

Marian BROŻEK*

Antoni CIEŚLA*

Władysław PILCH*

WSTĘPNE BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM SEPARATORA Z MAGNESEM NADPRZEWODZĄCYM DO WZBOGACANIA KAOLINU

W pracy omówiono możliwości magnetycznych separatorów nadprzewodnikowych. Podano opis konstrukcji i zasady działania laboratoryjnego separatora nadprzewodnikowego. Zaprezentowano niektóre wyniki separacji krajowego surowca kaolinowego.

1. Wprowadzenie

Separatory nadprzewodnikowe to nowa generacja separatorów magnetycznych HGMS różniąc się od rozwiązań klasycznych tym, że jako źródło pola magnetycznego zastosowano elektromagnes nadprzewodnikowy. Zastosowanie nadprzewodników na uzwojenie elektromagnesów pozwala - w stosunku do elektromagnesów z uzwojeniem konwencjonalnym na:

- uzyskanie znacznych natężeń pól magnetycznych o żądanych konfiguracjach w dużych przestrzeniach roboczych,
- obniżenie całkowitego zapotrzebowania mocy elektrycznej, a co za tym idzie obniżenie kosztów eksploatacji,
- kilkakrotne zmniejszenie masy i objętości.

Zalety te - w aspekcie aplikacji elektromagnesów nadprzewodnikowych do separacji oznaczają nie tylko wspomniane wyżej możliwości uzyskania efektów, które do tej pory były trudne do osiągnięcia, ale także atrakcyjność ekonomiczną.

W wyniku intensywnych prac prowadzonych w wielu krajach, zbudowano szereg nadprzewodnikowych separatorów laboratoryjnych i półprzemysłowych. W literaturze [1] znaleźć można informacje o pięciu instalacjach przemysłowych separacji magnetycznej, z wykorzystaniem elektromagnesów nadprzewodnikowych: dwie w Wielkiej Brytanii, po jednej w USA, RFN i Czechosłowacji. Indukcja w przestrzeni roboczej tych

*Instytut Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych AGH, 30-058 Kraków, al. Mickiewicza 30

separatorów wynosi 2 - 5 t, a wydajność 3 - 10 t/h.

Można wyodrębnić trzy grupy procesów, w których znajdują zastosowanie nadprzewodnikowe separatory wysokogradientowe: oczyszczanie rozdrobnionych materiałów stałych z domieszek magnetycznych, wzbogacanie rud, oczyszczanie ścieków. Szczegółowy opis możliwości zastosowań separatorów znaleźć można m.in. w [1,2]. Dla w/w celów konstruuje się dwa typy separatorów HGMS: odchylające i matrycowe. Opis i porównanie możliwości obu typów konstrukcji zamieszczono m.in. w [3].

2. Laboratoryjny separator nadprzewodnikowy zbudowany w AGH

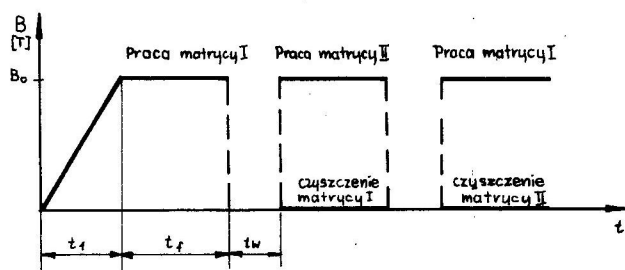
W Akademii Górniczo-Hutniczej zbudowano i uruchomiono elektromagnes nadprzewodnikowy. Charakterystyczną cechą tego urządzenia jest to, że obszar pola magnetycznego (≈ 2 dcm) dostępny jest w temperaturze otoczenia. Kriostat elektromagnesu posiada "gorący kanał" przelotowy o średnicy 90 mm, który umożliwia swobodny dostęp do pola magnetycznego. Uzwojenie elektromagnesu jest w kształcie selenoidu z nadprzewodnika NbTi typu F60 (0.6).

