

Marian BROŻEK *
Karol NOWAKOWSKI *
Władysław PILCH *
Antoni SIWIEC *

NOWE MOŻLIWOŚCI OTRZYMYWANIA NISKOPOPIOŁOWYCH KONCENTRATÓW WĘGLA

Przedstawiono możliwości zastosowania nowego typu separatora MHS - typu odchylającego - przeznaczonego również do wzbogacania węgla, w celu uzyskania koncentratów o niskiej zawartości popiołu. Taki separator składa się z bębna o określonej długości, umieszczonego w niejednorodnym polu magnetycznym. Przedstawiono dwa typy takich separatorów.

1. Wstęp

Istnieje wiele sposobów i metod wzbogacania węgla. Do najważniejszych z nich należą metody grawitacyjne, a następnie flotacyjne oraz metody, które można nazwać metodami specjalnymi. Metody grawitacyjne obejmują wzbogacanie w osadzarkach, hydrocyklonach, na stołach koncentracyjnych, w cieczach ciężkich czy we wzbogacalnikach strumieniowych. Metody specjalne obejmują wzbogacanie magnetohydrostatyczne, magnetohydrodynamiczne oraz elektryczne. Należy zaznaczyć, iż metody elektryczne praktycznie nie mają istotnego znaczenia w technologii wzbogacania węgla, podobnie jak tzw. termomagnetyczne metody wzbogacania.

Wyjątkowy problem stanowi produkcja niskopopiołowych koncentratów węgla dla celów poza energetycznych i metalurgicznych. łączy się to z zagadnieniem wyboru specjalnych węgla oraz z doбором urządzeń i technologii. Koncentraty niskopopiołowe mają bardzo szerokie zastosowania w różnych gałęziach przemysłu. Niektóre zastosowania tych koncentratów omówiono w dalszej części referatu.

Pośród wielu metod służących do produkcji koncentratów o specjalnych własnościach wymienić należy flotację i niektóre

* Instytut Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych AGH, Kraków

specjalistyczne metody grawitacyjne, w tym cieczy ciężkie i stoły koncentracyjne. Powyższe metody nie będą przedmiotem analizy w niniejszej pracy, bowiem istnieje już bogata literatura z tego zakresu (Kriczko, Lebediew, Farbierow, 1978; Akopow, Błagow, Bunin, 1975; Kuchta, 1978; Kah, 1979; Jawniak, 1979; Panasiuk, 1979; Nowakowski, 1981; Laskowski, 1982).

W ostatnich latach autorzy niniejszego referatu opublikowali szereg prac poświęconych niekonwencjonalnym metodom wzbogacania (Plich, Siwiec, Brożek, 1982; Plich, Siwiec, Brożek, 1983; Brożek, Plich, 1974; Siwiec, Brożek, Plich, 1979; Brożek, Nowakowski, Plich, Siwiec, 1987). Szczególnie w pracy (Plich, Siwiec, Brożek, 1983) zawarto wyniki badań nad zastosowaniem niekonwencjonalnych metod otrzymywania niskopopiołowych koncentratów węgla.

W referacie omówiono bardziej szczegółowo metodę wzbogacania za pośrednictwem cieczy magnetycznych ze szczególnym uwzględnieniem takiego układu sił w separatorze MHS czy MGM, gdzie siła ciężkości jest prostopadła do siły magnetycznej. Metoda ta wydaje się być bardzo obiecująca szczególnie dla produkcji niskopopiołowych koncentratów węgla.

2. Przykłady konwencjonalnych metod otrzymywania niskopopiołowych koncentratów węgla

W wyniku pionierskich badań prof. Tadeusz Laskowskiego opracowano w latach 50-tych metodę otrzymywania niskopopiołowych koncentratów węgla. Metoda ta opierała się na wielostadialnym wzbogacaniu węgla z wybranych pokładów przy zastosowaniu stołów koncentracyjnych. Koncentraty te miały wielorakie zastosowania, m.in. do produkcji niskopopiołowego koksu oraz w odlewnictwie, jako dodatek do mas formierskich (Laskowski, 1982). We Francji (Kah, 1979) koncentraty niskopopiołowe produkowane są metodą grawitacyjną, polegającą na wtórnym wzbogacaniu koncentratów wstępnego wzbogacania węgla w osadzarkach oraz we wzbogacalnikach z ciężkimi cieczami zawieszinowymi. Produkowane tym sposobem koncentraty zawierały: poniżej 1.76%, 1.76+2.0% i 2.0+3.0% popiołu.

