punktu widzenia procesów przeróbczych tylko siarka organiczna jest odmianą niewydzielalną.

Przedstawione wyżej odmiany i ich udziały są typowe dla węgla kamiennych. Natomiast w przypadku węgla energetycznych rejonu Jaworznicko-Mikołowskiego, badania wykazały, że udział siarki pirytowej wynosi w nich do 60% siarki całkowitej [4]. Udział ten jest o tyle ważny, że problem odsiarczania wiąże się przede wszystkim z wydzieleniem siarczków jako minerałów o dużym ciężarze właściwym.

W procesie odsiarczania bardzo istotna jest forma występowania minerałów siarczkowych, ich wielkość i rozproszenie w skale węglowej. Prowadzone od szeregu lat badania nad tym zagadnieniem pozwoliły określić te zależności [5]. Można ogólnie stwierdzić, że piryt w węglach rejonu Jaworznicko-Mikołowskiego występuje w znacznej ilości jako wypełnienie szczelin lub jako wyizolowane ziarna o wielkościach 0,5-0,008 mm. Występuje również w zrostach z substancją mineralną oraz w mniejszych ilościach jako impregnacja substancji węglowej (fuzynit). Dodać należy również, że wymienione tu formy występowania pirytu mają różny udział w węglach z różnych kopalń. Charakterystyczne jest przede wszystkim bardzo znaczne rozproszenie pirytu w węglu kopalni "Siersza".

Przedstawione w olbrzymim skrócie formy występowania pirytu wskazują na trudności jakie występują w zagadnieniach odsiarczania węgla.

Występowanie w towarzystwie węgla łupków łatworozmywalnych stwarza barierę uniemożliwiającą na szeroką skalę zastosowanie mokrych metod do wzbogacania miażdżonych energetycznych. Przy tym operacje wzbogacania na mokro podnoszą znacznie koszty produkcji węgla o niskiej zawartości siarki, ponieważ musi on być suszony przed zużyciem w elektrociepłowni. Stąd też od szeregu lat prowadzone są poszukiwania nad znalezieniem skutecznych metod suchej separacji. Najciekawsze rezultaty we wzbogacaniu na sucho otrzymano w pracy [6], w której dla trudno odsiarczalnych węgla zastosowano kombinację separacji odśrodkowej i elektrostatycznej. Kombinacją tych metod wydzielono 30-50% siarki pirytowej, co stanowiło 50-70% siarki wydzielalnej.

Badania nad wzbogacaniem na sucho w urządzeniach fluידyzacyjnych są prowadzone od kilku lat w Instytucie Przeróbki Kopalń Politechniki Śląskiej. Prace te doprowadziły do rozwiązania zagadnienia wzbogacania rud chromu [7, 8], a także do opracowania separatora oryginalnej konstrukcji [9], pracującego na trochę innych zasadach od separatorów opisanych przez niektórych autorów.

Wzbogacanie rud chromu polegające na rozdzieleniu minerałów znacznie różniących się ciężarami właściwymi (chromit i serpentyn) nasunęło przypusz-

czenie, że ten rodzaj urządzenia powinien dać również dobre wyniki w przypadku odsiarczania węgla, gdzie także chodzi o rozdział substancji znacznie różniących się ciężarami właściwymi: pirytu i kłupków oraz węgla.

2. Badania laboratoryjne

2.1. Charakterystyka materiału i przygotowanie prób

Do badań sprowadzono próby miazgu węgla energetycznych z kopalni: "Komuna Paryska" i "Siersza". Kopalnie te wybrano ze względu na wysoką zawartość siarki oraz różny charakter występowania pirytu w węglach tam eksploatowanych. W odróżnieniu od węgla kopalni "Komuna Paryska", węgle kopalni "Siersza" charakteryzują się bardzo znacznym rozproszeniem pirytu.

Sprowadzone próby węgla poduszono do stanu powietrzno-suchego a następnie po dokładnym wymieszaniu wydzielono próbki:

- dla oznaczenia składu ziarnowego,
- dla przygotowania nadawy do procesu wzbogacania fluidyzacyjnego.

Skład ziarnowy miazgów surowych z oznaczaniem siarki całkowitej przedstawiono w tablicach 1 i 2.

Tablica 1

Węgiel z kopalni "Komuna Paryska".
Skład ziarnowy miazgu 20-0 mm i zawartości siarki
w poszczególnych klasach ziarnowych

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód (%)	Zawartość siarki (%)
20-10	6,5	7,81
10-5	9,7	6,43
5-2	34,5	3,92
2-1	7,8	3,01
1-0,5	20,7	2,64
0,5-0,25	10,0	2,54
0,25-0,10	5,0	2,42
0,10-0,06	2,5	3,04
-0,06	3,3	2,40
Nadawa 20/- 0	100,0	3,80

Wydzielone próbki węgla z kopalni "Komuna Paryska" przeznaczone do wzbogacania zmielono na dezyntegratorze do uziarnień: 1-0 mm i 0,5-0 mm. Ponadto część otrzymanej zmielonej klasy 1-0 mm rozklasyfikowano na: 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm; 0,25-0 mm. W ten sposób otrzymano pięć klas ziarnowych (1-0 mm; 0,5-0 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm; 0,25-0 mm), które stanowiły nadawę do procesu odsiarczania.

