

Stanisław BŁASZCZYŃSKI, Jan SZPYRKA, Anna ŚWIERKOT-KOPAŁA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## **BADANIA ODSIARCZANIA MUŁÓW KRAJOWYCH WĘGLI ENERGETYCZNYCH WYBRANYMI METODAMI GRAWITACYJNYMI**

**Streszczenie.** Przedstawiono wyniki badań odsiarczania drobno uziarnionych krajowych węgla energetycznych charakteryzujących, się podwyższoną zawartością siarki. Badania oparto na trzech metodach wzbogacania grawitacyjnego - na stole koncentracyjnym, w spirali Reicherta i w separatorze wibrofluidalnym.

## **INVESTIGATIONS OF DESULPHURISATION OF A LOCAL STEAM COAL SLIMES BY CHOSEN METHODS OF GRAVITATIONAL BENEFICIATION**

**Summary.** The paper presents the results of desulphurisation of polish steam coal slimes with higher content of sulphur. Investigations had been realised on three processes of the gravitational coal cleaning - Concentrating Table, Reichert Spirals and Vibro-fluidizability Separator.

### **1. Wprowadzenie**

W ramach realizacji tego tematu przeprowadzono badania możliwości odsiarczania mułów węgla energetycznych o uziarnieniu poniżej 1 mm z czterech kopalni, których urobek charakteryzuje się podwyższoną zawartością siarki. Badania nad odsiarczaniem mułów węgla oparto na metodach grawitacyjnych, w tym dwóch znanych w przeróbce od wielu lat - wzbogacania na stole koncentracyjnym oraz wzbogacania na spirali Reicherta, lecz w niewielkim stopniu stosowanych w polskim przemyśle węglowym oraz na nowej metodzie

opracowanej przez doc. dr inż. Stanisława Błaszczynskiego - wzbogacanie wibrofluidalne, która nie znalazła jeszcze szerokiego zastosowania.

Zastosowanie metod grawitacyjnego wzbogacania do odsiarczania polskich wsadowych węgla jest możliwe ze względu na znaczną przewagę pirytowej formy występowania siarki. Duża różnica w gęstościach pomiędzy substancją węglową i skałą płonną oraz ziarnami pirytu, które posiadają gęstość około dwa razy większą od gęstości skały płonnej, pozwala założyć sensowność stosowania takich metod dla bardzo drobnych ziarn.

Bardzo ważną podstawą do wykonania tego typu badań, które były prowadzone w skali półtechnicznej na instalacjach zbudowanych w hali technologicznej Katedry Przeróbki, było przygotowanie materiału do badań na podstawie 5-tonowych średnich próbek miałków. Wykluczono oparcie badań na materiałach w postaci mułków pobranych w instalacjach przemysłowych tych kopalń, gdyż z własnych doświadczeń wiadomo, że nie ma możliwości pobrania wiarygodnych próbek mułków z takich instalacji. Skład jakościowy i ilościowy próbek pobranych z ww. instalacji jest obciążony bardzo dużym błędem wynikającym z segregacji ziaren ciała stałego zarówno w strumieniu płynącym w rurociągach, jak i w rzepiach wchodzących w skład obiegu wodno-mułowego zakładów przerobczych. Dlatego konieczne było wytwarzanie porcji nadawy mułowej, która w całości była wykorzystywana do realizacji doświadczenia jedną z trzech badanych przez nas metod.

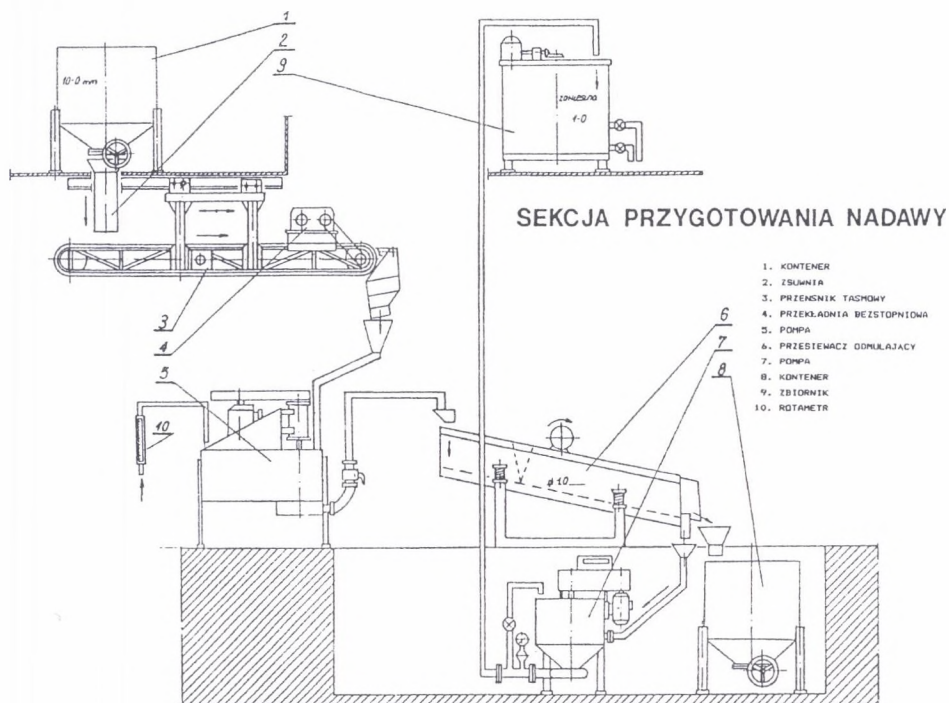
Kolejność działań w ramach realizacji ww. tematu była przyjęta zgodnie z podstawowymi kanonami działań przerobczych. W pierwszej kolejności wykonano badania granulometryczne i densymetryczne poszczególnych węgla na podstawie precyzyjnie uśrednionych próbek i wydzielonych do tych analiz. Charakterystykę poszczególnych klas ziarnowych i frakcji ciężarowych oparto na analizie zawartości w nich popiołu i siarki ogólnej.

## **2. Opis instalacji badawczych w skali 1/4 technicznej, za pomocą której zrealizowano badania możliwości odsiarczania mułków węgla energetycznych z czterech wybranych kopalń przemysłu węglowego**

Dla potrzeb badań w zakresie wzbogacania i odsiarczania mułków węgla energetycznych zmontowano instalacje badawcze w skali 1/4 technicznej. Badania technologiczne prowadzono dla mułków węglowych o uziarnieniu 1-0 mm wydzielonych z próbek dostarczonych przez kopalnie w klasie ziarnowej 20-0 mm.

Badania przeprowadzono na instalacjach składających się z pięciu niezależnych sekcji.

W pierwszym etapie przygotowania nadawy na wzbogacalniki wydzielono miął o uziarnieniu 10-0 mm w sekcji klasyfikacji wstępnej. Podstawowym urządzeniem jest tu przesiewacz wibracyjny o kołowym kształcie drgań z sitem o otworach 10 mm. Wydzielona klasa 10\_0 mm kierowana była do sekcji przygotowania nadawy do wzbogacalników.



Rys. 2.1. Schemat sekcji przygotowania nadawy

Fig. 2.1. Scheme of the feed preparations plant

Sekcja przygotowania nadawy przedstawiona jest na schemacie – rys.2.1. Miął węglowy w klasie 10-0 mm podawany był z kontenera 1 podajnikiem taśmowym 3 do pompy 5, skąd już w postaci zawiesiny był podawany na przesiewacz odmulający z napędem wibracyjnym kołowym 6. Odpowiednie zagęszczenie zawiesiny uzyskiwano dzięki możliwości sterowania dopływem materiału suchego (poprzez regulację bezstopniową 4 prędkości przesuwu taśmy podajnika) jak i wody podawanej do pompy 7 przez rotametr 10. Przesiewacz odmulający wyposażony w sito o otworach 1 mm pozwoliło na wydzielenie mułu węglowego o uziarnieniu

1-0 mm w postaci zawiesziny transportowanej pompą 7 do zbiornika 9. Tak przygotowane muły węglowe stanowiły nadawę do badań możliwości wzbogacania i odsiarczania metodami grawitacyjnymi.