W Wielkiej Brytanii w zakładzie Durham finalny koncentrat o zawartości 0.76% popiołu, otrzymuje się metodą flotacyjną, przy czym nadawę do flotacji stanowi produkt wielostadialnego wzbogacania grawitacyjnego.

W RFN w zakładzie Recklinghausen również stosuje się kombinowaną metodę grawitacyjno-flotacyjną, otrzymując koncentrat o zawartości 0.8% popiołu.

We wszystkich przypadkach produkcji niskopopiołowych koncentratów

dokonywana jest wstępna selekcja typów węgla szczególnie podatnych do otrzymywania takich produktów oraz stosowano wielostadialne i kombinowane metody wzbogacania.

Według badań przeprowadzonych przez prof. Józefa Stachurskiego z zespołem (Montewski, Stachurski, Peschak, Żmuda, 1981), z węgla wydobywanego z kopalni Zabrze można otrzymać niskopopiołowe koncentraty o zawartości ok. 2.0% popiołu, stosując wzbogacanie w cieczach ciężkich, natomiast w wyniku zastosowania metody grawitacyjno-flotacyjnej uzyskano nawet koncentrat o zawartości 0.85% popiołu.

3. Niektóre zastosowania niskopopiołowych koncentratów

Istnieje bogata bibliografia przedmiotu, której niektóre pozycje przytoczone w pracach podanych w spisie literatury tego artykułu. Skala zastosowań jest bardzo szeroka. Wymagania co do jakości tych koncentratów zależą od ich przeznaczenia. Np. proszek węglowy stosowany w odlewnictwie może zawierać do 10% popiołu. Do produkcji sadzy stosuje się również koncentraty o zawartości popiołu poniżej 10%. Z niskopopiołowych węgla produkuje się elektrody grafitowe, szczotki do maszyn elektrycznych, elementy reaktorów jądrowych, materiały ogniotrwałe, konstrukcje aparatury dla przemysłu chemicznego, materiały ściernie i szereg innych. Węgle niskopopiołowe stosowane są także na szeroką skalę w przemyśle elektrometalurgicznym.

Od szeregu lat prowadzone są w szeregu krajach badania nad spalaniem niskopopiołowych koncentratów węgla w mieszaninach z olejami opałowymi, ropą naftową i innymi paliwami ciekłymi (Montewski, Stachurski, Peschak, Żmuda, 1981; Hulanicki, 1980). Jak z przeglądu literatury wynika, mieszanki takie stosowane są w energetyce i silnikach Diesla. Istnieją już obecnie instalacje przemysłowe opalane mieszankami węglowo-olejowymi.

Do mieszanek używa się węgla kamiennego o niskiej zawartości popiołu i siarki. Zawartość węgla w mieszankach wynosi od 10 do 90% wagowych. Najczęściej jednak zawartość ta waha się w granicach 30-50%. Próby zastosowań mieszanek węglowo-olejowych w niskobrotowych silnikach Diesla wykazały szkodliwy wpływ popiołu, co przejawiało się w szybszej erozji dyszy wtryskowej oraz zużyciu tłoka i pierścieni.

A zatem, węgiel przeznaczony do sporządzania takich mieszanek musi być poddany procesowi głębokiego wzbogacania dla uzyskania koncentratów o zawartości poniżej 1.0% popiołu przy minimalnej zawartości siarki. Koncentraty spełniające tak rygorystyczne wymagania można uzyskiwać tylko z wytypowanych partii złóż węgla kamiennego.

4. Możliwości zastosowań cieczy magnetycznych do otrzymywania niskopopiołowych koncentratów węgla

4.1. Wprowadzenie

Podstawy teoretyczne rozdzielania mieszanin mineralnych w cieczach magnetycznych były przedmiotem wielu publikacji (Plich, Siwiec, Brożek, 1982; Brożek, Plich, 1974; Siwiec, Brożek, Plich, 1979; Brożek, Nowakowski, Plich, Siwiec, 1987). Z tego też względu tylko w skrócie przedstawiono niektóre elementy takiego procesu.

Na każdy element objętości ziarna umieszczonego w cieczy magnetycznej działają następujące siły: siła ciężkości - F_c , siła wyporu Archimidesa - F_A , siła magnetyczna - F_M oraz siła wyporu magnetycznego - F_{VM} , co wyraża wzór:

$$F = F_c + F_A + F_{VM} \quad (1)$$

Podstawiając odpowiednie wzory na wartości sił składowych otrzymuje się wyrażenie:

$$F = (\rho - \rho_0) \cdot \vec{g} + \frac{1}{2} \mu_0 \cdot (\kappa - \kappa_0) \cdot \text{grad} H^2 \quad (2)$$

gdzie:

- ρ - gęstość ziarna,
- ρ_0 - gęstość cieczy,
- g - przyspieszenie ziemskie,
- μ_0 - przenikalność magnetyczna próżni,
- κ - podatność magnetyczna ziarna,
- κ_0 - podatność magnetyczna cieczy,
- H - natężenie pola magnetycznego.