Tablica 2

Węgiel z kopalni "Siersza".
Skład ziarnowy miazgu 20-0 mm i zawartości siarki
w poszczególnych klasach ziarnowych

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód (%)	Zawartość siarki (%)
20-10	18,5	3,90
10-5	15,7	3,40
5-2	32,0	3,88
2-1	4,6	3,89
1-0,5	14,6	3,60
0,5-0,25	5,8	3,36
0,25-0,10	5,8	4,06
0,10-0,06	2,5	3,89
-0,06	0,4	3,31
Nadawa 20-0	100,0	3,76

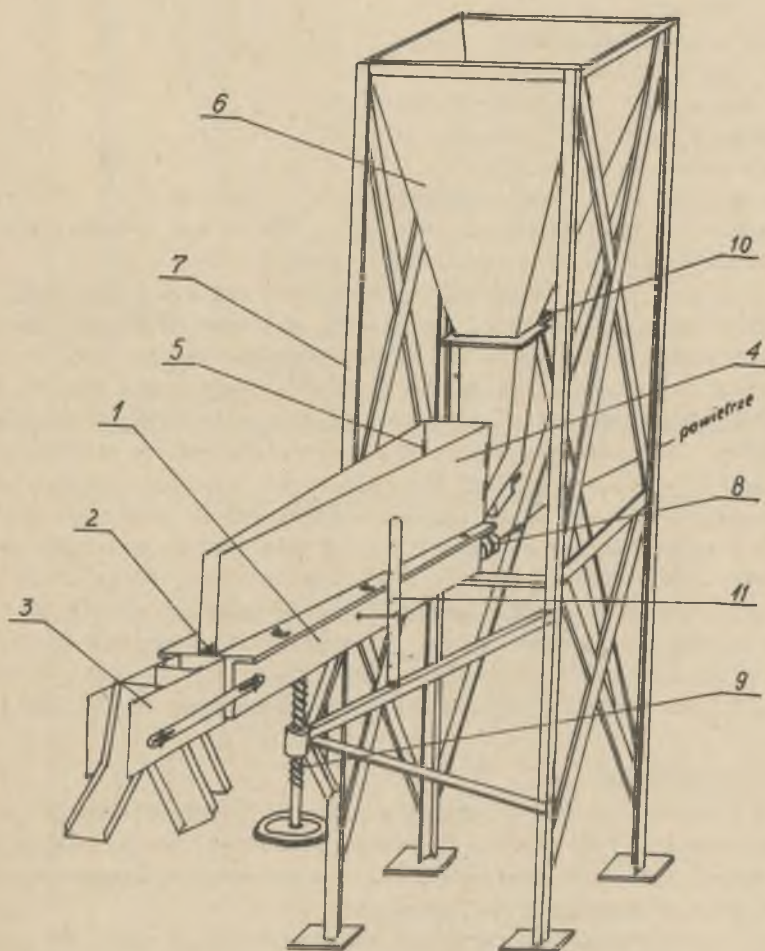
Dla węgla z kopalni "Siersza" przygotowano klasy ziarnowe 3-0,5 mm i 0,5-0 mm otrzymane przez rozklasyfikowanie zmielonego miazgu do uziarnienia poniżej 3 mm. Na zmianę uziarnienia zdecydowano się w trakcie rozdrabniania udarowego, w którym zaobserwowano dużą selektywność kruszenia. Dzięki tej selektywności nastąpiło grupowanie się ziarn skały płonej w klasie + 0,5 mm; domielanie jej więc do uziarnienia poniżej 1 mm lub 0,5 mm uznano za niecelowe.

2.2. Opis aparatury i sposób prowadzenia doświadczeń

Badania odsiarczania prowadzono na laboratoryjnym separatorze fluidyzacyjnym, zbudowanym w Instytucie Przeróbki Kopalni Politechniki Śląskiej według zgłoszenia patentowego P146714.

Separator przedstawia sobą rynnę fluidyzacyjną, której dnem jest porowata przegroda wykonana z filcu z ułożonym na niej sitem szczelinowym o szczelinach poprzecznych do kierunku ruchu materiału. Stosowanie sita szczelinowego celowe jest przede wszystkim w przypadku wzbogacania materiału gruboziarnionego (+ 0,25 mm) lub minerałów ciężkich, których transport wymaga w innym rozwiązaniu znacznie wyższych prędkości przepływu powietrza lub wręcz transportu mechanicznego (dodatkowy napęd wibracyjny separatora). Wzbogacanie ziarn drobnych (- 0,25 mm) można prowadzić przy zastosowaniu jednorodnej płyty porowatej, co pozwala na otrzymanie spokojniejszych warunków fluidyzacji. Górną częścią separatora jest koryto o zbieżnych bokach, powodujące wzrost grubości warstwy materiału w kierunku wylotu produktów. U wylotu koryta zainstalowany jest odbieralnik rozdzielający poziomo wypływającą strugę materiału na szereg produktów odprowadzających oddzielnie do pojemników.

Separator zasilany jest niskosprężonym powietrzem (630 mm H₂O) podawanym pod porowatą przegrodę rynny. Powietrze przechodzące przez przegrodę powoduje fluidyzację materiału znajdującego się na przegrodzie. Prawidłowy rozdział materiału na frakcje uzyskuje się przez ustalenie kąta nachylenia separatora do poziomu i przepływu powietrza. Te dwa parametry zapewniają odpowiednią płynność i prędkość strugi we wzbogacalniku.