Zastosowano trzy metody wzbogacania grawitacyjnego. Zmontowano zatem trzy niezależne stanowiska badawcze w postaci oddzielnych sekcji wzbogacania.

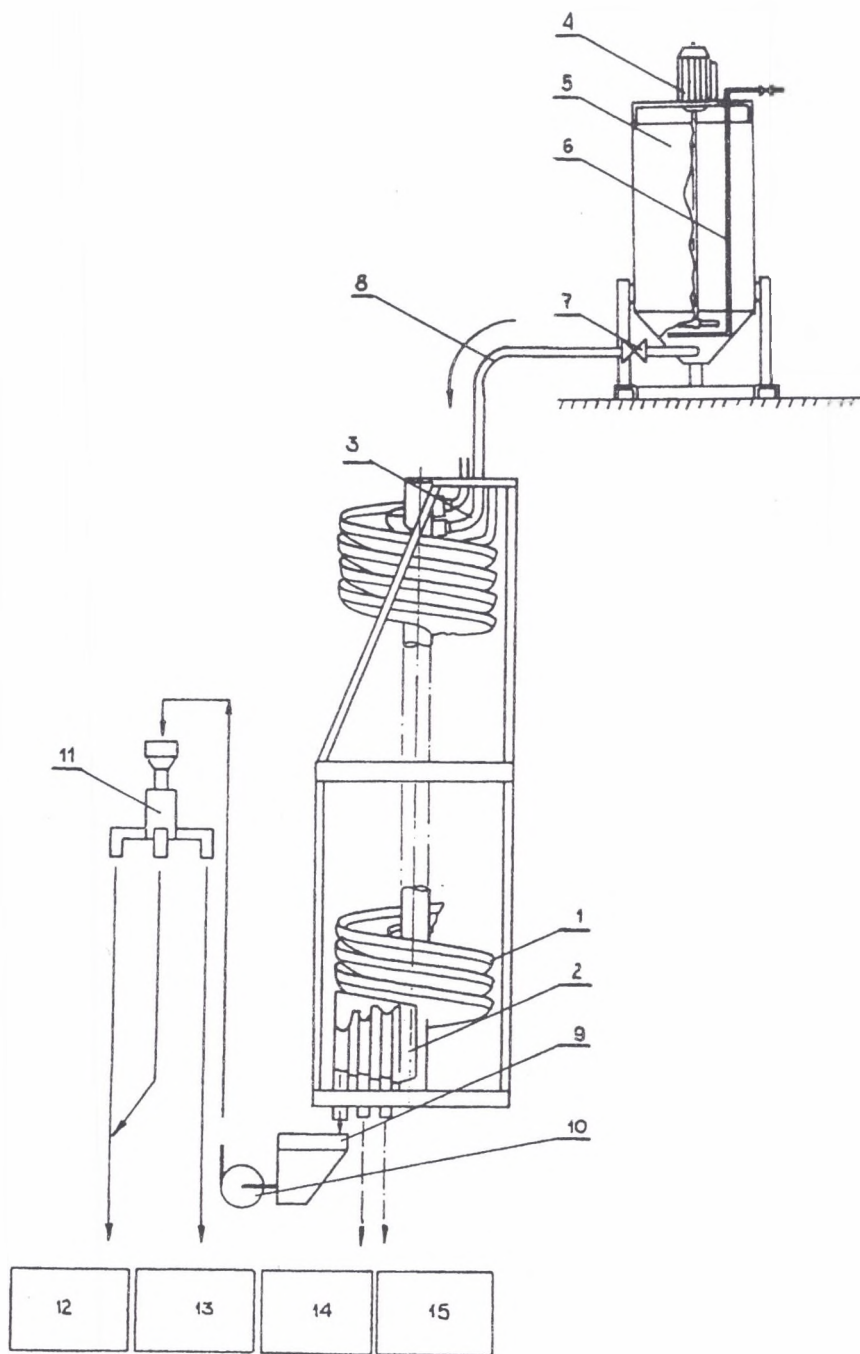
W pierwszym etapie badania prowadzono na laboratoryjnym stole koncentracyjnym podpartym, wstrząsanym, z napędem typu Wilfley.

Dane techniczne stołu:

- długość płyty - 1250 mm,
- szerokość płyty:
  - od strony napędu - 600 mm,
  - od strony rozładowniczej - 430 mm,
- amplituda wahań - 8-20 mm,
- liczba wahań - 0-350 1/min,
- kąt nachylenia poprzecznego - 0-7°,
- kąt nachylenia podłużnego - 0-30°,
- ilość wody dodatkowej podawanej na stół:
  - natryskiem lewym - 0.15-0.47 m<sup>3</sup>/h,
  - natryskiem prawym - 0.15-0.47 m<sup>3</sup>/h,
- obciążenie płyty stołu - 100 kg/h,
- moc silnika - 1.5 kW,

Wodę dodatkową podawano na płytę stołu poprzez zbiornik wyrównawczy na dwa natryski równocześnie (lewy i prawy), a zmianę jej ilości regulowano poprzez zastosowanie dysz o zróżnicowanej średnicy wewnętrznej w przedziale 4-7 mm. Zapewniało to określony przepływ ze stałym natężeniem, czego nie można było uzyskać z zastosowaniem rotametrów przy zasilaniu z sieci wodociągowej.

Nadawę na płytę stołu podawano z mieszalnika z mieszadłem mechanicznym i dyfuzorem. Średnicę dyszy wylewowej 8 mm ustalono na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań, biorąc pod uwagę najkorzystniejsze obciążenie płyty stołu.



Rys. 2.2. Schemat stanowiska badawczego ze spiralą Reicherta  
 Fig. 2.2. Scheme of the tests instalation with the Reichert spirals

W skład stanowiska badawczego drugiej zastosowanej metody (rys. 2.2) wchodzi:

1. spirala Reicherta LD4,
2. rozdzielacze produktów,
3. wlot nadawy,
4. mieszalnik,
5. zbiornik nadawy,
6. aerator,
7. zawór,
8. przewód nadawczy,
9. rżapie koncentratu,
10. pompa,
11. kwartownik,
12. 12 i 13. zbiorniki koncentratu,
13. zbiornik półproduktu,
14. zbiornik odpadów.

Nadawę na separator przygotowano w zbiorniku nadawczym 5, a następnie, po odpowiednim ujednorodnieniu zawiesiny, poprzez mieszanie mechaniczne oraz oddziaływanie sprężonym powietrzem i opróbowaniu, kierowano bezpośrednio na drugą sekcję wzbogacalnika spiralnego 1. Wielkość obciążenia regulowano za pomocą zaworu 7. Produkty wzbogacania odbierano w następujący sposób: koncentrat, którego objętościowo było najwięcej, kierowano za pomocą pompy 10 do kwartownika 11, a następnie do zbiornika koncentratu, półprodukt i odpady odprowadzano odpowiednio do zbiorników 14 i 15.

### **Charakterystyka separatora spiralnego stosowanego w badaniach**

Według oceny producenta wzbogacalnik spiralny Reicherta typ LD4 przeznaczony jest do wzbogacania drobnych ziaren węgla o wymiarach od 3 (2) do 0.075 mm o dużej jak i niskiej zawartości popiołu. Korzystniejsze wyniki separacji ziaren odpadowych otrzymuje się dla uziarnienia poniżej 1.5 mm oraz w przypadku podziału na węższe klasy ziarnowe - tym węższe, im mniejsza jest różnica gęstości pomiędzy ziarnami odpadu i koncentratu.

