

Janusz GIRCZYS *

Lucjan SUCHY *

PRZYGOTOWANIE ODPADÓW PO WZBOGACANIU ZASIARCZONYCH MIAŁÓW WĘGLOWYCH DO WYDZIELANIA PIRYTÓW

W wielkolaboratoryjnej dwuprzedziałowej osadzarce wzbogacano miał energetyczny z KWK "Siersza". Otrzymane odpady rozdrabniano, zmniejszając w kolejnych dokruszeniach górną granicę wielkości ziarn. Przygotowane tak próbki poddawano analizie ziarnowej densymetrycznej a następnie wydzielone frakcje i klasy chemicznej analizie technicznej. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano charakterystykę technologiczną odpadu jako źródła koncentratu piritowego. Określono górną granicę uziarnienia do którego kruszenie odpadu pozwala na uzyskanie kwalifikowanego koncentratu, jego wychód i jakość.

1. Wprowadzenie.

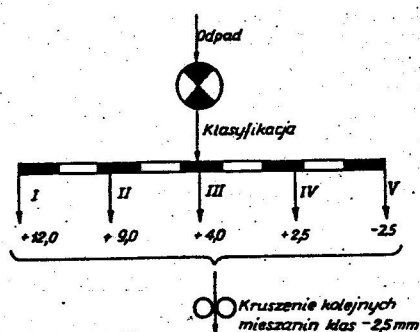
W pierwszym etapie realizacji programu odsiarczania krajowych miałów energetycznych przewidziano budowę zakładu pilotowego wzbogacania miałów przy KWK "Siersza". Wydzielane przez ten zakład w ilości 300 Gg/rok odpady zawierają znaczne ilości pirytu. W następstwie proponowanych przez GIG rozwiązań [J.Girczys i in. 1987 /, składowanie wysokozasiarczonych odpadów nie stwarza większego zagrożenia dla środowiska. Pozostaje jednak problem wykorzystania pirytu, który występuje w odpadach w formie łatwej do wydzielenia w postaci koncentratów o zawartości siarki 30 - 40%. Koncentraty takie mogą stanowić substytut siarki elementarnej w produkcji kwasu siarkowego oraz znaleźć zastosowanie w metalurgii czarnej i kolorowej. Alternatywą stosowania piritów węglowych jako surowca siarkonośnego jest składowanie zasiarczonych odpadów co w konsekwencji spowoduje podniesienie kosztów i bezpowrotną stratę zawartej w odpadach siarki. Badania prowadzono w celu określenia sposobu przygotowania zasiarczonych odpadów z wzbogacania miałów energetycznych do operacji grawitacyjnego wydzielania koncentratów piritowych.

2. Przygotowanie operacji wzbogacania.

Wzbogacanie surowca niezależnie od rodzaju podstawowego procesu jednostkowego poprzedzone jest szeregiem operacji przygotowawczych. Wśród tych operacji najistotniejsze jest rozdrobnienie surowca. Aby operacja ta spełniła warunki narzucone przez naturę odzyskiwanego składnika użytecznego musi być prowadzona dla uwolnienia go a nie dla pomniejszania ziarn. Stąd też charakterystyka surowca w rozumieniu pierwotnego składu mineralogicznego, uziarnienia, składu densymetrycznego i zmian tych cech podczas pomniejszania ziarn do różnych rozmiarów są podstawą dla opracowania optymalnych technicznie i ekonomicznie warunków wydzielania składników użytecznych. Przy znacznych różnicach własności fizycznych minerału użytecznego i składników płonnych zagadnienie wzbogacania sprowadza się do problemu uwolnienia ziarn. Uwolnienie to powinno być prowadzone przy możliwie najmniejszym zużyciu energii. Proces, w którym następuje kruszenie już uwolnionych gotowych do wydzielania ziarn składnika użytecznego jest marnotwórstwem wobec dużych kosztów tej operacji przy równocześnie dosyć niskiej wartości pozyskiwanego produktu.