Rys. 1. Widok ogólny separatora

1 - rynna fluidyzacyjna, 2 - przegroda porowata z siem szczelinowym, 3 - odbieralnik, 4 - koryto górne o zbieżnych bokach, 5 - zawiasy koryta, 6 - zbiornik nadawy, 7 - konstrukcja nośna, 8 - króciec doprowadzający powietrze, 9 - śruba regulacyjna kąta nachylenia, 10 - zasuwa, 11 - wskaźnik kąta nachylenia

Nadawę do separatora podawano rynną zsypową ze zbiornika umieszczonego powyżej. Separator, jak również zbiornik nadawy zbudowane są na wspólnej konstrukcji nośnej. Przykład wykonania separatora pokazano na rys. 1.

Charakterystyka separatora laboratoryjnego o działaniu ciągłym przedstawia się następująco:

- wydajność - 0,1 t/h,
- wymiary koryta roboczego:
 - długość - 1000 mm,
 - szerokość: przy wlocie nadawy - 40 mm,
 - przy wylocie produktów - 10 mm,
- wielkość powierzchni roboczej - 0,025 m²,
- kąt nachylenia koryta do poziomu - 15° - 25°,
- obciążenie jednostkowe - 4 t/m²/h,
- zużycie powietrza określane przepływomierzem RIN 403 - 18 m³/h. Powietrze jest sprężane dmuchawą MW-14 o sprężu $\Delta P = 630 \text{ mm H}_2\text{O}$ i wydajności 10 m³/min, która napędzana jest silnikiem o mocy 5,5 kW.

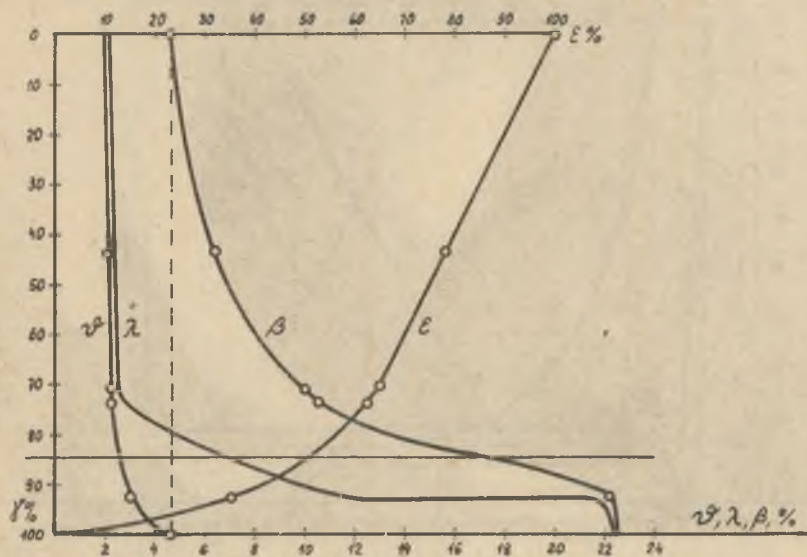
Proces separacji ziarn polega na doprowadzeniu materiału sypkiego na wyżej położony koniec pochylonego separatora, w którym na skutek przechodzącego przez porowatą przegrodę powietrza ulega on fluidyzacji i jako ładunek upłyniony opuszcza urządzenie przez niżej położony koniec (wylot). W czasie przepływu materiału przez urządzenie w postaci sfluidyzowanego ładunku, następuje grupowanie się ziarn cięższych w pobliżu porowatej przegrody, w postaci warstwy posuwającej się z nieco mniejszą prędkością oraz grupowanie się ziarn lżejszych płynących w warstwie górnej. Umieszczony u wylotu koryta odbieralnik rozdziela poziomo materiał na szereg ciężarowo zróżnicowanych frakcji i odprowadza każdą oddzielnie.

Oznaczenia zawartości siarki całkowitej przeprowadzono metodą Seuthego polegającą na spalaniu próbki w tlenie w temperaturze powyżej temperatury topienia popiołu (+ 1250°) i adsorpcji utworzonego SO₂ w wodzie utlenionej. Powstały kwas siarkowy oznacza się miareczkowo przy użyciu NaOH.

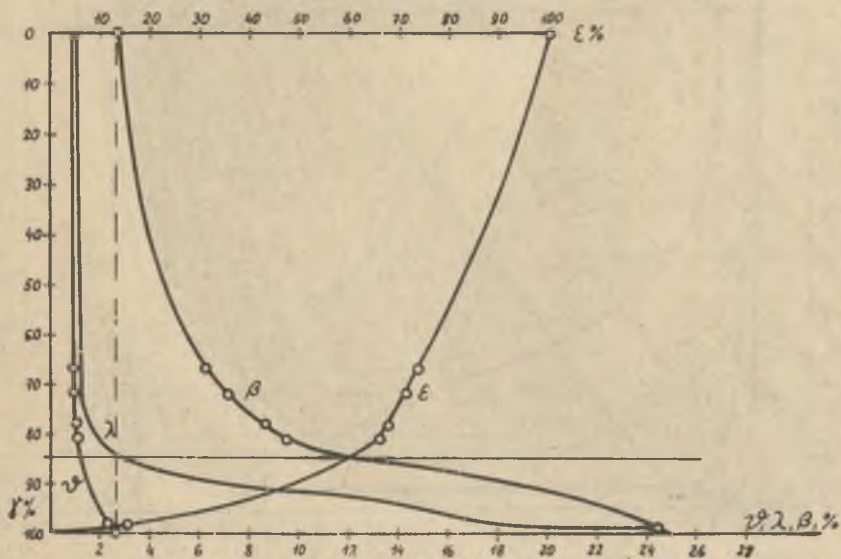
2.3. Wyniki doświadczeń

W każdej z wydzielonych w separatorze frakcji, po określeniu jej wochodu wagowego w stosunku do nadawy, oznaczono zawartość siarki całkowitej. Otrzymane wyniki były podstawą do wykreślenia krzywych wzbogacalności według Henry'ego zamieszczonych na rysunkach 2 do 8.