Wzbogacalnik ten jest urządzeniem nie wymagającym dodatkowej wody zmywającej. Przekrój rynny wzbogacalnika jest złożony - część wewnętrzna ma mniejsze nachylenie niż część zewnętrzna. Punkt przecięcia tych części przesuwają się promieniowo z centralnej

kolumny z góry rynny w jej dół. Spirala LD4 ma zestaw rozdzielaczy umieszczony w punkcie wyladowczym rynny. Rozdzielacze pozwalają odebrać trzy produkty: odpady, półprodukt i koncentrat o żądanej zawartości popiołu. Ponadto w rynnie umieszczone są dodatkowe rozdzielacze odpadów. Kierują one łatwiejsze do wydzielenia ziarna pirytu i odpadów do odrębnego kanału odpadów, znajdującego się wewnątrz głównej rynny. Spirala LD4 może być montowana z pojedynczym, podwójnym i potrójnym kanałem nadawczym. W przypadku podwójnych i potrójnych kanałów nadawczych odpowiednie rozdzielacze są połączone ze sobą w punkcie odbiorczym; przesunięcie jednego z rozdzielaczy pociąga za sobą odpowiadający mu rozdzielacz na każdej z dwu lub trzech spiral.

Spirale mogą być montowane w zestawach po dwie lub cztery. Wzbogacalniki spiralne pracują efektywnie przy zagęszczeniu zawiesiny rzędu 25-45% części stałych (wagowo).

Zastosowana w badaniach spirala była typu podwójnego i charakteryzowała się następującymi parametrami technicznymi:

- wysokość separatora: 3000 mm,
- liczba zwojów: 5 (pojedyncza spirala),
- skok zwoju: 396 mm,
- średnica rynny: 920 mm.

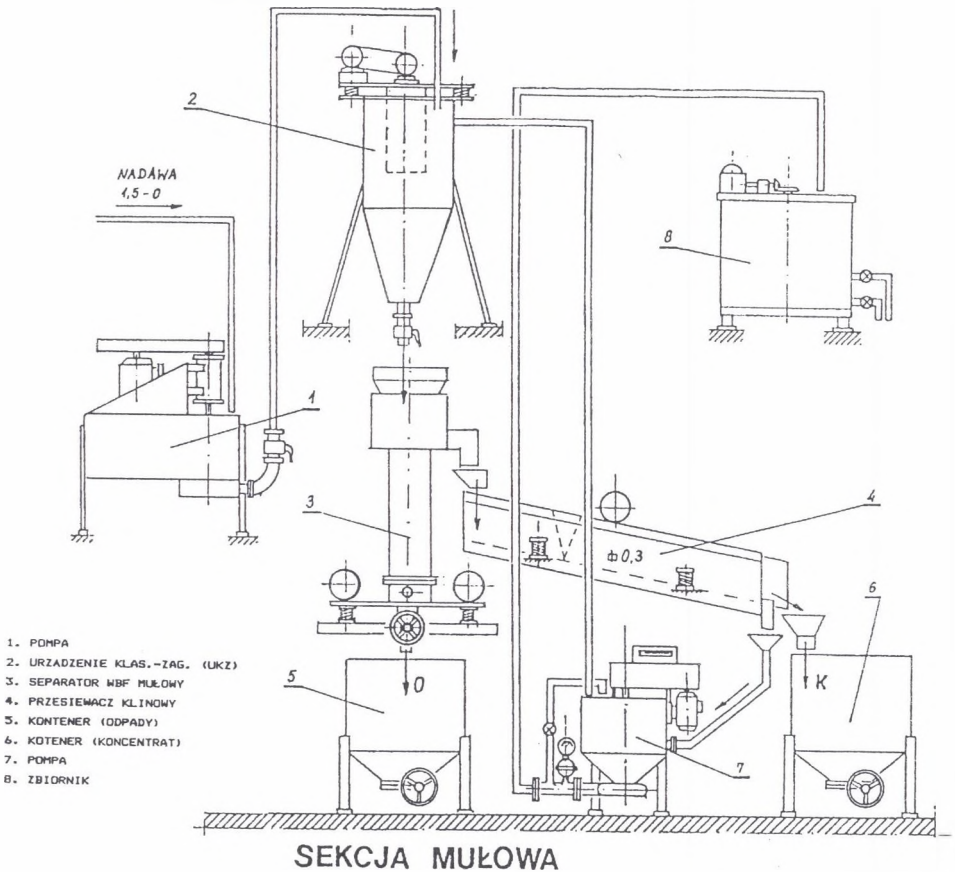
Dla potrzeb badań w zakresie wzbogacania i odsiarczania mułów metodą wibrofluidalną zmontowano instalację, której schemat jako sekcji mułowej wzbogacania wibrofluidalnego znajduje się na rys. 2.3.

Poza tradycyjnie stosowanymi w przeróbce węgla urządzeniami zastosowana nowa technologia ujmuje jako zasadniczy trzon jej realizacji następujące urządzenia:

- separator wibrofluidalny mułowy,
- urządzenie klasyfikująco-zagęszczające,
- przesiewacz klinowy.

Współdziałanie tych urządzeń składa się na ostateczny dobry efekt technologiczny procesu wzbogacania metodą wibrofluidalną. Muł o uziarnieniu 1-0 mm w postaci zawiesiny zgromadzonej w zbiorniku 11 stanowił nadawę do procesu. Pompa 1 podawała nadawę do urządzenia klasyfikująco-zagęszczającego UKZ z sitem 0.5 mm. Przelew z UKZ kierowany był poprzez pompę 7 do zbiornika 8. Wylew z UKZ stanowił nadawę do separatora WBF mułowego 3.

Odpady odbierane były do kontenera 5. Koncentrat był kierowany na przesiewacz klinowy z sitem 0.3 mm i trafiał do kontenera 6. Przesącz spod przesiewacza klinowego poprzez pompę 7 trafiał do zbiornika 8.



Rys. 2.3. Schemat stanowiska badawczego z separatorem wibrofluidalnym  
Fig. 2.3. Scheme of the tests instalation with the Vibro-fluidizability Separator

### 3. Analizy granulometryczne i uproszczone analizy densymetryczne

Badania wzbogacania i odsiarczania przeprowadzono dla mułów węgla energetycznych wydzielonych z dostarczonych czterech 5-tonowych próbek miazgu surowego.

Wyniki analiz granulometrycznych dostarczonych miazgów surowych ujmują tab. 3.1, 3.4, 3.7 oraz 3.10.



Tabele 3.2, 3.5, 3.8 oraz 3.11 ujmują wyniki analiz granulometrycznych mułów surowych o uziarnieniu 1-0, mm wydzielonych z dostarczonych próbek węgla.

Tabele 3.3, 3.6, 3.9 oraz 3.12 ujmują wyniki uproszczonych analiz densymetrycznych mułów surowych w klasie 1-0.12 mm.

### Charakterystyka węgla surowego z kopalni A

W tab. 3.1 przedstawiono pełną charakterystykę granulometryczną dostarczonej z kopalni A próbki miału surowego. Średnie zawartości popiołu oraz siarki wynoszą odpowiednio  $A^a=36.98\%$  i  $S_t^a=1.79\%$ . Udział klasy 1-0 mm w całości dostarczonej próbki wynosi 35.56%. Charakterystykę granulometryczną tej klasy ujmuje tabela 3.2. Średnia zawartość popiołu w klasie 1-0 mm wynosi  $A^a=46.79\%$  przy średniej zawartości siarki  $S_t^a=1.90\%$ . Udział ziaren najdrobniejszych <0.042 mm jest wysoki i wynosi 45.18%. Najdrobniejsze ziarna charakteryzują się bardzo wysokim zapocieniem, wynoszącym  $A^a=66.81\%$  przy jednocześnie obniżonej zawartości siarki  $S_t^a=1.50\%$ . Średnia zawartość popiołu w klasie 1-0.12 mm wynosi  $A^a=29.90\%$  przy średniej zawartości siarki  $S_t^a=2.18\%$ . Najwyższe zawartości siarki występują w klasie 0.12-0.042 mm ( $S_t^a=2.50\%$ ).

