ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: GÓRNICTWO z. 245 Nr kol. 1479

Stanisław CIERPISZ, Joachim PIELOT
Politechnika Śląska, Gliwice

SYMULACYJNA ANALIZA MOŻLIWOŚCI CIĄGŁEJ IDENTYFIKACJI CHARAKTERYSTYKI WZBOGACALNOŚCI WĘGLA SUROWEGO

Streszczenie. W referacie przedstawiono analizę możliwości ciągłej identyfikacji charakterystyki węgla surowego dzięki pomiarom masy koncentratu z uwzględnieniem krzywej rozdziału wzbogacalnika.

SIMULATION ANALYSIS OF ON-LINE IDENTIFICATION OF COAL WASHABILITY CHARACTERISTIC

Summary. On-line identification of coal washability characteristic based on the feed and products instantaneous tonnage balance in the heavy media bath has been discussed in the paper.

1. Wstęp

Charakterystyka wzbogacalności węgla surowego kierowanego do zakładu wzbogacania węgla decyduje o efektywności procesów technologicznych rozdziału surowca na koncentraty, półprodukty i odpady oraz o jakości i ilości produktów uzyskiwanych w procesach technologicznych. W zależności od aktualnej charakterystyki wzbogacalności dobierane powinny być parametry rozdziału w procesach wzbogacania, rozdzielania i łączenia strumieni produktów oraz plany produkcyjne całego zakładu. Charakterystyka wzbogacalności podaje procentowy udział frakcji węgla w określonym przedziale gęstości ziaren węgla oraz zawartości popiołu w tej frakcji. W zależności od wymaganego stopnia szczegółowości, określana jest ona dla całego składu ziarnowego (np. 200 – (20)0 mm) węgla lub dla poszczególnych klas ziarnowych nadawy. Obserwacje zmienności jakości węgla surowego za pomocą popiołomierzy radiometrycznych instalowanych na przenośnikach taśmowych transportujących węgiel do zakładu wzbogacania oraz obserwacje zmienności ilości i jakości strumieni produktów w poszczególnych procesach wykazują, że istnieje duża zmienność tej charakterystyki w funkcji czasu, a szybkość zmian w wielu przypadkach jest również znaczna. Brak jest jednak bardziej szczegółowych danych na temat zmian charakterystyki węgla surowego w funkcji czasu.

Stosowane obecnie metody pomiaru charakterystyki wzbogacalności polegają na analizie dużych prób węgla w kilku (5-10) naczyniach z cieczami ciężkimi o gęstościach pokrywających szeroki zakres gęstości frakcji węgla (1,3-2,0 g/cm^3). Jest to metoda bardzo pracochłonna i kosztowna, stosuje się ją wobec tego sporadycznie. Brak jest obecnie alternatywnych metod pomiaru charakterystyki wzbogacalności węgla surowego, chociaż jej bieżąca znajomość jest praktycznie niezbędna do poprawnego prowadzenia procesów wzbogacania.

W artykule przedstawiono propozycję metody ciągłej (okresowej) identyfikacji charakterystyki wzbogacalności węgla w klasie ziarnowej (200-20 mm) kierowanego do procesu grawitacyjnego wzbogacania w cieczach ciężkich. Sposób identyfikacji jest zbliżony do wyżej opisanej metody klasycznej z pobieraniem próby węgla i określaniem masy poszczególnych frakcji pływających w naczyniach. Jest to jednak proces ciągłej identyfikacji, w którym wykorzystuje się wzbogacalnik przemysłowy w trakcie jego pracy do pomiaru masy koncentratu (frakcji pływającej) i odpadów (frakcji tonącej) przy różnych gęstościach cieczy ciężkiej. Identyfikacja charakterystyki odbywa się dla zmian gęstości cieczy (odpowiadającej w przybliżeniu gęstości rozdziału), które zachodzą w trakcie normalnego procesu technologicznego (np. rozruch układu), lub w czasie krótkookresowej wymuszonej zmiany gęstości cieczy. Pomiar gęstości cieczy i zmiany jej wartości zadanej odbywają się w komputerowym układzie regulacji procesu wzbogacania, natomiast pomiar natężenia przepływu koncentratu i odpadów za pomocą wag przenośnikowych.