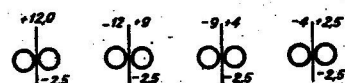
3. Materiały i metodyka.

Materiał wyjściowy do badań stanowiły miaty energetyczne KWK "Siersza", pobrane na terenie kopalni i elektrowni. Próbkę tego miazu poddano wzbogacaniu w wielokolaboratoryjnej doświadczalnej osadzarce dwuprzeciatakowej. W jej szarży wzbogacano 3 Mg miazu z wydzielaniem koncentratu i odpadów i recyrkulacją odpadu lżejszego. Wydzielony odpad posłużył jako materiał modelowy do badań nad przygotowaniem odpadów osadzarkowych po wzbogacaniu miazu energetycznego KWK "Siersza" do procesu wydzielania koncentratów pirytowych przydatnych w produkcji kwasu siarkowego i w metalurgii jako surowiec siarkonośny. Badania pierwszej próbki obejmowały obserwację zmian w składzie ziarnowym, materiału kruszonego, jakie następują podczas dokruszania całego materiału i uzyskanych klas ziarnowych. Schemat postępowania z badanym materiałem przedstawiono na rys. 1. Mielenie prowadzono w laboratoryjnym młynku tarczowym do uziarnienia - 2,5 mm. Druga próbka wydzielonych odpadów była badana w aspekcie wpływu dokruszania na maksymalizację uzysku uwolnionych ziarn pirytu. Schemat postępowania w tej fazie badań przedstawiono na rys. 2. Rozdrabnianie prób zaznaczone na schemacie wykonywano w młynie wielkolaboratoryjnym Luzamech typ MACO. Charakterystykę surowego odpadu przedstawiono na rysunku 3.

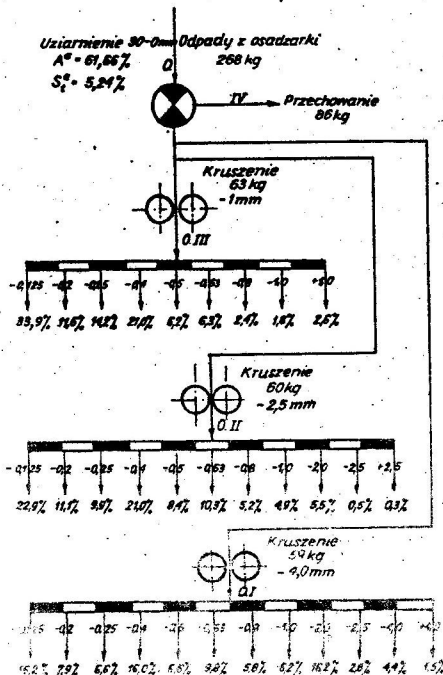


1. I + II + III + IV
2. I + II + III
3. II + III + IV
4. I + III + IV
5. I + II + IV

Kruszenie poszczególnych klas oddzielnie



Analiza sitowa wszystkich produktów kruszenia

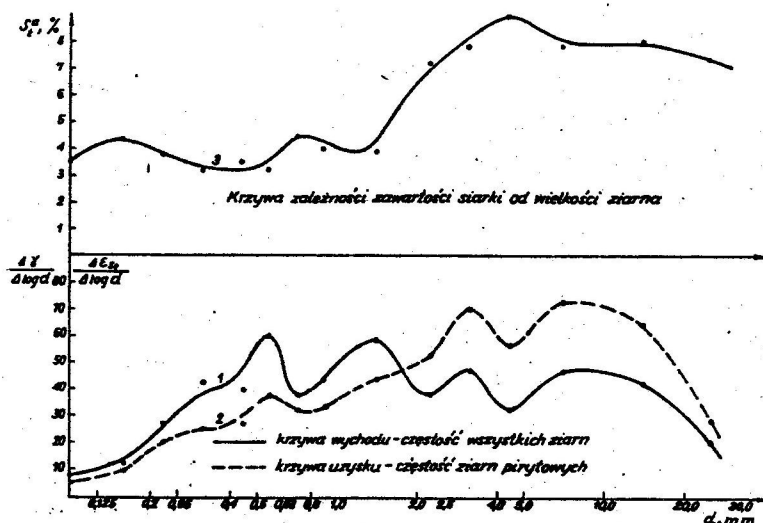


Rys. 1 Schemat dokruszania zestawów różnych klas ziarnowych odpadów wydzielonych w osadzarce doświadczalnej.