Tabela 3.1

Wyniki analizy granulometrycznej próbki węgla surowego 20-0 mm z kopalni A

| Klasa<br>ziarnowa<br>[mm] | Wychód<br>[%] |            | Zawartość popiołu<br>$A^a$<br>[%] | Zawartość siarki<br>$S_t^a$<br>[%] |
|---------------------------|---------------|------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                           | Klasy         | Sumaryczny |                                   |                                    |
| 20-10                     | 8.42          | 8.42       | 28.15                             | 1.52                               |
| 10-6                      | 11.75         | 20.17      | 27.89                             | 1.59                               |
| 6-3                       | 17.84         | 38.01      | 33.57                             | 1.62                               |
| 3-2                       | 12.44         | 50.45      | 32.06                             | 1.63                               |
| 2-1                       | 13.99         | 64.44      | 30.72                             | 1.85                               |
| 1-0.5                     | 8.47          | 72.91      | 29.89                             | 2.25                               |
| -0.5                      | 27.09         | 100.00     | 53.61                             | 1.98                               |
| Suma/średnia              | 100.00        |            | 36.98                             | 1.79                               |

Tabela 3.2

Wyniki analizy granulometrycznej mułu surowego o uziarnieniu 1-0 mm z kopalni A

| Klasa ziarnowa [mm] | Wychód [%] |            | Zawartość popiołu A <sup>a</sup> [%] | Zawartość siarki S <sub>t</sub> <sup>a</sup> [%] |
|---------------------|------------|------------|--------------------------------------|--|
|                     | klasy      | sumaryczny |                                      |  |
| 1-0.5               | 22.24      | 22.24      | 30.14                                | 2.25   |
| 0.5-0.3             | 7.14       | 29.38      | 30.96                                | 2.00   |
| 0.3-0.2             | 8.53       | 37.91      | 29.36                                | 2.18   |
| 0.2-0.12            | 8.91       | 46.82      | 28.97                                | 2.15   |
| 0.12-0.088          | 3.93       | 50.75      | 31.43                                | 2.39   |
| 0.088-0.042         | 4.07       | 54.82      | 33.68                                | 2.56   |
| -0.042              | 45.18      | 100.00     | 66.81                                | 1.50   |
| Suma/średnia        | 100.00     |            | 46.79                                | 1.90   |

Tabela 3.3 zawiera wyniki uproszczonej analizy densymetrycznej klasy 1-0.12 mm z dodatkowym określeniem zawartości siarki w poszczególnych frakcjach. Wyniki analizy uzupełniono zawartościami popiołu i siarki dla teoretycznie możliwych do uzyskania koncentratów oraz odpadów. Analiza densymetryczna wykazała, że udział frakcji najlżejszych - najniżej zapopielonych - wynosi około 55%, przy zawartości popiołu poniżej 6%. Udział frakcji najcięższych wynosi 32.38%, przy zawartości popiołu 72.05%. Frakcje ciężarowe < 1.6 g/cm<sup>3</sup> charakteryzują się niską zawartością siarki poniżej 1%.

Tabela 3.3

Wyniki analizy densymetrycznej mułu surowego w klasie 1-0.12 mm z kopalni A

| Frakcja ciężarowa [g/cm <sup>3</sup> ] | Wychód [%] |            |            | Zawartość popiołu A <sup>a</sup> [%] |            |            | Zawartość siarki S <sub>t</sub> <sup>a</sup> [%] |            |
|--|------------|------------|------------|--------------------------------------|------------|------------|--|------------|
|  | frakcji    | sumaryczny | we frakcji | w koncentracie                       | w odpadach | we frakcji | w koncentracie                                   | w odpadach |
| -1.3                                   | 28.87      | 28.87      | 2.66       | 2.66                                 | 29.25      | 0.79       | 0.79   | 2.01       |
| 1.3-1.4                                | 26.52      | 55.39      | 5.98       | 4.25                                 | 40.05      | 0.93       | 0.86   | 2.50       |
| 1.4- 1.6                               | 7.16       | 62.55      | 22.09      | 6.29                                 | 60.30      | 1.98       | 0.99   | 3.44       |
| 1.6-1.8                                | 5.07       | 67.62      | 39.21      | 8.76                                 | 67.60      | 2.70       | 1.11   | 3.72       |
| +1.8                                   | 32.38      | 100.00     | 72.05      | 29.25                                | 72.05      | 3.88       | 2.01   | 3.88       |
| Suma/średnia                           | 100.00     |            | 29.25      |                                      |            | 2.01       |  |            |

**Charakterystyka węgla surowego z kopalni B**

W tabeli 3.4 przedstawiono pełną charakterystykę granulometryczną próbki miazgu surowego z kopalni B. Średnie zawartości popiołu i siarki wynoszą odpowiednio  $A^a=12.39\%$  i  $S_t^a=2.87\%$ . Udział klasy 1-0 mm w całej dostarczonej próbce wyniósł 18.78%. Charakterystykę granulometryczną klasy 1-0 mm przedstawia tab. 3.5. Średnia zawartość popiołu w wymienionej klasie wynosi  $A^a=27.11\%$ , przy średniej zawartości siarki  $S_t^a=2.87\%$ . Udział klas najdrobniejszych  $<0.042$  mm jest stosunkowo nieduży i wynosi około 21%, przy zawartości popiołu  $A^a=49.91\%$  i zawartości siarki 1.51%. Średnia zawartość popiołu w klasie 1-0.12 mm wynosi  $A^a=20.19\%$ , przy średniej zawartości siarki  $S_t^a=4.78\%$ . Najwyższe zawartości siarki występują w klasach z przedziału 1-0.2 mm i wynoszą powyżej 4%.

Tabela 3.4

Wyniki analizy granulometrycznej próbki węgla surowego 20-0 mm z kopalni B

| Klasa<br>ziarnowa<br>[mm] | Wychód<br>[%] |            | Zawartość popiołu<br>$A^a$<br>[%] | Zawartość siarki<br>$S_t^a$<br>[%] |
|---------------------------|---------------|------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                           | klasy         | sumaryczny |                                   |                                    |
| 20-10                     | 19.92         | 19.92      | 7.88                              | 2.02                               |
| 10-6                      | 20.48         | 40.40      | 8.04                              | 2.24                               |
| 6-3                       | 19.09         | 59.49      | 8.92                              | 2.97                               |
| 3-2                       | 10.78         | 70.27      | 10.77                             | 3.24                               |
| 2-1                       | 10.99         | 81.26      | 10.81                             | 3.38                               |
| 1-0.5                     | 7.33          | 88.59      | 21.35                             | 4.88                               |
| -0.5                      | 11.41         | 100.00     | 31.16                             | 3.15                               |
| Suma/średnia              | 100.00        |            | 12.39                             | 2.87                               |

Tabela 3.5

Wyniki analizy granulometrycznej mułu surowego o uziarnieniu 1-0 mm z kopalni B

| Klasa<br>ziarnowa<br>[mm] | Wychód<br>[%] |            | Zawartość popiołu<br>$A^a$<br>[%] | Zawartość siarki<br>$S_t^a$<br>[%] |
|---------------------------|---------------|------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                           | klasy         | sumaryczny |                                   |                                    |
| 1-0.5                     | 40.09         | 40.09      | 21.67                             | 4.98                               |
| 0.5-0.3                   | 21.14         | 61.23      | 19.18                             | 4.94                               |
| 0.3-0.2                   | 5.16          | 66.39      | 16.07                             | 3.98                               |
| 0.2-0.12                  | 4.12          | 70.51      | 16.13                             | 3.02                               |
| 0.12-0.088                | 3.54          | 74.05      | 20.04                             | 2.15                               |
| 0.088-0.042               | 4.98          | 79.03      | 34.16                             | 1.82                               |
| -0.042                    | 20.97         | 100.00     | 49.91                             | 1.51                               |
| Suma/średnia              | 100.00        |            | 27.11                             | 3.85                               |