W przypadku wzbogacania węgla dla uzyskania niskopopiołowych koncentratów, ze względu na jego bardzo małą podatność magnetyczną κ w porównaniu z podatnością cieczy κ_0 , we wzorze (2) wartość jej (κ) może być pominięta, co prowadzi do następującego zapisu:

$$F = (\rho - \rho_0) \cdot \vec{g} - \frac{1}{2} \mu_0 \cdot \kappa_0 \cdot \text{grad} H^2 \quad (3)$$

Jak z wzoru (3) wynika, rozdział mieszaniny dwuskładnikowej o gęstościach ρ_1 i ρ_2 będzie się odbywał na zasadzie densymetrycznej.

Można rozpatrywać dwa przypadki przestrzeni roboczej separatora MHS:

- kiedy siła ciężkości jest równoległa do siły magnetycznej,
- kiedy siła ciężkości jest prostopadła do siły magnetycznej.

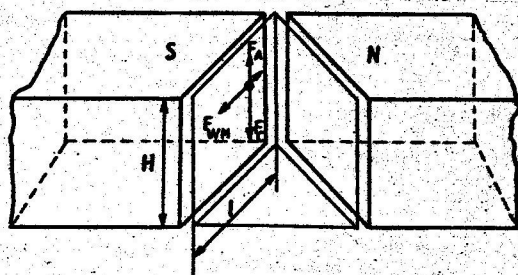
W następnym rozdziale, ten drugi przypadek omówiono bardziej szczegółowo. Ten typ separatora wydaje się bardzo obiecujący jako

urządzenie do produkcji m.in. niskopopiołowych koncentratów węgla.

4.2. Wzbogacalniki z cieczą magnetyczną typu odchylającego

Wspomniane w poprzednim rozdziale separatory MHS z z równoległym układem siły magnetycznej i ciężkości stosuje się w zasadzie jako urządzenia laboratoryjne do przeprowadzania analiz frakcyjnych. Niska wydajność tego typu urządzeń - uwarunkowana małą prędkością opadania ziarn drobnych - stanowi o tym, że nie znalazły one szerszego zastosowania przemysłowego.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat przestrzeni roboczej separatora MHS, w którym siła ciężkości jest prostopadła do siły magnetycznej.



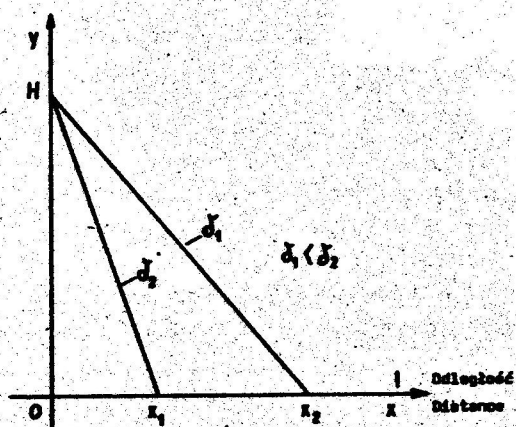
Rys.1. Schemat przestrzeni roboczej separatora MHS (siła ciężkości prostopadła do siły magnetycznej).

Fig.1. Working space of a MHS separator (gravity force perpendicular to magnetic force).

Ze względu na to, że gradient pola magnetycznego ma kierunek poziomy, siła magnetyczna zmienia jedynie kierunek ruchu cząsteczki. Na rysunku 2 przedstawiono trajektorie ruchu ziarn o zróżnicowanych gęstościach.

Siła magnetyczna powodująca zmianę kierunku może być znacznie mniejsza niż byłoby to wymagane w układzie, gdy jest ona równoległa do siły ciężkości. Różnica odległości $x_2 - x_1$ będzie tym większa, im większe są różnice gęstości oraz podatności magnetycznych składników mieszaniny. Jest to okoliczność bardzo korzystna dla otrzymania niskopopiołowych koncentratów węgla. Węgiel o niskiej zawartości popiołu ma własności diamagnetyczne, natomiast węgiel o podwyższonej zawartości popiołu wykazuje właściwości paramagnetyczne. Zatem ziarna węgla o wysokiej podatności poruszać się będą po trajektorii wyznaczonej przez siłę ciężkości F_g i siłę magnetyczną F_m , czyli zgodnie z kierunkiem gradientu pola. Natomiast ziarna węgla o własnościach diamagnetycznych poruszać się będą po trajektorii wyznaczonej przez siłę ciężkości i siłę wyporu magnetycznego F_{vm} , a więc w kierunku przeciwnym do gradientu pola.