Fig.1 Schematic diagram of grain size reduction for various size grades of tailings, separated in experimental jiggers.

Rys. 2 Schemat opróbowania i wyniki analizy ziarnowej odpadów wydzielonych w osadzarce doświadczalnej.

Fig. 2 Diagram of sampling and results of sieve analysis for tailings separated in experimental jiggers.



Rys. 3. Charakterystyka ziarnowa odpadu po wzbogacaniu w osadzarce doświadczalnej.

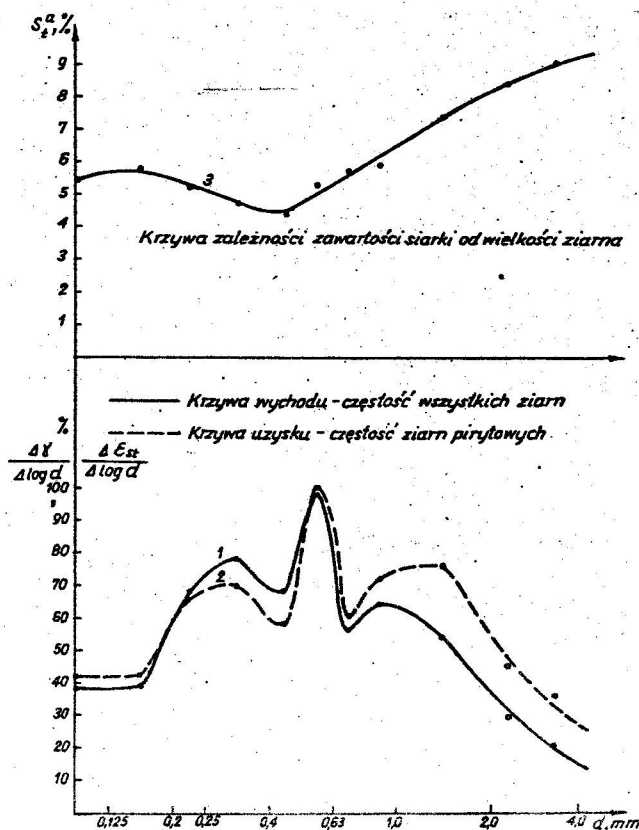
Fig. 3. Grain size characteristic of tailings after enrichment in experimental jiggers.

4. Wyniki badań.

Podczas mielenia w młynku tarczowym surowego odpadu osadzarkowego oraz kombinacji różnych klas ziarnowych wydzielanych z tego materiału, względnie pojedynczych klas ziarnowych stwierdzono, że skład ziarnowy dokruszonego materiału pochodzącego z określonej grubej klasy ziarnowej nie zależy od tego czy mielono ją jako materiał wyselekcjonowany czyw mieszaninie. Równocześnie potwierdziły się różnice w składzie ziarnowym materiału domielonego, związane prawdopodobnie z różnym składem petrograficznym próbki mielonej. Najwyższy wychód grubego ziarna bogatego w siarkę obserwowano np. przy kruszeniu klasy 2,5 - 4 mm. Mielenie w młynku tarczowym wyselekcjonowanego gruboziarnistego materiału, ubogiego w siarkę, dawało duży wychód ziarn drobnych, których cechą charakterystyczną jest niższa zawartość siarki. Szczegóły postępowania, analizy i obliczeń przekraczają ramy artykułu i są dostępne w dokumentacji z badań GIG / Girczys, Suchy, 1987/. Podczas kruszenia składniki użyteczne przechodzą do poszczególnych klas ziarnowych z różną wydajnością. Zagadnienie to jako istotne w procesie optymalnego przygotowania do wzbogacania, prezentowano w literaturze dotyczącej przeważnie rud / Kihlsted, 1968/, / Madej i in. 1977 /, / Girczys, 1985/. Charakterystyki ziarnowe kruszonego materiału podaje się w układzie