Takie rozwiązanie konstrukcyjne elektromagnesu umożliwia jego wykorzystanie jako źródła pola w separatorze matrycowym. Do kanału elektromagnesu wprowadza się kanister z matrycą, przez którą przepływa zawieszina. Po napełnieniu matrycy frakcją magnetyczną, wymienia się ją na czystą. Tak więc wysokogradientowy separator matrycowy pracuje cyklicznie. Po okresie napełniania matrycy w czasie efektywnym pracy separatora (t_f) następuje okres czyszczenia matrycy (czas martwy t_w). Collan [4] podał zależność mierzącą oba zdefiniowane wyżej czasy t_f i t_w z wielkościami charakteryzującymi proces separacji (wydajność Q , prędkość przepływu zawiesziny v_0 i przekrój matrycy separatora S):

$$Q = \frac{v_0 S}{1 + \frac{t_w}{t_f}} \quad (1)$$

W celu zwiększenia wydajności dąży się więc do wydłużenia czasu t_f i skrócenia t_w . W [5] analizowano czynniki umożliwiające wydłużenie czasu pracy separatora, natomiast w [6] przedstawiono metody pozwalające na skrócenie czasu martwego. Jedną z nich jest wymiana matrycy bez odzwabiania elektromagnesu. Polega ona na usunięciu z pola magnetycznego matrycy napełnionej cząstkami celem przywrócenia jej zdolności akumulacyjnych poza separatorem, natomiast w to miejsce wprowadza się matrycę czystą. W ten sposób czas martwy zostaje ograniczony tylko do czasu potrzebnego na wymianę matrycy t_z , a cykl

pracy separatora przebiega jak pokazano na rys. 1.



Rys 1.

Cykl pracy dwóch matryc separatora wysokogradientowego.

t - czas załączania elektromagnesu,

t_t - efektywny czas pracy separatora,

t_w - czas nie roboczy (wymiana matrycy)

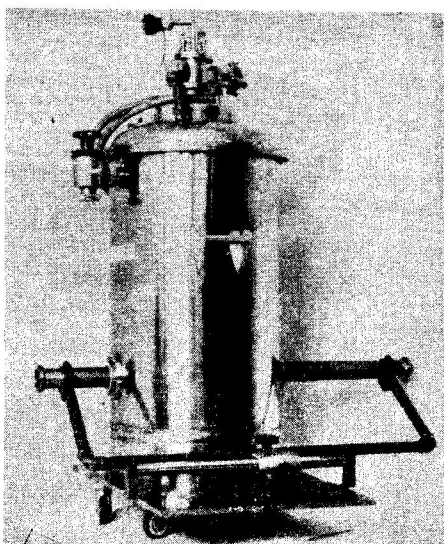
Fig 1.

Working cycle of two matrix of a high gradient separator.

t - time of switching on of a magnet,

t_t - working time of a magnet,

t_w - no working time (exchange of the matrix)



Fot 1.

Widok zbudowanego w AGH separatora nadprzewodnikowego.

Fot 1.

General view of the superconducting separator constructed in Academy of Mining and Metallurgy.

Do opisanego elektromagnesu zbudowano wysokogradientowy separator z tzw. "długą" matrycą pracujący w/g przedstawionej koncepcji. Fotografia pokazuje widok zbudowanego w AGH elektromagnesu nadprzewodzącego z kanałem separatora wprowadzonym w obszar roboczy elektromagnesu. Na rys. 2 przedstawiono schematycznie dwie fazy cyklu pracy laboratoryjnego separatora matrycowego (faza separacji i faza czyszczenia matrycy poza obszarem pola magnetycznego). Działanie zbudowanego urządzenia zostało

sprawdzone eksperymentalnie.