2. Opis metody identyfikacji charakterystyk wzbogacalności węgla surowego

W literaturze znane są metody aproksymacji charakterystyk wzbogacalności omówione przez Dobrzeleckiego [3] i Jachnika [5, *s.109-135*], lub metoda przyporządkowująca bieżącą nadawę do odpowiedniej klasy z pewnego zbioru nadaw [6, *s.128-141*]. Przedstawiona przez nas metoda polega na pomiarze mas nadawy i produktów wzbogacania przy celowych zmianach gęstości rozdziału. Koncepcję tej metody ilustruje rys.1. Zmiany gęstości rozdziału realizowane są w układzie regulacji gęstości cieczy ciężkiej, a informacje o bieżących wartościach gęstości przekazywane są do układu identyfikującego. Do układu tego przekazywane są również wartości zmierzonych mas nadawy i koncentratu (bądź odpadów). W układzie tym zastosowany został model identyfikacyjny w postaci stabelaryzowanych wartości uogólnionej krzywej rozdziału [1, *s.191-192*]. Zależnie od ilości frakcji – n, których wychody mają być wyznaczone, w algorytmie obliczeniowym rozwiązywany jest układ równań rzędu n:

$$\gamma_1 f_{11} + \gamma_2 f_{21} + \ldots + \gamma_i f_{i1} + \ldots + \gamma_n f_{n1} = \Gamma_1$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\gamma_1 f_{1j} + \gamma_2 f_{2j} + \ldots + \gamma_i f_{ij} + \ldots + \gamma_n f_{nj} = \Gamma_j$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

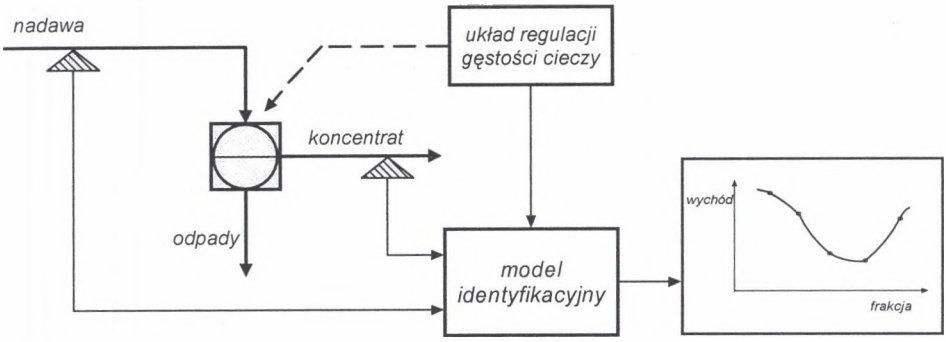
$$\gamma_1 f_{n1} + \gamma_2 f_{n2} + \ldots + \gamma_i f_{in} + \ldots + \gamma_n f_{nn} = \Gamma_n$$

gdzie: i – numer frakcji nadawy, $i=1,..n$,
j – numer gęstości rozdziału, $j=1,..n$,

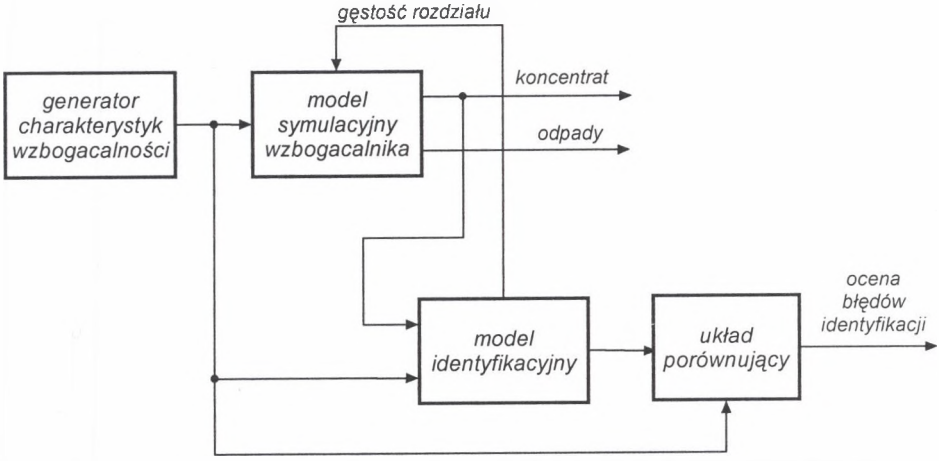
γ_i – obliczany wychód frakcji o numerze i,