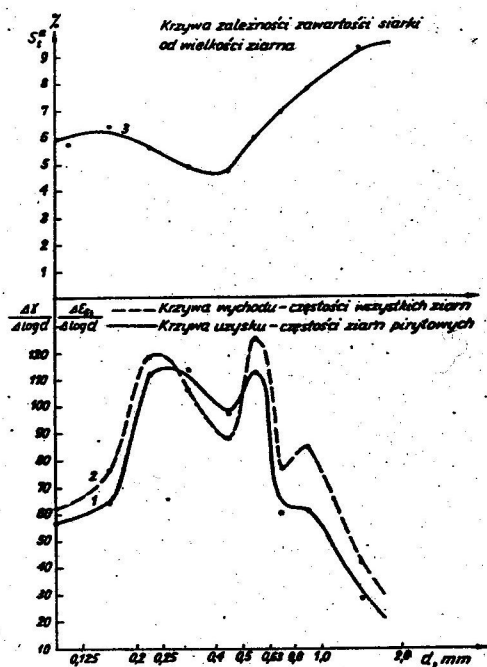
$\frac{\Delta\gamma}{\Delta \lg d}$ / zmienna zależna/ od d / zmienna niezależna/. Oznaczenie γ

i d określają wychód i średnicę ziarna. Krzywe charakterystyk posiadają naogół kilka maksimów, które związane są ze skłonnością składników petrograficznych do występowania w określonym przedziale ziarnowym. Maksimum odpowiadające ziarnom najgrubszym jest zależne od stopnia skruszenia ziarn przy czym w maksimum tym może występować w nadmiarze w stosunku do średniej ilości któryś ze składników. Na rys. 3 naniesiono charakterystyki ziarnowe odpadu uzyskiwanego w procesie wzbogacania w osadzarce doświadczalnej. Krzywą posiadającą maksima występujące w zakresie ziarn grubych ok. 4 mm i 10 mm nazwano krzywą wychodu. Maksima te związane są z występowaniem siarki. Można stwierdzić, że pojawienie się tych maksimów jest wynikiem naturalnej tendencji dokruszania się do tego rozmiaru ziarn impregnowanych pirytem. Dokruszanie odpadów do rozmiarów ziarn - 4 mm, - 2 mm i - 1 mm prowadzi do zmiany charakterystyk wychodu, uzysku i zawartości siarki co ilustrują kolejno rysunki 4, 5, 6.



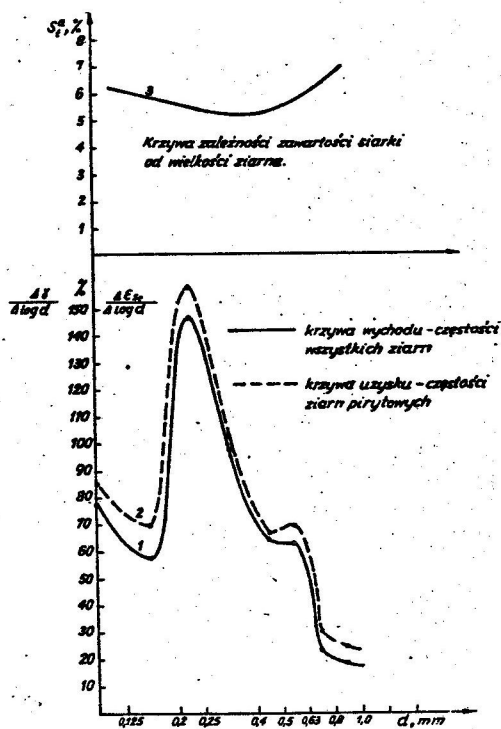
Rys. 4. Charakterystyka ziarnowa odpadów po kruszeniu do uziarnienia - 4,0 mm

Fig. 4. Grain size characteristic of tailings after crushing to - 4 mm



Rys. 5 Charakterystyka ziarnowa odpadu po kruszeniu do uziarnienia - 2,0 mm.