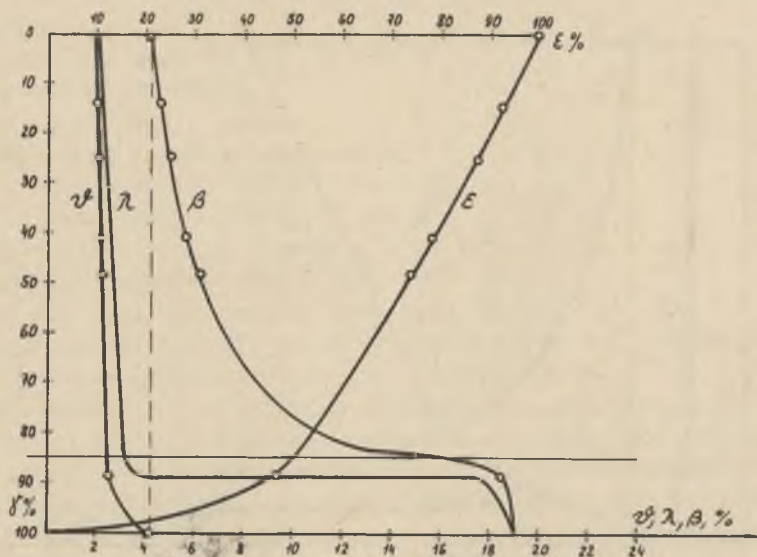
Z krzywych wzbogacalności przy wychodzie koncentratów rzędu 80% odczytano zawartości siarki w koncentratkach, odpadach oraz uzyski siarki w poszczególnych produktach. Wartości te zamieszczono w tablicy 3. Zaznaczyć należy, że przedstawione krzywe wzbogacalności są średnią trzech doświadczeń.



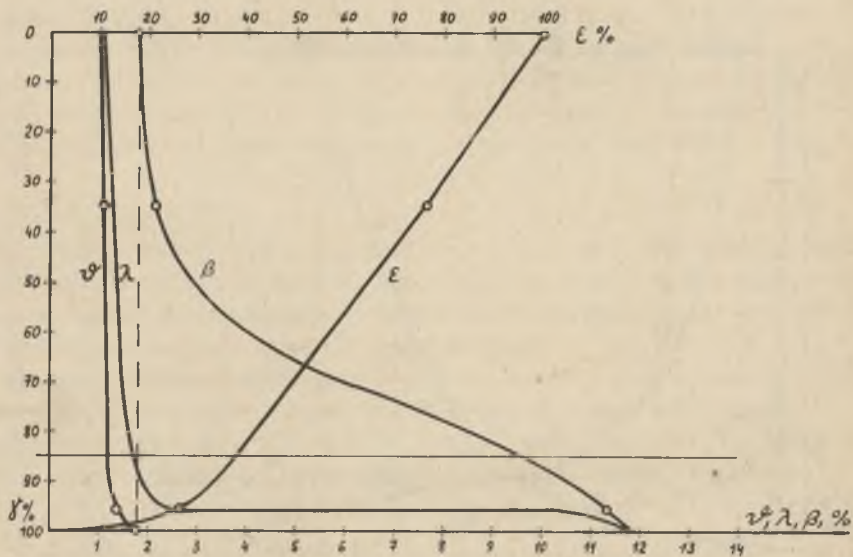
Rys. 2. Węgiel z kopalni "Komuna Paryska". Krzywe wzbogacalności klasy 1-0 mm



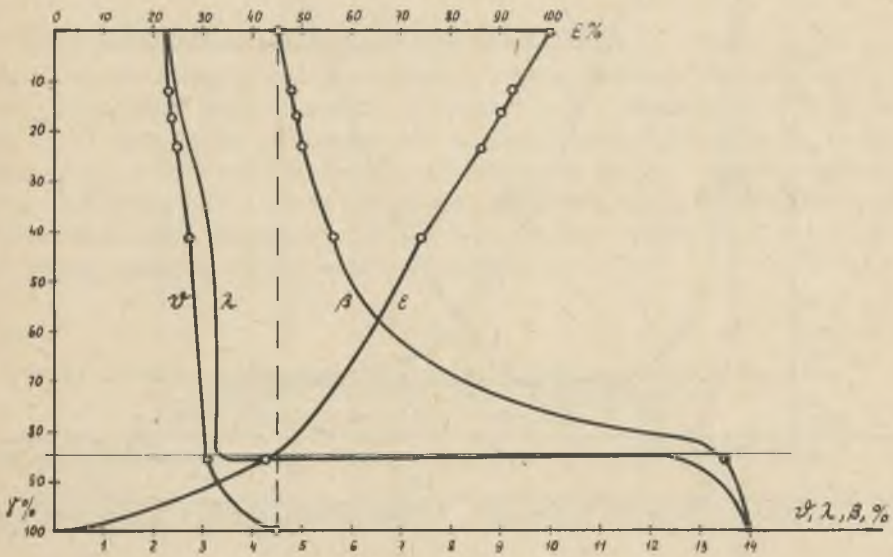
Rys. 3. Węgiel z kopalni "Komuna Paryska". Krzywe wzbogacalności klasy 1-0,5 mm