f_{ij} – liczba rozdziału dla frakcji nadawy o numerze i, oraz gęstości rozdziału o numerze j,

Γ_j – wychód koncentratu (względny) przy gęstości rozdziału o numerze j



Rys.1. Identyfikacja on-line charakterystyki węgla surowego – układ pomiarowy ze zmianą gęstości rozdziału
Fig.1. On-line identification of raw coal characteristic - monitoring system



Rys.2. Model symulacyjny do testowania układu pomiarowego do identyfikacji on-line charakterystyki węgla surowego
Fig.2. Simulation model for identification system testing

Przedstawiony układ równań stanowi bilans masowy produkcji realizowany przy różnych gęstościach rozdziału wzbogacalnika. Aby przeanalizować rezultaty zaproponowanej metody, przeprowadzone zostały obliczenia testowe w układzie symulacyjnym przedstawionym na rys.2. W układzie tym dla różnych charakterystyk nadawy wyznaczane są prognozy wychodów produktów wzbogacania. Wychody te wyznaczane są w modelu symulacyjnym

wzbogacalnika grawitacyjnego. Model ten wykorzystuje krzywe rozdziału podane w pracy [4, *ss.43-60*], a jego zastosowanie opisane zostało np. w artykule [2]. W tym miejscu trzeba podkreślić, że operacja wzbogacania grawitacyjnego jest modelowana kilkoma krzywymi rozdziału odpowiednimi dla różnych klas ziarnowych nadawy.

Prognozy symulacyjne są dokonywane przy tylu gęstościach rozdziału (n), ile wychodów frakcji gęstościowych należy zidentyfikować. Następnie gęstości rozdziału oraz prognozy wychodów koncentratu są wykorzystywane w modelu identyfikacyjnym, którego algorytm realizuje rozwiązanie wyżej omówionego układu równań. Liczby rozdziału f_{ij} są obliczane z jednej modelowej krzywej rozdziału, odwzorowującej wzbogacanie materiału wejściowego dla wszystkich klas ziarnowych. Układ porównujący pozwala ocenić błędy identyfikacji wychodów frakcji gęstościowych nadawy. W tablicy 1 przedstawione są wyniki obliczeń dla sześciu przykładowych nadaw. Wyniki te obrazują krzywe częstości [7, *s.16*], przy założeniu że zamiast zawartości popiołu podane są gęstości frakcji nadawy.

Tablica 1

Przykładowe wyniki identyfikacji wychodów frakcji nadawy

Gęstość frakcji g/cm^3	Nadawa 1			Nadawa 2		
	Wychód frakcji %	Obliczony wychód frakcji %	Błąd bezwzględny wychodu %	Wychód frakcji %	Obliczony wychód frakcji %	Błąd bezwzględny wychodu %
<1,35	62,3	65,7	3,4	65,6	58,2	-7,4
1,35-1,45	3,8	3,3	-0,5	14,0	21,9	7,9
1,45-1,60	1,6	2,7	1,1	3,7	5,0	1,3
1,60-1,80	2,4	2,2	-0,2	0,9	0,5	-0,4
>1,80	30,0	26,1	-3,9	15,8	14,4	-1,4

Gęstość frakcji g/cm^3	Nadawa 3			Nadawa 4		
	Wychód frakcji %	Obliczony wychód frakcji %	Błąd bezwzględny wychodu %	Wychód frakcji %	Obliczony wychód frakcji %	Błąd bezwzględny wychodu %
<1,35	61,1	63,9	2,8	45,9	40,2	-5,7
1,35-1,45	6,4	8,7	2,4	10,2	7,3	-2,9
1,45-1,60	5,7	6,7	1,0	4,9	9,0	4,1
1,60-1,80	4,3	4,6	0,3	2,6	1,5	-1,1
>1,80	22,6	16,1	-6,5	36,3	42,0	5,7