Tabela 3.6

Wyniki analizy densymetrycznej mułu surowego w klasie 1-0.12 mm z kopalni B

| Fracja ciężarowa [g/cm <sup>3</sup> ] | Wychód [%] |            |            | Zawartość popiołu A <sup>a</sup> [%] |            |            | Zawartość siarki S <sub>t</sub> <sup>a</sup> [%] |            |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|--------------------------------------|------------|------------|--|------------|
|                                       | frakcji    | sumaryczny | we frakcji | w koncentracie                       | w odpadach | we frakcji | w koncentracie                                   | w odpadach |
| -1.3                                  | 40.27      | 40.27      | 2.54       | 2.54                                 | 19.69      | 0.90       | 0.90   | 4.80       |
| 1.3-1.4                               | 30.14      | 70.41      | 7.76       | 4.77                                 | 31.26      | 1.02       | 0.95   | 7.43       |
| 1.4-1.6                               | 3.42       | 73.83      | 20.14      | 5.49                                 | 55.20      | 1.48       | 0.98   | 13.96      |
| 1.6-1.8                               | 4.45       | 78.28      | 34.04      | 7.11                                 | 59.78      | 3.80       | 1.14   | 15.59      |
| +1.8                                  | 21.72      | 100.00     | 65.05      | 19.69                                | 65.05      | 18.00      | 4.80   | 18.00      |
| Suma/średnia                          | 100.00     |            | 19.69      |                                      |            | 4.80       |  |            |

Tabela 3.6 zawiera wyniki uproszczonej analizy densymetrycznej klasy 1-0.12 mm z dodatkowym oznaczeniem zawartości siarki w poszczególnych frakcjach. Udział frakcji najlżejszych wynosi około 70% przy zapopieleniu poniżej 5%. Udział frakcji najcięższych wynosi około 22% o zapopieleniu 65%. Frakcje poniżej 1.6 g/cm<sup>3</sup> charakteryzują się zawartością siarki poniżej 1%.

### Charakterystyka węgla surowego z kopalni C

W tabeli 3.7 przedstawiono pełną charakterystykę granulometryczną próbki miazgi surowego z kopalni C. Średnie zawartości popiołu i siarki wynoszą odpowiednio A<sup>a</sup>=22.33% i S<sub>t</sub><sup>a</sup>=2.94%. Udział klasy 1-0 mm w całej dostarczonej próbce wyniósł 26.21%. Charakterystykę granulometryczną klasy 1-0 mm przedstawia tab. 3.8. Średnia zawartość popiołu w tej klasie wynosi A<sup>a</sup>=26.91%, przy średniej zawartości siarki S<sub>t</sub><sup>a</sup>=2.57%. Udział klas najdrobniejszych jest również stosunkowo niewielki i wynosi około 22%, przy zawartości popiołu A<sup>a</sup>=58.33% i zawartości siarki S<sub>t</sub><sup>a</sup>=1.02%. Średnia zawartość popiołu w klasie 1-0.12 mm wynosi A<sup>a</sup>=16.81%, przy zawartości siarki S<sub>t</sub><sup>a</sup>=3.16%. Najwyższe zawartości siarki występują w klasach ziarnowych z przedziału 1-0.12 mm i wynoszą powyżej 3%.

Tabela 3.9 zawiera wyniki uproszczonej analizy densymetrycznej klasy 1-0.12 mm, z dodatkowym oznaczeniem zawartości siarki w poszczególnych frakcjach. Udział frakcji najlżejszych wynosi znacznie ponad 70%, przy zapopieleniu poniżej 5.5%. Udział frakcji najcięższych wynosi 14.29%, przy zawartości popiołu 68.42%. W tym przypadku frakcje o gęstościach poniżej 1.8 g/cm<sup>3</sup> charakteryzuje niska - poniżej 1% - zawartość siarki.

Tabela 3.7

Wyniki analizy granulometrycznej próbki węgla surowego 20-0 mm z kopalni C

| Klasa<br>ziarnowa<br>[mm] | Wychód<br>[%] |            | Zawartość popiołu<br>A <sup>a</sup><br>[%] | Zawartość siarki<br>S <sub>t</sub> <sup>a</sup><br>[%] |
|---------------------------|---------------|------------|--|--|
|                           | klasy         | sumaryczny |  |  |
| 20-10                     | 20.40         | 20.40      | 22.48                                      | 2.90   |
| 10-6                      | 19.84         | 40.24      | 20.91                                      | 3.06   |
| 6-3                       | 15.24         | 55.48      | 19.05                                      | 3.00   |
| 3-2                       | 9.12          | 64.60      | 20.66                                      | 3.22   |
| 2-1                       | 9.19          | 73.79      | 17.88                                      | 3.24   |
| 1-0.5                     | 10.04         | 83.83      | 16.74                                      | 3.18   |
| -0.5                      | 16.17         | 100.00     | 33.91                                      | 2.33   |
| Suma/średnia              | 100.00        |            | 22.33                                      | 2.94   |

Tabela 3.8

Wyniki analizy granulometrycznej mułu surowego o uziarnieniu 1-0 mm z kopalni C

| Klasa<br>ziarnowa<br>[mm] | Wychód<br>[%] |            | Zawartość popiołu<br>A <sup>a</sup><br>[%] | Zawartość siarki<br>S <sub>t</sub> <sup>a</sup><br>[%] |
|---------------------------|---------------|------------|--|--|
|                           | klasy         | sumaryczny |  |  |
| 1-0.5                     | 37.94         | 37.94      | 16.53                                      | 3.13   |
| 0.5-0.3                   | 20.12         | 58.06      | 17.15                                      | 3.31   |
| 0.3-0.2                   | 7.22          | 65.28      | 16.44                                      | 3.09   |
| 0.2-0.12                  | 5.15          | 70.43      | 18.09                                      | 2.93   |
| 0.12-0.088                | 4.42          | 74.85      | 25.49                                      | 1.70   |
| 0.088-0.042               | 3.02          | 77.87      | 34.16                                      | 1.34   |
| -0.042                    | 22.13         | 22.13      | 58.33                                      | 1.02   |
| Suma/średnia              | 100.00        |            | 26.91                                      | 2.57   |

Tabela 3.9

Wyniki analizy densymetrycznej mułu surowego w klasie 1-0.12 mm z kopalni C

| Fracja<br>ciężarowa<br>[g/cm <sup>3</sup> ] | Wychód<br>[%] |                 |               | Zawartość popiołu<br>A <sup>a</sup><br>[%] |               |               | Zawartość siarki<br>S <sub>t</sub> <sup>a</sup><br>[%] |               |
|---|---------------|-----------------|---------------|--|---------------|---------------|--|---------------|
|   | frakcji       | sumary-<br>czny | we<br>frakcji | w koncen-<br>tracie                        | w<br>odpadach | we<br>frakcji | w koncen-<br>tracie                                    | w<br>odpadach |
| -1.3  | 38.70         | 38.70           | 2.79          | 2.79                                       | 16.93         | 0.66          | 0.66   | 3.11          |
| 1.3-1.4                                     | 34.16         | 72.86           | 8.17          | 5.31                                       | 25.86         | 0.69          | 0.67   | 4.65          |
| 1.4-1.6                                     | 9.83          | 82.69           | 22.44         | 7.35                                       | 48.12         | 1.09          | 0.72   | 9.64          |
| 1.6-1.8                                     | 3.02          | 85.71           | 35.62         | 8.34                                       | 62.70         | 3.50          | 0.82   | 14.50         |
| +1.8  | 14.29         | 100.00          | 68.42         | 16.93                                      | 68.42         | 16.82         | 3.11   | 16.82         |
| Suma/średnia                                | 100.00        |                 | 16.93         |  |               | 3.11          |  |               |