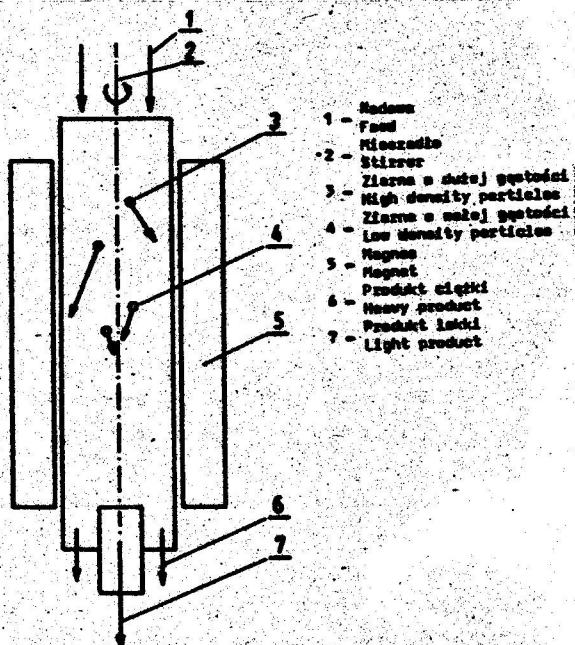
Wysokość przestrzeni roboczej
Height of the working space



Rys. 2. Trajektorie ruchu ziarn w separatorze MHS typu odchylającego.

Fig. 2. Trajectory of the movement of the particles in a MHS separator. Deflecting type.

4.3 Konstrukcja separatora MHS typu odchylającego



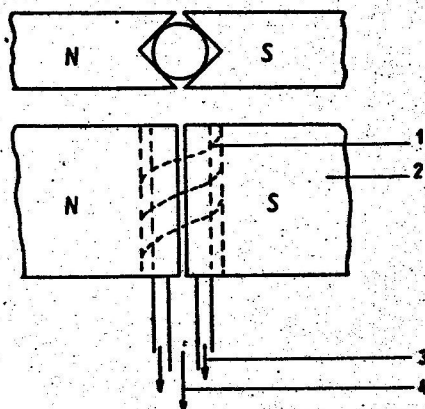
Rys. 3. Schemat separatora MHS typu odchylającego (NC).

Fig. 3. Sketch of a MHS separator deflecting type (NC)

Na międzynarodowym Kongresie Przeróbki Surowców Mineralnych w Cannes w 1985 roku, zaprezentowano nowy typ separatora MHS. Na rysunku 3 przedstawiono schemat tego separatora.

W polu magnetycznym znajduje się kanał roboczy o przekroju kołowym wypełniony cieczą magnetyczną. Ciecz ta przepływa z określoną prędkością przez kanał i jest równocześnie elementem transportującym zawieszonych w niej cząstek mineralnych. Poddawana separacji mieszanina rozdziela się wg. gęstości i podatności magnetycznych cząstek. Ziarna o niskiej gęstości kierowane są do ścianek kanału na skutek dodatkowej siły wywołanej lekkim wirowaniem cieczy lub pod działaniem siły magnetycznej. Separator ten nadaje się do wzbogacania mieszanin o ziarnistości powyżej $30\mu\text{m}$. Wydajność jednego kanału w zależności od ziarnistości materiału nawet do 10 t/godz.

Od szeregu lat prowadzone są w Instytucie Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych AGH prace badawcze nad zastosowaniem cieczy



Rys. 4. Schemat separatora MHS typu odchylającego ze spiralną zsuwnią.
1-spirala, 2-magnes, 3-produkt ciężki, 4-produkt lekki

Fig. 4. Scheme of the MHS separator of deflecting type with the spiral.
1-spiral, 2-magnet, 3-heavy product, 4-light product

magnetycznych. Opracowano projekt separatora MHS typu odchylającego, w którym przestrzeń robocza wykształcona jest w formie spirali, co znacznie zmniejsza wysokość nabiegunników magnesu. Np. w omawianym powyżej separatorze MHS, wysokość przestrzeni roboczej wynosi ok. 1m, co równa się drodze, którą przebywa materiał. W konstrukcji, w której materiał transportowany jest spiralnie, wysokość przestrzeni roboczej może być 2 + 2.5 razy mniejsza. Na rysunku 4 przedstawiono szkic ideowy takiego separatora.