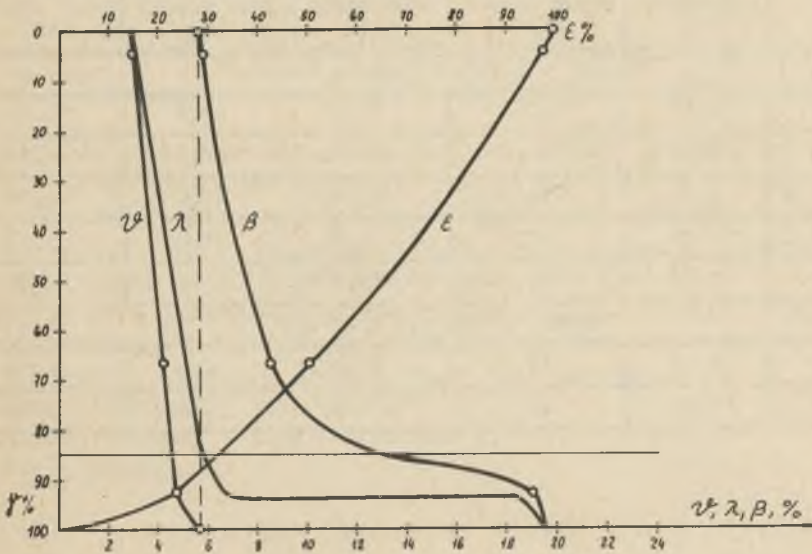
Rys. 4. Węgiel z kopalni "Komuna Paryska". Krzywe wzbogacalności klasy 0,5-0 mm



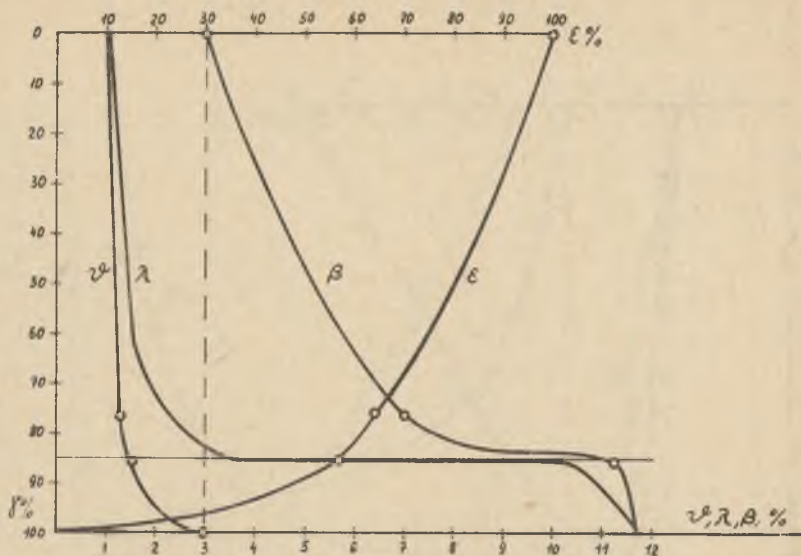
Rys. 5. Węgiel z kopalni "Komuna Paryska". Krzywe wzbogacalności klasy 0,5-0,25 mm



Rys. 6. Węgiel z kopalni "Komuna Paryska". Krzywe wzbogacalności klasy 0,25-0 mm



Rys. 7. Węgiel z kopalni "Siersza". Krzywe wzbogacalności klasy 0,5-0 mm



Rys. 6. Węgiel z kopalni "Siersza". Krzywe wzbogacalności klasy 3-0,5 mm

Tablica 3

Wyniki odsiarczania węgla w laboratoryjnym separatorze fluidyzacyjnym

Klasa ziarnowa (mm)	Koncentrat o wychodzie wagowym 85%		Odpady o wychodzie wagowym 15%		Nadawa zaw. siarki (%)
	zaw. siarki (%)	uzysk siarki (%)	zaw. siarki (%)	uzysk siarki (%)	
Węgiel z kopalni "Komuna Paryska"					
1-0	2,60	50,0	17,40	50,0	4,56
0,5-0	2,50	50,0	16,60	50,0	4,31
1-0,5	1,35	39,0	13,00	61,0	2,77
0,5-0,25	1,20	63,0	7,60	37,0	1,74
0,25-0	3,20	57,0	13,30	43,0	4,47
Węgiel z kopalni "Siersza"					
0,5-0	4,60	66,0	12,40	34,0	5,60
3-0,5	1,50	45,0	9,00	55,0	2,94

3. Badania ćwierćtechniczne

3.1. Charakterystyka materiału i przygotowanie prób

Badania ćwierćtechniczne odsiarczania przeprowadzono dla prób węgla z kopalni: "Jaworzno" szyb "Bierut", "Jaworzno" szyb "Kościszko" i "Siersza". Miały tych węgla po podsuszeniu do stanu powietrzno-suchego (z wyjątkiem węgla z kopalni "Siersza") rozdrobiono w młynie udarowo-pneumatycznym konstrukcji Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze. W młynie stosowano sito klasyfikacyjne $\phi = 6$ mm dające podobne dla różnych prób składy ziarnowe przedstawione w tablicy 4.