Fig. 5 Grain size characteristic of tailings after crushing to -2 mm.



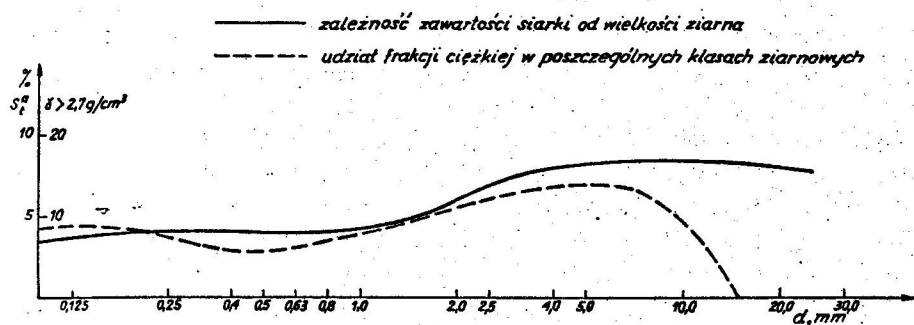
Rys. 6 Charakterystyka ziarnowa odpadu po kruszeniu do uziarnienia - 1 mm.

Fig. 6 Grain size characteristic of tailings after crushing to - 1 mm.

5. Omówienie.

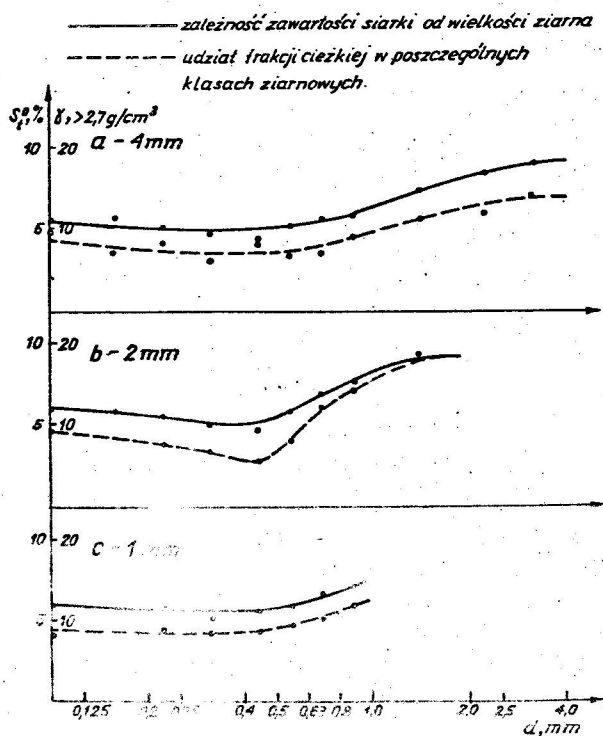
Analiza uzyskanych wyników świadczy o małym wpływie jaki może mieć zmienność składu odpadów na tendencję do grupowania się określonych składników petrograficznych w poszczególnych klasach ziarnowych. Na rys. 3 widać /krzywa 3/, że ziarna zawierające siarkę grupują się w grubych klasach ziarnowych. Krzywe częstości wszystkich ziarn i ziarn zawierających siarkę przebiegają początkowo dla drobnych ziarn w przybliżeniu równolegle, do granicy ok. 2 mm. Powyżej tej granicy krzywa częstości ziarn piritowych /krzywa 2/ unosi się stromo uzyskując maksima w obszarze ziarn o rozmiarach 3,5 mm i 10 mm. Dla ziarn poniżej 2 mm obserwuje się charakterystyczne maksima na krzywej wychodu /częstości wszystkich ziarn/ i równocześnie maksimum na krzywej zawartości siarki. Te ekstremalne wartości nie ulegają przesunięciu w czasie kruszenia odpadów o czym świadczą rysunki 4 - 6. Natomiast krzywe wychodu i uzysku na rysunkach 4 - 6 wskazują na to, że w miarę dokruszania do ziarn coraz drobniejszych następuje zbieganie się krzywej częstości wszystkich ziarn i krzywej częstości ziarn piritowych. Wnioskować można zatem, że przekroczenie podczas kruszenia granicy 4 mm powoduje częściową likwidację uprzywilejowanych maksimów charakterystycznych dla ziarn piritowych. Kruszenie do uziarnienia -1 mm powoduje ostateczne rozłożenie się częstości występowania ziarn piritowych zgodnie z częstością występowania wszystkich ziarn. Kruszenie poniżej 2 mm miało by sens tylko w przypadku bardzo wysokich wymagań jakościowych dla pozyskiwanych koncentratów piritowych. Dokruszanie odpadów z wydzielaniem wystarczająco bogatych dla celów technologicznych piritów następuje w granicach 2 - 4 mm. Podobne wnioski nasuwają się z analizy wychodu frakcji densymetrycznej + 2,7 g/cm³. Również tu obserwuje