Separatory MHS typu odchylającego stanowią nową generację wzbogacalników umożliwiających rozdzielanie mieszanin mineralnych o

ziarnistości nawet ok. 30 μ m na zasadzie równoczesnego wykorzystania dwóch cech fizycznych minerałów: gęstości i podatności magnetycznej. Ważną zaletą tego typu wzbogacalników jest to, że pozwalają one na wzbogacanie szerokich klas ziarnowych bez konieczności uprzedniej klasyfikacji.

5. Literatura

Akopow M. G., Błagow L. S., Bunin G. M., Grawitacjonnyje i specjalnyje metody obogaszczenijsa mialkich klasow uglej, Moskwa, 1975.

Brożek M., Nowakowski K., Pilch W., Siwiec A., Nowe kierunki i tendencje zastosowań separacji magnetycznej, XXI Krakowska Konferencja Naukowo-Techniczna Przeróbki Kopalin, Kraków-Koninki, 1987.

Brożek M., Pilch W., Separacja magnetohydrostatyczna drobnych klas węglowych, Zeszyty Naukowe AGH, zeszyt 63, 1974.

Hulanicki S., Możliwości zastosowania emulsji paliwowo-wodnej i substytutów paliw naftowych w siłowniach, Materiały konferencyjne, Wydawnictwo Naftochem, Warszawa, 1980.

Jawniak K., Badania nad otrzymaniem koncentratu niskopopiołowego z węgla koksującego z KWK Moszczenica, Praca Dyplomowa, AGH Kraków, 1979.

Kah M., Aufbereitung von Feinkohle mit geringer Aschengehalt, Aufbereitungs Technik, nr 5, 1979.

Kriczko A. A., Lebiediew W. W., Farbierow L. L., Nietopliwnoje ispolzowanije uglej, Moskwa, 1978.

Kuchta K., Badania nad otrzymaniem niskopopiołowych koncentratów węglowych metodą wzbogacania grawitacyjnego, Praca doktorska, AGH Kraków, 1978.

Laskowski T., Otrzymywanie węgla specjalnie czystych, Gospodarka Górnictwa, nr 9, 1982.

Montewski W., Stachurski J., Peschak E., Zmuda W. A., Możliwości zastosowań węgla niskopopiołowych w gospodarce paliwowo-energetycznej, Konf. na temat: Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej, Kraków, 11-12 czerwca, 1981.

Nowakowski K., Badania nad otrzymaniem koncentratu niskopopiołowego z węgla antracytowego, Praca dyplomowa, AGH Kraków, 1981.

Panaszuk J., Badania nad otrzymaniem koncentratu niskopopiołowego z węgla energetycznego z KWK Brzeszcze, Praca dyplomowa, AGH Kraków, 1979.

Pilch W., Siwiec A., Brożek M., MHD and magnetic liquid separation of coal, Proceedings 64th CIC Coal Symposium, Ottawa, 1982.

Pilch W., Siwiec A., Brożek M., Badania nad otrzymaniem niskopopiołowych koncentratów węgla metodami niekonwencjonalnymi,

Górnictwo, rok 7, zeszyt 2, 1983.

Siwiec A., Brożek M., Pilch W., Wzbogacanie metali metodą MHD w w niejednorodnym polu magnetycznym, Górnictwo, rok 3, zeszyt 1, 1979.

ABSTRACT

Brożek M., Nowakowski K., Pilch W., Siwiec A., 1988. New possibilities to produce low-ash-content coal concentrates. Phisicochemical Problems of Mineral Processing 20; 59-67 (polish text).

In the paper the possibility of applying a new type of MHS separator to benefit the fine coal production low concentrate, has been discussed. This type of separator, called a deflecting separator, consist of a cylinder of predetermined lenght placed in a converging magnetic field. Two type of this separator have been presented.

Содержание

М.Брожек, К.Новиковски, В.Пильх, А.Сивец, 1988. Новые возможности получения низкзолных концентратов угля. Физикохимические вопросы обогащения, 20; 59-67.

В докладе представлены возможности применения нового типа сепаратора МГС, отклоняющего типа, предназначенного также для обогащения угля, с целью получения концентратов с низким содержанием золы. Такой сепаратор построен из барабана с определенной длиной, сдвинутого в неоднородном магнитном поле. Представлены два типа таких сепараторов.