Tablica 4

Skład ziarnowy próby węgla z kopalni "Jaworzno" szyb Kościszko
po przemiale w młynie udarowo-pneumatycznym
przy użyciu sita klasyfikacyjnego $\phi 6$ mm

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód wagowy (%)	Zawartość siarki (%)
6-3	2,4	7,42
3-2	0,8	8,12
2-1	6,9	3,98
1-0,5	31,1	2,94
0,5-0,25	21,0	2,37
0,25-0,10	22,5	2,64
0,10-0,06	6,9	4,12
-0,06	8,4	3,53
Nadawa	100,0	3,07

Wybór tego typu urządzenia kruszącego jak również wielkość sit klasyfikacyjnych był rezultatem uzyskanych wyników odsiarczania w pracy Lewickiego [11]. Kruszenie udarowe w młynach osrodkowych odrzutowych jako najbardziej selektywne dla uwolnienia pirytu z węgla sugerują również inni autorzy zajmujący się problemem odsiarczania węgla [12].

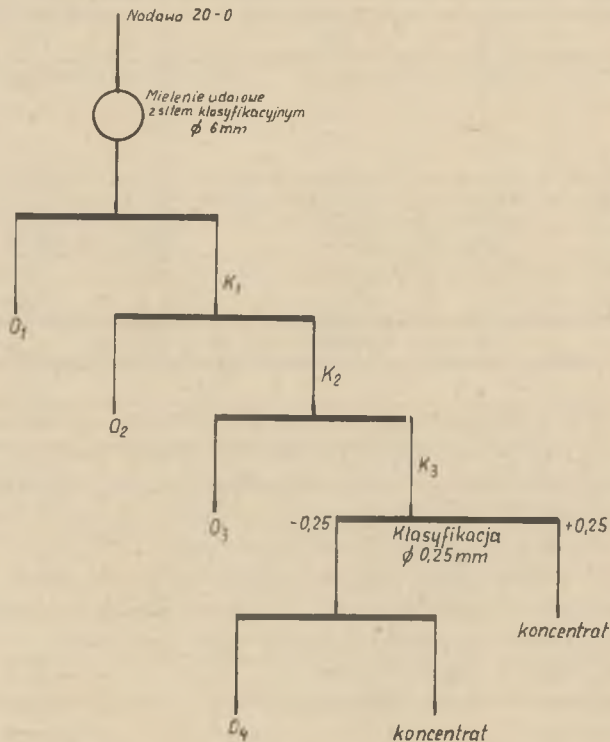
Rozdrobione w młynie próby poszczególnych węgla stanowiły nadawę dla procesu odsiarczania fluidyzacyjnego. W próbach określono zawartość wilgoci całkowitej, która dla poszczególnych węgla wynosiła:

- kopalnia "Jaworzno" - szyb "Bierut" - 9,85%
- kopalnia "Jaworzno" - szyb "Kościszko" - 10,02%
- kopalnia "Siersza" - 15,10%

3.2. Charakterystyka separatora i sposób prowadzenia doświadczeń

Doświadczenia ćwierćtechniczne odsiarczania prowadzono na separatorze fluidyzacyjnym o działaniu ciągłym podobnej konstrukcji jak opisany separator laboratoryjny. Separator zbudowany w skali ćwierćtechnicznej charakteryzuje się następującymi danymi:

- wydajność - 2,1 t/h,
- wymiary koryta:
 - długość - 700 mm,
 - szerokość: przy wlocie nadawy - 100 mm,
 - przy wylocie produktów - 40 mm,
- wielkość powierzchni roboczej - 0,049 m²,
- szerokość szczelin sita x grubość pręta - 1 x 1 mm,
- kąt nachylenia koryta do poziomu - 20°,
- obciążenie jednostkowe - 24 t/m²/h,
- zużycie powietrza - 36 m³/h.



Rys. 9. Schemat prowadzenia doświadczeń

Separator jest zasilany dmuchawą MW 14 o sprężu $\Delta P = 630 \text{ mm H}_2\text{O}$ i wydajności $10 \text{ m}^3/\text{min}$. Dmuchawa napędzana jest silnikiem o mocy $5,5 \text{ kW}$.

Doświadczenia prowadzono według schematu przedstawionego na rys. 9.

Zgodnie z schematem z separatora odbierano dwa produkty: koncentrat i odpady, po czym koncentrat zawracano do wzbogacania wydzielając znów odpady. W ten sposób otrzymano szereg frakcjonowanych produktów. Wzbogacanie prowadzono trzykrotnie, a w każdorazowo wydzielonych produktach oznaczono: wychód wagowy i zawartość siarki.

Dla próby węgla z kopalni "Jaworzno" - szyb "Kościuszko" przeprowadzono klasyfikację koncentratu III, a wydzieloną klasę $0,25-0 \text{ mm}$ poddano, ze względu na dużą zawartość w niej siarki, wzbogacaniu przy znacznie mniejszym przepływie powietrza fluidyzującego ($8 \text{ m}^3/\text{h}$) i kącie nachylenia separatora 15° , co pozwoliło pogłębić proces odsiarczania.