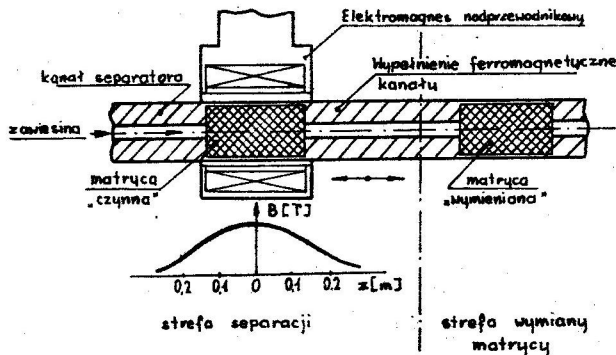
Funkcjonuje prawidłowo. Jednorazowe

napełnienie elektromagnesu ciekłym

helem pozwala na nieprzerwaną pracę

separatora przez ok. 14 godzin. Na rys. 3 przedstawiono zależność indukcji pola magnetycznego B_0 w centrum separatora od prądu zasilania

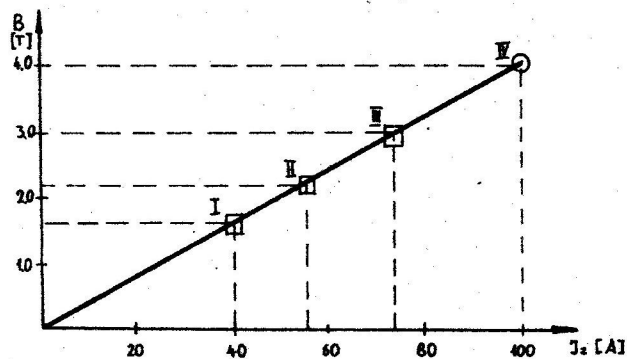
elektromagnesu I_z (indukcja ta może zmieniać się w sposób ciągły w zakresie 0 - 3T). Zaznaczono osiagi dI_z/dt (może być ona regulowana w przedziale 0-12 A/min). Inne parametry elektromagnesu zostały zaprezentowane w [7].



Rys 2.

Praca separatora nadprzewodzącego z wymiennymi matrycami.

Fig 2. Functioning of a superconducting separator with the exchanging matrix.



Rys 3. Charakterystyka $B_0 = f(I_z)$ elektromagnesu nadprzewodzącego zbudowanego w AGH.

□ - punkty utraty nadprzewodnictwa cewki dla

I - $dI_z/dt = 8 \text{ A/min} = \text{const.}$

II - $dI_z/dt = 4 \text{ A/min} = \text{const.}$

III - $dI_z/dt = 2 \text{ A/min} = \text{const.}$

IV założony punkt pracy cewki.

Fig 3. Characteristic of $B_0 = f(I_z)$ of the superconducting magnet constructed in Academy of Mining and Metallurgy.

□ - points of losing the superconductivity for

I - $dI_z/dt = 8 \text{ A/min} = \text{const.}$

II - $dI_z/dt = 4 \text{ A/min} = \text{const.}$

III - $dI_z/dt = 2 \text{ A/min} = \text{const.}$

IV supposed working point of the coil.

3. Opis wstępnych doswiadczeń

3.1. Przygotowanie próbek do separacji

Próbki do badań pobrano w Zakładzie przeróbki kaolinu w Nowogrodźcu. Pochodzą z opróbowania finalnego w/w zakładzie. Charakterystykę próbki wyjściowej podano w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka próbki kaolinu

Zawartość	Fe_2O_3	TiO_2	Al_2O_3
	1.0	0.51	32.75
Białość w stanie surowym %	75		

Do separacji przygotowano zawiesinę kaolinu o zawartości 5% części stałych (kaolinu) i dyspergowano stosując jako dyspergator szkło wodne i fosforan sodu. Dyspergat przygotowano w postaci 1% roztworu. Czas mieszania dyspergatora z próbką wynosił 5 minut. Ilość dyspergatora dodawanego do zawiesiny wynosiła 2 kg na 1 tonę suchego kaolinu.