Gęstość frakcji g/cm^3	Nadawa 5			Nadawa 6		
	Wychód frakcji %	Obliczony wychód frakcji %	Błąd bezwzględny wychodu %	Wychód frakcji %	Obliczony wychód frakcji %	Błąd bezwzględny wychodu %
<1,35	41,5	40,9	-0,5	28,7	33,5	4,9
1,35-1,45	9,7	6,9	-2,9	7,9	3,8	-4,2
1,45-1,60	4,7	10,1	5,4	5,9	13,5	7,5
1,60-1,80	2,3	1,4	-0,8	5,7	4,5	-1,1
>1,80	41,9	40,7	-1,2	51,9	44,7	-7,1

3. Wnioski

1. Wstępne wyniki badań wskazują na możliwość identyfikacji on-line charakterystyk węgla surowego. Podjęte zostaną dalsze badania mające na celu identyfikację krzywej wzbogacalności.
2. W celu zmniejszenia błędów identyfikacji istnieje potrzeba dokładniejszego zidentyfikowania krzywej rozdziału modelującej wzbogacanie całości materiału wejściowego (dla wszystkich klas ziarnowych).
3. Przedstawione wyniki obliczeń identyfikacyjnych wykorzystują prognozy symulacyjne dla wzbogacania dwuproduktowego. Praktyczny układ będzie współpracował ze wzbogacalnikiem trójproduktowym, i w tym celu podjęte zostaną dalsze badania przydatności zaproponowanej metody.
4. W referacie przedstawiono metodę identyfikacji charakterystyki wzbogacalności węgla przy założeniu stałej zawartości popiołu w poszczególnych frakcjach gęstościowych. W celu identyfikacji rzeczywistej charakterystyki wzbogacalności układ docelowy będzie zawierał oprócz wag przenośnikowych również popiołomierze, a algorytm identyfikacyjny będzie odpowiednio rozbudowany.

LITERATURA

1. Cierpisz S.: Automatyzacja procesów przeróbki mechanicznej węgla. Wydawnictwo „Śląsk", Katowice 1980.
2. Cierpisz S., Pielot J.: Analiza procesów przeróbki mechanicznej węgla z zastosowaniem symulacji komputerowej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 1996, nr 12 (317), s.24-32.
3. Dobrzelecki R.: Metoda aproksymacji charakterystyk wzbogacalności węgla na podstawie danych dla dwóch gęstości rozdziału. Przegląd Górniczy 1982, nr 1-7, s.22-26.
4. Goodman F., McCreery J.: Coal Preparation Computer Model. Vol.I. U.S. Environmental Protection Agency, Washigton 1980.
5. Jachnik E.: Badania symulacyjne i opracowanie algorytmów automatycznego sterowania gęstością rozdziału w grawitacyjnym wzbogacalniku węgla warunkach zmiennej nadawy. Praca doktorska (nie publikowana), Gliwice 1986, Biblioteka Główna Politechniki Śląskiej.
6. Kalinowski K., Walaszek-Babiszewska A.: Sterowanie procesu wzbogacania węgla. Skrypt Uczelniany Politechniki Śląskiej nr 1124 (cz.II), Gliwice 1983.
7. Nawrocki J.: Analityczno-graficzne metody oceny pracy wzbogacalników grawitacyjnych. Wydawnictwo „Śląsk", Katowice 1976.

Recenzent: Dr inż. Kazimierz Trybalski

Abstract

On-line identification of coal washability characteristic based on the feed and products instantaneous tonnage balance in the heavy media bath has been discussed in the paper. The mass flow balance is being performed (by the use of belt weighers) for the set of separation densities in the heavy media bath. On the basis of these measurements, taking into account the partition curve of the washer, the washability characteristic of raw coal is calculated. Simulation model used for the analysis and some preliminary identification results has been presented.