3.3. Wyniki doświadczeń

Wyniki trójstopniowego odsiarczania dla poszczególnych węgla podano w tablicach 5-7. Celem zobrazowania, w jaki sposób następuje odsiarczenie w poszczególnych klasach ziarnowych dla przykładu podano w tablicy 8 skład ziarnowy koncentratu III z kopalni "Jaworzno" - szyb "Kościuszko" (koncentrat III z tablicy 6).

Tablica 5

Węgiel z kopalni "Jaworzno" szyb Bierut.
Wyniki wzbogacania trójstopniowego po przemiale próbki w młynie przy użyciu sita klasyfikacyjnego $\phi = 6 \text{ mm}$

Produkt	Wychód (%)	Zawartość siarki (%)	Uzysk siarki (%)
Koncentrat III	83,0	1,86	51,4
Odpady III	2,6	6,35	5,3
Koncentrat II	85,6	1,99	56,7
Odpady II	6,5	7,12	15,3
Koncentrat I	92,1	2,34	72,0
Odpady I	7,9	10,62	28,0
Nadawa	100,0	3,00	100,0

Zaznaczyć należy, że rozkład siarki w poszczególnych klasach jest charakterystyczny dla wszystkich przebadanych prób - a zatem charakteryzuje proces fluidyzacyjnego wydzielenia siarki.

Wyniki wzbogacania klasy ziarnowej $0,25-0 \text{ mm}$ wydzielonej z koncentratu III próbki z kopalni "Jaworzno" - szyb "Kościuszko" podano w tablicy 9.

Tablica 6

Węgiel z kopalni "Jaworzno" szyb Kościuszeko.
Wyniki wzbogacania trójstopniowego po przemiale próbki w młynie
przy użyciu sita klasyfikacyjnego $\varnothing = 6$ mm

Produkt	Wychód (%)	Zawartość siarki (%)	Uzysk siarki (%)
Koncentrat III	82,6	1,44	40,8
Odpady III	2,6	4,42	4,0
Koncentrat II	85,2	1,54	44,8
Odpady II	5,3	6,94	12,7
Koncentrat I	90,5	1,86	57,5
Odpady I	9,5	13,00	42,5
Nadawa	100,0	2,91	100,0

Tablica 7

Węgiel z kopalni Siersza.
Wyniki wzbogacania trójstopniowego po przemiale próbki w młynie
przy użyciu sita klasyfikacyjnego $\varnothing = 6$ mm

Produkt	Wychód (%)	Zawartość siarki (%)	Uzysk siarki (%)
Koncentrat III	84,1	1,80	60,0
Odpady III	3,7	3,78	5,5
Koncentrat II	87,8	1,88	65,5
Odpady II	6,3	6,38	15,8
Koncentrat I	94,1	2,20	81,3
Odpady I	5,9	8,06	18,7
Nadawa	100,0	2,53	100,0

Tablica 8

Węgiel z kopalni Jaworzno szyb Kościuszeko.
Zawartość i uzysk siarki w poszczególnych klasach ziarnowych
koncentratu III (tablica 6)

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód (%)	Zawartość siarki (%)	Uzysk siarki (%)
6-2	3,8	1,05	2,3
2-1	8,2	1,25	6,0
1-0,5	33,7	1,11	21,7
0,5-0,25	18,1	1,24	13,1
6-0,25	63,1	1,16	43,1
0,25-0,10	19,2	1,76	19,6
0,10-0,06	7,8	3,87	17,6
-0,06	9,2	3,68	19,7
0,25-0	36,2	2,7	56,9
6-0	100,0	1,71	100,0

Tablica 9

Węgiel z kopalni Jaworzno szyb Kościuszko.
Wyniki wzbogacania trójstopniowego klasy 0,25-0 mm,
odsianej z koncentratu III (tablica 6)

Produkt	Wychód (%)	Zawartość siarki (%)	Uzysk siarki (%)
Koncentrat III	74,8	1,72	44,3
Odpady III	13,6	5,30	18,2
Koncentrat II	88,4	2,05	62,5
Odpady II	4,2	6,43	9,5
Koncentrat I	92,6	2,24	72,0
Odpady I	7,4	11,20	28,0
Nadawa	100,0	2,90	100,0

4. Dyskusja wyników

Pierwsze doniesienia literaturowe na temat separatora fluidyzacyjnego ukazały się w ostatnich latach - ich autorami jest grupa badaczy angielskich [14, 15, 16]. W ostatniej z cytowanych publikacji, która ukazała się w roku 1971 podano również przykład odsiarczania węgla przy użyciu separatora fluidyzacyjnego. Podano, że z węgla o uziarnieniu poniżej 22 mesh (0,577 mm), zawierającego 2,27% siarki (w tym 1,06% siarki pirytovej) i 15,9% popiołu, wydzielono odpady, które przy wychodzie 10,2% zawierały 5,87% siarki (w tym 5,06% siarki pirytovej) oraz 56,3% popiołu i tylko 4,7% części palnych. Z przeliczenia otrzymuje się, że w produkcie tym znalazło się 48% siarki pirytovej zawartej w badanym węglu.

W pracy [6], przy zastosowaniu kombinowanej metody odśrodkowo-elektrostatycznej wydzielono z węgla 30-50% siarki pirytovej.