3.2. Separacja magnetyczna próbek

Wykonano serię badań przy następujących wartościach indukcji: 2.0 T, 2.4 T i 2.8 T. Wydzielono trzy produkty:

- produkt o obniżonej zawartości tlenków barwiących,
- produkt pośredni,
- produkt o podwyższonej zawartości tlenków barwiących.

Produkty separacji suszono i określano ich wychody. Ze względu na to, że badania miały charakter pilotowy, a ich wyniki stanowią tylko podstawę do planowania kolejnych serii doświadczeń podane będą tylko niektóre uzyskane wnioski. W tabeli 2 podano zestawienie tych wniosków.

Tabela 2

Wyniki porównawcze separacji magnetycznej

	Klasyczny separator poligradientowy	Separator nadprzewodnikowy
Zawartość Fe_2O_3	0.55	0.50
Zawartość TiO_2	0.37	0.35
Białość w stanie surowym %	82.7	91.6

Na podstawie otrzymanych wyników nie można było ustalić relacji np. pomiędzy wartościami indukcji pola a jakością produktów. Dla zbadania zależności funkcyjnych pomiędzy parametrami technologicznymi będą prowadzone dalsze badania. Dla porównania można przytoczyć wynik separacji próbki o parametrach podanych w tabeli 2 w klasycznym separatorze poligradientowym o indukcji 1 T, a wynikami uzyskanymi w separatorze nadprzewodnikowym. Wydatnie wzrasta białość próbek po separacji w separatorze nadprzewodnikowym w porównaniu z białością próbki otrzymanej przy separacji w klasycznym separatorze magnetycznym.

4. Uwagi i wnioski końcowe

Pilotowa próba separacji w separatorze nadprzewodnikowym surowca kaolinowego wykazała skuteczność tej metody, co do możliwości otrzymywania produktów o obniżonej zawartości tlenków barwiących i wysokiej białości. Wyniki te animują do prowadzenia dalszych badań celem ustalenia zależności między parametrami konstrukcyjnymi separatora a parametrami technologicznymi.

5. Literatura

1. Kopp J.: Superconducting Magnetic separation. IEEE Trans. on Magnetics, Vol. Mag. 24, No 2, 1988.
2. Gerber R.: Some Aspects of the present status of HGMS. IEEE Trans on Magnetics, Vol. Mag. 18, No 3, 1982.
3. Cieśla A., Brożek M., Nowakowski K., Pilch W.: Zastosowanie separatorów nadprzewodnikowych do wzbogacania wybranych surowców mineralnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej: Górnictwo, z. 190, Gliwice 1990.
4. Collan H. i inni: Application of the Theory of Magnetic Filter Configuration. IEEE Trans. on Magnetics. Vol. Mag. 19, 1983.
5. Cieśla A.: Efekt wydzielenia cząstek magnetycznych z zawiesiny przepływającej przez matrycę wysokogradientowego separatora magnetycznego (w druku Archiwum Elektroniki).
6. Cieśla A., Matras.: Wyznaczanie rozkładu sił przy przemieszczeniach matrycy w nadprzewodzącym separatorze magnetycznym. Prace naukowe Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej nr 25. Konferencja 6: Nadprzewodnictwo w elektrotechnice, Wrocław 1988.
7. Cieśla i inni: Laboratoryjny elektromagnes nadprzewodnikowy: budowa i rozruch (w druku w ZN AGH Elektrotechnika).

ABSTRACT

Brożek M., Cieśla A., Pilch W., 1991. Preliminary Investigation on Application of Superconducting Separator to Upgrading of Kaolin.

Physicochemical Problems of Mineral Processing. 24; 203-209 (polish text)

In the paper the possibility of applying of the superconducting magnetic separators has been discussed. The construction and functioning of the laboratory superconducting separator has been presented. Some results of the beneficiation of the clay material has been also presented.