się, że w miarę kruszenia odpadu coraz większa ilość ziarn pirytu ulega uwolnieniu. Wiąże się to z przechodzeniem siarki do frakcji + 2,7 g/cm³. Wykres zależności zawartości siarki i frakcji + 2,7 g/cm³ w zależności od uziarnienia naniesiony na rys. 7 ujawnia znaczną różnicę przebiegu krzywych S_t i $\delta > 2,7 \text{ g/cm}^3$ dla grubych ziarn. Wykres wykazuje, że uwolnienie pirytu wymaga dokruszania do uziarnienia poniżej 4 mm. Dla ziarn powyżej 5 mm obserwuje się spadek wychodu frakcji +2,7g/cm³. Ziarna te zawierają jeszcze dużo siarki ale jak wynika to z przebiegu krzywych siarka ta nie może być odzyskiwana metodami grawitacyjnymi o koncentratkach wysokiej jakości. Dokruszanie do uziarnienia - 4 mm, - 2 mm i -1 mm prowadzi do zbliżenia przebiegu krzywych wychodu frakcji ciężkiej /+2,7g/cm³/ i zawartości siarki w poszczególnych klasach ziarnowych. Ilustrują to krzywe naniesione na rys. 8. Z krzywych tych wynika, że dokruszanie do uziarnienia - 2 mm jest już wystarczające i dalsze dokruszanie /rys. 8c/ nie przynosi efektów w rozumieniu przechodzenia w znacznych ilościach siarki piritowej

do frakcji $> 2,7 \text{ g/cm}^3$.



Rys. 7 Zależność zawartości siarki i frakcji ciężkiej $> 2,7 \text{ g/cm}^3$ od wielkości ziarna w odpadach po wzbogacaniu w osadzarce.

Fig. 7 Sulphur content, heavy fraction $> 2,7 \text{ g/cm}^3$ content and relation with grain size of tailings before selective crushing and after enrichment in experimental jigger.



Rys. 8 Zależność zawartości siarki i frakcji ciężkiej $> 2,7 \text{ g/cm}^3$ od wielkości ziarna w odpadach po dokruszeniu.

Fig. 8 Sulphur content, heavy fraction $> 2,7 \text{ g/cm}^3$ content and relation with grain size of tailings after selective crushings.

Dokruszanie do uziarnienia - 4 mm [rys.7] pozostawia jeszcze pewne możliwości uwalniania ziarn pirytu. Otrzymane wyniki potwierdzają wcześniejsze badania [Girczys, 1986] wykonane na materiale modelowym [MOW]. W badaniach tych stwierdzono, że kruszenie do uziarnienia - 3 mm stanowi wariant optymalny dla odzysku pirytów z wysokozasiarczonych odpadów węglowych.