W doświadczeniach własnych, jak to pokazano na rysunkach 2-7 oraz w tablicach 3 i 5-9 dla większości przypadków wydzielono w odpadach o wychodzie 15,17% powyżej 50% zawartej w węglu siarki, dla przypadku kopalni "Jaworzno" - szyb "Kościuszko" nawet 65%. Należy również dodać, że otrzymane odpady nie były dotychczas przedmiotem badań, ale domielenie ich oraz powtórne wzbogacanie pozwoli odzyskać z nich dodatkowo znaczną ilość części palnych, co poprawi ogólny bilans procesu. Wtórna przeróbka odpadów pozwoli również otrzymać metodą fluidyzacyjną koncentrat o znacznej zawartości pirytu. W pracy wykazano, że wzbogacanie w dużym stopniu zależy od uziarnienia. W separatorze fluidyzacyjnym najlepsze wyniki otrzymuje się dla klas ziarnowych 2-0,25 mm. Wzbogacanie klas drobniejszych (poniżej 0,25 mm) jest możliwe i jak to pokazano w tablicy 9 daje również dobre wyniki. Niemniej jednak dla tak drobnych uziarnień schemat wzbogacania musiałby ulec znacznemu rozbudowaniu. Dla przedstawionego separatora fluidyzacyjnego istotny jest więc proces przygotowania nadawy, w której udział ziarn bardzo drobnych powinien być znacznie ograniczony.

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy, potwierdzają wnioski cytowanych prac autorów angielskich, że separacja fluidyzacyjna może stanowić ciekawe rozwiązanie zagadnienia odsiarczania węgla.

Należy przy tym pamiętać, że wzbogacanie fluidyzacyjne jest procesem prowadzonym na sucho, co pozwala wyeliminować z zakładu przerobczego zagadnienia gospodarki wodnej. W przypadku urobku wilgotnego możliwe jest rozwiązanie fluidyzacyjnego podawania nadawy do separatora, co może stanowić operację suszenia przed wzbogacaniem.

LITERATURA

- [1] Ćwiakowska A.: Niektóre aktualne problemy odsiarczania węgla. Przegląd Górniczy nr 11, 1970.
- [2] Blaschke S., Chmura Cz.: Różnicowanie stopnia zasiarczenia węgla rejonu J.M.Z.P.W., XXI Sesja Naukowa AGH, t. I, Kraków 1971.
- [3] Jurowskij A.Z.: Siera kamiennych ugiełej. Moskwa 1960, Wyd. AN ZSRR.
- [4] Nowak T.: Teoretyczne i praktyczne aspekty odsiarczania polskich węgla. XXI Sesja Naukowa AGH, t. I. Kraków 1971.
- [5] Ćwiakowska A.: Charakterystyka miażdów energetycznych o dużym stopniu zasiarczenia pod kątem stosowania procesów odsiarczania tych miażdów. XXI Sesja Naukowa AGH, t. I. Kraków 1971.
- [6] Abel W.T., Zulkowski M. and Gauntlett G.J.: Dry Separation of Pyrite from Coal. I.E. Chem. Product R/D, 1972, v. 11, No 3.
- [7] Lupa Z. Laskowski J.: Grawitacyjne wzbogacanie rud chromitowych przy wykorzystaniu zjawiska fluidyzacji. Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna SITG, Katowice 1970.
- [8] Laskowski J., Lupa Z., Fedeliński K., Iskra J.: An experimental study of the dressing of chromium ores and its effect on the grade of the refractories. X Conference on the Silicate Industry SILICONF, Budapest, June 1970.
- [9] Zgłoszenie patentowe P 146 714.
- [10] Chrostek K.: Wydzielanie pirytu z węgla metodą wzbogacania fluidalnego. Praca magisterska, Instytut Przeróbki Kopalni, Gliwice 1971.
- [11] Lewicki A.: Badania nad wydzieleniem pirytu z węgla metodą fluidalną. Praca magisterska, Instytut Przeróbki Kopalni Politechniki Śląskiej, Gliwice 1972.
- [12] Lemke K., Kubitzka K.H. und Pinze W.: Aufbereitungstechnische Möglichkeiten zum Senken des Schwefelgehaltes von Kohle, Glückauf 1969, 105, Nr 4.
- [13] Opracowanie metody fluidyzacyjnego odsiarczania węgla. Sprawozdanie dla COBPWiUK SEPARATOR, Gliwice 1972.
- [14] Douglas E., Walsh T.: New type of dry, heavy medium, gravity. Separator. Trans. Institution of Mining and Metallurgy, Section C, 1966, C 226 - X 232.
- [15] Muller L.D., Sayles Ch.P.: Processing Dry Granular Materials. Mining Engineering, march 1971.
- [16] Douglas E., Sayles Ch.P.: Dry Sorting using pneumatically fluidized powders "Fluidization: fundamental studies solid-fluid reactions and applications". AIChE 2 Symposium Series, No 116, vol. 67, 1971.

ОБЕСЕРИВАНИЕ УГЛЕЙ ФЛИДИЗАЦИОННЫМ СЕПАРАТОРОМ

Р е з ю м е

Были проведены лабораторные и четвертьтехнические исследования обесеривания углей флидизационным методом. Исследования проведены сепаратором собственной конструкции. Анализ результатов указывает на возможность внедрения метода в промышленности.

THE DESULPHURIZATION OF COALS IN A FLUIDIZING SEPARATOR

S u m m a r y

There have been carried out laboratory and pilot-plant investigations of separating sulphur from coal by means of fluidization. These investigations were carried out on a separator of the authors' own construction. The analysis of the obtained results displays the possibility of introducing this method into industry for full-scale exploitation.