### Charakterystyka węgla surowego z kopalni D

W tab. 3.10 przedstawiono pełną charakterystykę granulometryczną próbki miazgu surowego z kopalni D. Średnie zawartości popiołu i siarki wynoszą odpowiednio:  $A^a=34.16\%$  i  $S_t^a=1.11\%$ . Udział klasy 1-0 mm w całej dostarczonej próbce wyniósł 31.86%. Charakterystykę granulometryczną klasy 1-0 mm przedstawia tab. 3.11. Średnia zawartość popiołu w tej klasie wynosi  $A^a=34.54\%$ , przy średniej zawartości siarki  $S_t^a=1.3\%$ . Udział klas najdrobniejszych  $<0.042$  mm wynosi 28.29%, przy zawartości popiołu  $A^a=54.06\%$  i zawartości siarki  $S_t^a=1.1\%$ . Średnia zawartość popiołu w klasie 1-0.12 mm wynosi  $A^a=26.37\%$ , przy jednoczesnej zawartości siarki  $S_t^a=1.32\%$ . Najwyższe zawartości siarki występują w klasie 0.2-0.042 mm i wynoszą powyżej 1.5%.

Tabela 3.10

Wyniki analizy granulometrycznej próbki węgla surowego 20-0 mm z kopalni D

| Klasa ziarnowa [mm] | Wychód [%] |            | Zawartość popiołu $A^a$ [%] | Zawartość siarki $S_t^a$ [%] |
|---------------------|------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
|                     | klasy      | sumaryczny |                             |                              |
| 20-10               | 14.72      | 14.72      | 40.15                       | 0.72                         |
| 10-6                | 18.27      | 32.99      | 38.88                       | 0.91                         |
| 6-3                 | 15.48      | 48.47      | 30.21                       | 1.12                         |
| 3-2                 | 8.14       | 56.61      | 28.04                       | 1.18                         |
| 2-1                 | 11.43      | 68.04      | 27.11                       | 1.29                         |
| 1-0.5               | 8.65       | 76.69      | 26.98                       | 1.34                         |
| -0.5                | 23.31      | 100.00     | 37.58                       | 1.31                         |
| Suma/średnia        | 100.00     |            | 34.16                       | 1.11                         |

Tabela 3.11

Wyniki analizy granulometrycznej miazgu surowego o uziarnieniu 1-0 mm z kopalni D

| Klasa ziarnowa [mm] | Wychód [%] |            | Zawartość popiołu $A^a$ [%] | Zawartość siarki $S_t^a$ [%] |
|---------------------|------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
|                     | klasy      | sumaryczny |                             |                              |
| 1-0.5               | 26.46      | 26.46      | 27.15                       | 1.32                         |
| 0.5-0.3             | 12.38      | 38.84      | 26.41                       | 1.20                         |
| 0.3-0.2             | 11.33      | 50.17      | 26.18                       | 1.27                         |
| 0.2-0.12            | 12.53      | 62.70      | 24.84                       | 1.51                         |
| 0.12-0.088          | 5.37       | 68.07      | 27.14                       | 1.72                         |
| 0.088-0.042         | 3.64       | 71.71      | 34.47                       | 1.80                         |
| -0.042              | 28.29      | 100.00     | 54.06                       | 1.10                         |
| Suma/średnia        | 100.00     |            | 34.54                       | 1.30                         |

Tabela 3.12 zawiera wyniki uproszczonej analizy densymetrycznej klasy 1-0.12 mm z dodatkowym oznaczeniem zawartości siarki w poszczególnych frakcjach. Udział frakcji najniżej zapopielenych wynosi około 60%. Udział frakcji najcięższych o zapopieleniu powyżej 73% wyniósł 28.23%. Frakcje o gęstościach poniżej 1.8 g/cm<sup>3</sup> charakteryzują się niską zawartością siarki poniżej – 0.7%.

Tabela 3.12

Wyniki analizy densymetrycznej mułu surowego w klasie 1-0.12 mm z kopalni D

| Frakcja ciężarowa [g/cm <sup>3</sup> ] | Wychód [%] |            |            | Zawartość popiołu A <sup>a</sup> [%] |            |            | Zawartość siarki S <sub>t</sub> <sup>a</sup> [%] |            |
|--|------------|------------|------------|--------------------------------------|------------|------------|--|------------|
|  | frakcji    | sumaryczny | we frakcji | w koncentracie                       | w odpadach | we frakcji | w koncentracie                                   | w odpadach |
| -1.3                                   | 40.24      | 40.24      | 2.15       | 2.15                                 | 25.69      | 0.52       | 0.52   | 1.30       |
| 1.3-1.4                                | 19.48      | 59.72      | 5.81       | 3.34                                 | 41.54      | 0.68       | 0.57   | 1.82       |
| 1.4-1.6                                | 8.15       | 67.87      | 20.51      | 5.41                                 | 58.82      | 1.19       | 0.65   | 2.37       |
| 1.6-1.8                                | 3.90       | 71.77      | 35.97      | 7.07                                 | 68.54      | 1.48       | 0.69   | 2.67       |
| +1.8                                   | 28.23      | 100.00     | 73.04      | 25.69                                | 73.04      | 2.83       | 1.30   | 2.83       |
| Suma/średnia                           | 100.00     |            | 25.69      |                                      |            | 1.30       |  |            |

#### 4. Omówienie wyników badań wzbogacania i odsiarczania

Jak zaznaczono we wprowadzeniu, badane węgle poddano podstawowym analizom przeróbczym z oznaczeniem zawartości popiołu i siarki oraz wzbogacaniu trzema metodami: na stole koncentracyjnym, spirali Reicherta oraz metodą wibrofluidalną.

Wyniki wzbogacania węgla z kopalni A przedstawia tab. 4.1. Z węgla surowego o uziarnieniu 1-0 mm, przy średnim zapopieleniu A<sup>a</sup>=46.76% i zawartości siarki S<sub>t</sub><sup>a</sup>=1.90% uzyskano w wyniku wzbogacania na stole koncentracyjnym koncentrat o dużej zawartości popiołu, równej A<sup>a</sup>=39.81% i zawartości siarki S<sub>t</sub><sup>a</sup>=1.22% oraz odpady o zawartości popiołu A<sup>a</sup>=70.08% i siarki S<sub>t</sub><sup>a</sup>=1.92%. Tak duże zapopielenie koncentratu było wynikiem "przejścia" do niego dużej ilości bardzo drobnych ziaren (<0.042 mm) o bardzo dużym zapopieleniu A<sup>a</sup>=66.81%. W procesie odwodnienia koncentratu na przesiewaczu klinowym (bez natrysku) z sitem 0.25 mm nastąpiło częściowe odprowadzenie najdrobniejszych ziaren, co pozwoliło uzyskać produkt o średniej zawartości popiołu A<sup>a</sup>=11.73% i siarki S<sub>t</sub><sup>a</sup>=1.06%.