6. Wnioski.

1. Odpady z wzbogacania zasiarczonych miałów energetycznych może cechować duża zmienność składu. Podczas wzbogacania materiału o przeciętnej zawartości siarki 3,2% powstaje odpad w którym piryt stanowi ok. 20%. Wydzielenie tego pirytu w procesie wzbogacania grawitacyjnego powoduje obniżenie zawartości siarki do poziomu bliskiego obserwowanemu w tradycyjnie składowanych odpadach.

2. Kruszenie odpadów do uziarnienia - 2,5 mm można przyjąć za optymalne z punktu widzenia uzysku koncentratów pirytowych metodami grawitacyjnymi. Koncentraty te będą osiągać do 40% S_t^a , przy uzysku siarki ok. 50%. Stanowi to ok. 20% uzysku liczonego w stosunku do miału surowego.

3. Niezależnie od zawartości, poszczególne składniki petrograficzne grupują się w określonych klasach ziarnowych przy czym piryt podczas kruszenia do uziarnienia - 2,5 mm ma tendencję do występowania głównie w klasie najgrubszej. Głębsze rozdrobnienie prowadzi do zaniku selektywności wychodu określonych ziarn poszczególnych składników a równocześnie nie wzrasta już znacząco uzysk frakcji + 2,7 g/cm³.

7. Literatura.

- Girczys, J. /1985/. Flotacja blendy o zmiennym składzie mineralogicznym. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 17, 43 - 50.
- Girczys, J. /1986/. Trójproduktowa przeróbka zasiarczonych odpadów węglowych. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 18, 107 - 116.
- Girczys, J., Nowak, Z., Romańczyk, E. /1987/. Sposób bezpiecznego dla wód gruntowych składowania odpadów powęglowych zwłaszcza o podwyższonej zawartości siarki. Zgłoszenie patentowe Nr. ew. GIG 8/87.
- Girczys, J., Suchy, L. /1987/. Opracowanie charakterystyki technologicznej odpadów wydzielonych w doświadczalnej osadzarce miałowej. Dokumentacja Głównego Instytutu Górnictwa.
- Kihlsted, P.G. /1968/. Particle size distribution and separation results of selective flotation of complex sulphide ores, VIII Int. Min. Proc. Congress, Leningrad D - 5.
- Madaj, W., Wieniewski, A., Zinkiewicz, S. /1977/. Zagadnienia przygotowania rud miedzi do flotacji, Prace IMN VI/3, 119 - 122.

ABSTRACT

Girczys J., Suchy L., 1988. Preparing of tailings from enrichment process of sulphur - bearing coal fines to pyrite recovery. Physicochem. Probl. Miner. Process., 20; 27-36 (polish text).

Coal fines from "Siersza" mine used as fuel in a power station were processed in a two section jigger in large laboratory scale. Tailings from this process were crushed in a few stages with a decrease of the upper limit of grain size in each step of crushing operation. The resulting material was subjected to sieve analysis and density was determined. Each size grade was chemically analyzed. Technological characteristic of coal fines as a resource of pyrite was worked out. Upper grain size of crushing was defined for obtaining qualified pyrite concentrate, its recovery and quality being stated.

Содержание

Я.Гирчис, Л.Сухи, 1988. Подготовка отходов обогащения штыба с серой для выделения пиритов. Физикохимические вопросы обогащения, 20; 27-36.

В многолабораторной двухпредельной отсадочной машине проводилось обогащение энергетического штыба из каменноугольной шахты "Серша". Полученные отходы подвергались дроблению, и одновременно в очередных дроблениях уменьшался верхний предел размеров частиц. Такие пробы подвергались денсиметрическому гранулометрическому анализу, а дальше выделенные фракции и классы - техническому химическому анализу. Опираясь на полученные результаты, разработана технологическая характеристика отхода как источника пиритного концентрата. Определен верхний предел зернистости, где дробление отходов разрешает получить кондиционный концентрат, его выход и качество.