Tabela 4.1

Wyniki wzbogacania mułu surowego o uziarnieniu 1-0 mm z kopalni A

| Metoda wzbogacania       | Produkty wzbogacania | Wychód [%] | Zawartość popiołu $A^a$ [%] | Zawartość siarki $S_t^a$ [%] |
|--------------------------|----------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
| Stół koncentracyjny      | KONCENTRAT           | 79.48      | 39.81                       | 1.22                         |
|                          | ODPADY               | 20.52      | 70.08                       | 4.62                         |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 46.02                       | 1.92                         |
| Spirala Reicherta        | KONCENTRAT           | 81.25      | 40.27                       | 1.15                         |
|                          | PÓŁPRODUKT           | 11.44      | 70.06                       | 3.12                         |
|                          | ODPADY               | 7.31       | 79.45                       | 8.19                         |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 46.54                       | 1.89                         |
| Separator wibrofluidalny | KONCENTRAT           | 71.47      | 11.50                       | 0.98                         |
|                          | ODPADY               | 28.53      | 71.71                       | 5.19                         |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 28.68                       | 2.18                         |

W efekcie wzbogacania tego samego mułu na spirali Reicherta otrzymano koncentrat o równie dużym zapopieleniu -  $A^a=40.27\%$  i podobnym zasiarczeniu -  $S_t^a=1.15\%$ . Odwadnianie koncentratu na przesiewaczu klinowym, z częściowym odprowadzeniem ziaren najdrobniejszych, doprowadziło do obniżenia zawartości popiołu i siarki w tym produkcie odpowiednio do wartości:  $A^a=11.58\%$  i  $S_t^a=1.02\%$ . Półprodukt ze spirali, charakteryzujący się bardzo dużą zawartością popiołu  $A^a=70.06\%$  i siarki  $S_t^a=3.12\%$ , połączono z odpadami ( $A^a=79.45\%$ ,  $S_t^a=8.19\%$ ) i otrzymano końcowy produkt odpadowy o zapopieleniu  $A^a=73.72\%$  i zawartości siarki  $S_t^a=5.10\%$ .

Rozdział podobnej próbki węgla w technologii wibrofluidalnej, w której wzbogacalnik jest poprzedzony urządzeniem klasyfikująco-zagęszczającym, odprowadzającym dużą ilość najdrobniejszych ziaren przed procesem wzbogacania, sprawia, że otrzymany koncentrat charakteryzuje się niską zawartością popiołu  $A^a=11.50\%$  i siarki  $S_t^a=0.98\%$  w porównaniu z koncentratem ze stołu koncentracyjnego i spirali Reicherta. Odwodnienie tego koncentratu na przesiewaczu klinowym wpływa na dalsze obniżenie zawartości popiołu do  $A^a=9.57\%$  i siarki  $S_t^a=0.91\%$ .

Z porównania wyników wzbogacania kolejnymi metodami węgla drobnouziarnionego z kopalni A najlepszy wynik otrzymano w przypadku wzbogacania metodą wibrofluidalną. Wynik ten jest najbardziej zbliżony do wyniku teoretycznie możliwej charakterystyki koncentratu określonej na podstawie analizy densymetrycznej:  $A^a=8.76\%$  i  $S_t^a=1.11\%$  (tab. 3.3).



Analiza wyników badań przeprowadzonych dla kolejnych prób węgla, tj. z kopalń B, C i D, pozwala stwierdzić, że podobnie jak dla węgla z kopalni A gorsze koncentraty uzyskano na stole koncentracyjnym i spirali Reicherta. Przyczyną było przedostawanie się do koncentratów dużej ilości ziaren najdrobniejszych o dużym zapopieleniu. Odwadnianie łącznie z częściowym odprowadzeniem ziaren najdrobniejszych na przesiewaczu klinowym doprowadzało do znacznego polepszenia parametrów jakościowych koncentratu i uzyskanie w każdym przypadku produktu handlowego dobrej jakości.

Po wzbogacaniu metodą wibrofluidalną otrzymano koncentraty o znacznie mniejszym zapopieleniu w porównaniu z produktami uzyskanymi ze stołu koncentracyjnego lub spirali Reicherta.

Wzbogacanie węgla z kopalni B pozwoliło otrzymać koncentraty o następującym zapopieleniu i zawartości siarki:

- na stole koncentracyjnym:
  - przed odwodnieniem  $A^a=15.08\%$ ,  $S_t^a=1.15\%$ ,
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=8.58\%$ ,  $S_t^a=1.09\%$ ,
- na spirali Reicherta:
  - przed odwodnieniem  $A^a=17.44\%$ ,  $S_t^a=1.18\%$ ,
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=8.82\%$ ,  $S_t^a=1.12\%$ ,
- metodą wibrofluidalną:
  - przed odwodnieniem  $A^a=13.53\%$ ,  $S_t^a=1.20\%$ ,
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=7.95\%$ ,  $S_t^a=1.01\%$ .

Tabela 4.2

Wyniki wzbogacania mułu surowego o uziarnieniu 1-0 mm z kopalni B

| Metoda wzbogacania       | Produkty wzbogacania | Wychód [%] | Zawartość popiołu $A^a$ [%] | Zawartość siarki $S_t^a$ [%] |
|--------------------------|----------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
| Stół koncentracyjny      | KONCENTRAT           | 71.15      | 15.18                       | 1.15                         |
|                          | ODPADY               | 28.85      | 56.36                       | 10.44                        |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 26.99                       | 3.83                         |
| Spirala Reicherta        | KONCENTRAT           | 77.20      | 17.44                       | 1.18                         |
|                          | PÓLPRODUKT           | 10.73      | 53.44                       | 10.56                        |
|                          | ODPADY               | 12.07      | 65.14                       | 15.21                        |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 27.06                       | 3.88                         |
| Separator wibrofluidalny | KONCENTRAT           | 78.87      | 13.53                       | 1.20                         |
|                          | ODPADY               | 21.13      | 58.73                       | 14.51                        |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 23.08                       | 4.01                         |

Z analizy densymetrycznej ww. węgla wynika, że teoretycznie możliwe jest otrzymanie koncentratu o średniej zawartości popiołu  $A^a=7.11\%$  i siarki  $S_t^a=1.14\%$  (tab. 3.6).

Należy podkreślić, że w przypadku wzbogacania ww. węgla otrzymano odpady o bardzo dużej zawartości siarki:

- dla stołu koncentracyjnego  $S_t^a=10.44\%$ ,
- dla spirali Reicherta  $S_t^a=13.08\%$ ,
- dla metody wibrofluidalnej  $S_t^a=14.51\%$ .

Wzbogacanie węgla z kopalni C pozwoliło otrzymać koncentraty o następujących wartościach zawartości popiołu oraz siarki:

- na stole koncentracyjnym:
  - przed odwodnieniem  $A^a=19.73\%$ ,  $S_t^a=0.86\%$
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=8.99\%$ ,  $S_t^a=0.86\%$
- na spirali Reicherta:
  - przed odwodnieniem  $A^a=21.50\%$ ,  $S_t^a=0.94\%$
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=9.18\%$ ,  $S_t^a=0.89\%$
- metodą wibrofluidalną:
  - przed odwodnieniem  $A^a=18.60\%$ ,  $S_t^a=0.85\%$
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=8.53\%$ ,  $S_t^a=0.83\%$

Tabela 4.3

Wyniki wzbogacania mułu surowego w klasie ziarnowej 1-0 mm z kopalni C

| Metoda wzbogacania       | Produkty wzbogacania | Wychód [%] | Zawartość popiołu $A^a$ [%] | Zawartość siarki $S_t^a$ [%] |
|--------------------------|----------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
| Stół koncentracyjny      | KONCENTRAT           | 78.07      | 19.73                       | 0.86                         |
|                          | ODPADY               | 21.93      | 50.95                       | 8.57                         |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 26.58                       | 2.55                         |
| Spirala Reicherta        | KONCENTRAT           | 86.23      | 21.50                       | 0.94                         |
|                          | PÓLPRODUKT           | 6.95       | 58.15                       | 9.35                         |
|                          | ODPADY               | 6.82       | 62.06                       | 16.42                        |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 26.81                       | 2.58                         |
| Separator wibrofluidalny | KONCENTRAT           | 78.87      | 13.53                       | 1.20                         |
|                          | ODPADY               | 21.13      | 58.73                       | 14.51                        |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 23.08                       | 4.01                         |

Z analizy densymetrycznej ww. węgla wynika, że teoretycznie możliwe jest otrzymanie koncentratu o średniej zawartości popiołu  $A^a=8.34\%$  i siarki  $S_t^a=0.82\%$  (tab. 3.9).

Otrzymane odpady ze wzbogacania ww. metodami charakteryzowały się bardzo dużą zawartością siarki:

- dla stołu koncentracyjnego  $S_t^a=8.57\%$ ,
  - dla spirali Reicherta  $S_t^a=12.85\%$ ,
  - dla metody wibrofluidalnej  $S_t^a=14.52\%$ .

W przypadku wzbogacania węgla z kopalni D otrzymano koncentraty o następującym zapopieleniu i zawartości siarki:

- na stole koncentracyjnym:
  - przed odwodnieniem  $A^a=18.52\%$ ,  $S_t^a=0.71\%$
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=7.91\%$ ,  $S_t^a=0.69\%$
- na spirali Reicherta:
  - przed odwodnieniem  $A^a=21.15\%$ ,  $S_t^a=0.85\%$
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=8.36\%$ ,  $S_t^a=0.81\%$
- metodą wibrofluidalną:
  - przed odwodnieniem  $A^a=12.90\%$ ,  $S_t^a=0.75\%$
  - po odwodnieniu (z częściowym odmuleniem)  $A^a=7.83\%$ ,  $S_t^a=0.73\%$

Tabela 4.4

Wyniki wzbogacania mułu surowego w klasie ziarnowej 1-0 mm z kopalni D

| Metoda wzbogacania       | Produkty wzbogacania | Wychód [%] | Zawartość popiołu $A^a$ [%] | Zawartość siarki $S_t^a$ [%] |
|--------------------------|----------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
| Stół koncentracyjny      | KONCENTRAT           | 58.12      | 18.52                       | 0.71                         |
|                          | ODPADY               | 41.88      | 53.45                       | 2.19                         |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 33.15                       | 1.33                         |
| Spirala Reicherta        | KONCENTRAT           | 72.69      | 21.15                       | 0.85                         |
|                          | PÓŁPRODUKT           | 18.27      | 61.89                       | 1.96                         |
|                          | ODPADY               | 9.04       | 76.31                       | 3.81                         |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 33.58                       | 1.32                         |
| Separator wibrofluidalny | KONCENTRAT           | 73.49      | 12.90                       | 0.75                         |
|                          | ODPADY               | 26.51      | 72.62                       | 3.05                         |
|                          | Suma/średnia         | 100.00     | 28.73                       | 1.36                         |

Z analizy densymetrycznej ww. węgla wynika, że teoretycznie możliwe jest otrzymanie koncentratu o średniej zawartości popiołu  $A^a=7.07\%$  i siarki  $S_t^a=0.69\%$  (tab. 3.12).

Otrzymane odpady miały następujące średnie zawartości siarki:

- dla stołu koncentracyjnego  $S_t^a=2.19\%$ ,
- dla spirali Reicherta  $S_t^a=2.57\%$ ,
- dla metody wibrofluidalnej  $S_t^a=3.05\%$ .

## 5. Podsumowanie

Proces odsiarczania metodami grawitacyjnymi oczywiście należy łączyć ze wzbogacaniem, w wyniku którego produkt odpadowy jest mieszaniną skały płońskiej ze skoncentrowanymi w niej ziamami pirytu. Dlatego porównanie wyników rozdziału grawitacyjnego badanymi metodami przedstawiono eksponując zarówno zawartości popiołu, jak i zawartości siarki. W celu syntetycznego zobrazowania efektów przeprowadzonych procesów podajemy zestawienie charakterystyki popiołowo - siarkowej czterech badanych węgli wraz z najlepszymi wynikami.

Analiza zawartości siarki i popiołu w mułach węglowych z wytypowanych kopalń pozwoliła ustalić następujące średnie ich zawartości z:

- kopalni A -  $S_t^a=1.90\%$   $A^a=46,79\%$ ,
- kopalni B -  $S_t^a=3.85\%$   $A^a=27,11\%$ ,
- kopalni C -  $S_t^a=2.57\%$   $A^a=26,91\%$ ,
- kopalni D -  $S_t^a=1.30\%$   $A^a=34,54\%$ .

W wyniku przeprowadzonych badań wzbogacania tych węgli trzema metodami grawitacyjnymi: na stole koncentracyjnym, na spirali Reicherta oraz metodą wibrofluidalną, uzyskano znaczne obniżenie zawartości siarki w odwodnionych (częściowo odmulonych) koncentratów węglowych, przy czym największe obniżenie zawartości siarki i popiołu stwierdzono w przypadku próbek wzbogacanych metodą wibrofluidalną.

Koncentraty ze wzbogacania metodą wibrofluidalną charakteryzowały się następującymi średnimi zawartościami siarki i popiołu dla:

- mułu z kopalni A -  $S_t^a=0.91\%$   $A^a=9,57\%$ ,
- mułu z kopalni B -  $S_t^a=1.01\%$   $A^a=7,95\%$ ,
- mułu z kopalni C -  $S_t^a=0.83\%$   $A^a=8,53\%$ ,
- mułu z kopalni D -  $S_t^a=0.73\%$   $A^a=7,83\%$ .

Uzyskanie koncentratów o mniejszym zapopieleniu metodą wibrofluidalną należy przede wszystkim tłumaczyć wyprowadzeniem części ziaren najdrobniejszych w urządzeniu klasyfikująco - zagęszczającym UKZ przed procesem wzbogacania (rys. 2.1). Należy jednak podkreślić, że na korzyść tej metody przemawia duża wydajność jednostkowa w porównaniu z innymi metodami wzbogacania grawitacyjnego.

## LITERATURA

1. Błaszczński S.: Nowa metoda i technologia grawitacyjnego wzbogacania i odsiarczania miałów i mułów węglowych. Seminarium Sekcji Przeróbki Kopalni Komisji Górniczej PAN o/Katowice, Gliwice 09.12.1997.
2. Błaszczński S.: Możliwości odciążenia obiegów wodno-mułowych. Seminarium Inżynierów Gliwickiej Spółki Węglowej, Gliwice 20.09.1997.
3. Błaszczński S.: Nowe maszyny stanowiące podstawę realizacji technologii wibrofluidalnego wzbogacania i odsiarczania drobno uziarnionych węgla. Konferencja Sekcji Przeróbki Kopalni Komisji Górniczej PAN o/Katowice, Gliwice 07.12.1998.
4. Błaszczński S.: Nowa technologia wzbogacania miałów i mułów węglowych. Seminarium Inżynierów Gliwickiej Spółki Węglowej, Gliwice 15.10.1999.
5. Świerkot-Kopala A., Błaszczński S., Szpyrka J: Określenie rzeczywistej dolnej granicy wzbogacania ziarn węgla w separatorze spiralnym Reicherta. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 225, 1995.

Recenzent: Dr inż. Zofia Ociepa

## Abstract

The paper presents results of investigations of desulphurisation realized by gravitational separating methods. Gravitational beneficiation methods are possible to be use for desulphurisation of polish steam coal slimes because of rise of the pyrite form of sulphur. These methods are rational because of a wide difference of density of coal matter and waste rock or pyrite grains.

Paper presents results of density separations of four various steam coal slimes. The beneficiations were realized in ¼ technical range on the plants structured in the Minerals Processing and Waste Utylization Department of Silesian Institute of Technology by three gravitational methods of beneficiation: on a concetrating table, on a Reichert Spirals and in Vibro-fluidizability Separator. There were obtained sensible reduction of ash and sulphur content in dewaterings coal concentrates. The best results were obtained by vibro-fluidyzability method.