ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995

Seria: GÓRNICTWO z. 225 Nr kol. 1307

Krystian KALINOWSKI, Roman KAULA

WPŁYW NATĘŻENIA POWIETRZA AERACYJNEGO NA ROZKŁAD FLOTOWALNOŚCI W EKSPERYMENTACH FLOTACJI CYKLICZNEJ WĘGLA

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wpływu natężenia powietrza aeracyjnego na parametry rozkładu współczynnika prędkości flotacji (flotowalność) ziaren nadawy w procesie flotacji cyklicznej.
Stwierdzono, że wzrost natężenia powietrza aeracyjnego powoduje rozszerzenie widma flotowalności ziaren nadawy. Otrzymane wyniki przedstawiono tabelarycznie i na wykresach.

Słowa kluczowe: flotacja, rozkład flotowalności, rozkład gamma, kinetyka flotacji

INFLUENCE OF THE INTENSITIES OF AERATED AIR ON THE FLOTABILITY DISTRIBUTION IN EXPERIMENTS OF THE BATCH COAL FLOTATION

Summary. In the paper the results of experimental tests of intensities of areated air influence on the parameters of the flotability distribution of particle feed in the batch coal flotation have been shown. It has been proved that, the increase of intensities of aerated air widens the spectrum of flotability of particle feed. The results of the analysis of experimental data have been presented in tables and charts.

Key words: flotation, flotability distribution, gamma distribution, flotation kinetic

WSTĘP

Wyniki badań wpływu natężenia przepływu powietrza aeracyjnego na proces flotacji węgla przedstawione były przez różnych autorów. W pracy [1] podano kompleksowe wyniki badań wpływu natężenia powietrza na parametry modelu matematycznego wydzielania się masy koncentratu $m_k(t)$ w czasie t. Przy czym przyjęto model w postaci:

$$m_K(t) = M[1-\exp(-kt)] \quad (1)$$

gdzie: M - masa flotowalna,
k - współczynnik prędkości flotacji (flotowalność).

W pracy tej wyznaczono wzór empiryczny zależności współczynnika prędkości flotacji (flotowalności) od natężenia powietrza aeracyjnego w eksperymentach flotacji cyklicznej węgla. Nie podano natomiast wyników eksperymentów, co uniemożliwia weryfikację przyjętego modelu. Jak wynika z szeregu badań [2], wzór (1) jest jednym z najmniej dokładnych modeli opisujących kinetykę flotacji.

Pierwszym etapem badań w tym zagadnieniu powinna być weryfikacja modelu i wybranie z przyjętego zbioru modeli najlepiej dopasowanego, wykorzystując opracowane metody weryfikacji. Przyjęcie modelu (1) zakłada, że w nadawie znajdują się ziarna charakteryzujące się takim samym współczynnikiem flotowalności. Analiza wpływu różnych czynników na proces staje się w tym przypadku znacznie ograniczona.

W artykule przyjęto, że nadawę charakteryzuje ciągły rozkład flotowalności ziaren. Po przebadaniu różnych postaci funkcji rozkładu analiza weryfikacyjna potwierdziła [2], że najlepiej dopasowanym modelem rozkładu flotowalności jest rozkład gamma. Przedstawiono więc wyniki wpływu natężenia powietrza aeracyjnego na parametry rozkładu gamma.

BADANIA EKSPERYMENTALNE

Badania eksperymentalne wykonano za pomocą flotownika laboratoryjnego o pojemności 10^{-3} m^3. Zastosowano następujące odczynniki flotacyjne:

- jako kolektora użyto oleju napędowego,
- jako odczynnika pianotwórczego mieszaniny alkoholi o łańcuchach C_5-C_{10} o handlowej nazwie AC.

Odczynniki te zostały dozowane metodą kropelkową i przed rozpoczęciem flotacji mieszanina była mieszana przez 3 min. Wyniki badań dotyczą węgla surowego pobranego z KWK Jastrzębie o granulacji 0.4 - 0 mm. Zapopielenie badanej nadawy wynosiło 14.2%.

Regulacja natężenia dopływu powietrza była realizowana poprzez otwarcie zaworu dopływu powietrza, przy stałych obrotach wirnika . Prędkość wirnika była równa 5.96 m/s. Pomiary wydzielania się masy koncentratu $m_K(t)$ wykonano w ośmiu chwilach czasowych (t = 10, 20, 30, 50, 70, 90, 120, 210 s).

Eksperymenty przeprowadzono przy:

- zagęszczeniu nadawy C_N = 100, 50, 150g/l,
- dawce kolektora $V_K = 0.1\ 10^{-6}\ m^3/100g$,
- dawce odczynnika pianotwórczego $V_S = 0.05\ 10^{-6}\ m^3$.

W tablicy 1 przedstawiono otrzymane wyniki pomiaru wychodu koncentratu w zależności od czasu t i natężenia powietrza aeracyjnego V_p w eksperymentach dla nadawy o zagęszczeniu C_N= 100g/l, a w tablicy 2 dla nadawy o zagęszczeniu C_N= 50,150 g/l.

Tablica 1

Wyniki pomiaru wychodu masy m_K (t) koncentratu w % w zależności od czasu t i natężenia powietrza aeracyjnego V_p w $10^{-6}\ m^3/s$

V_P	1.67	2.5	3.33	5	7.5	10
czas t s	m_K (t) %	m_K (t) %	m_K (t) %	m_K (t) %	m_K (t) %	m_K (t) %
10	18.5	20.2	29.7	31.00	41.9	45.6
20	36.54	43.9	54.4	58.6	70.00	73.2
30	52.8	61.2	70.4	72.8	80.7	81.7
50	71.1	77.4	81.2	82.4	85.63	85.7
70	80.8	83.6	85.6	85.7	87.2	87.0
90	85.6	86.3	87.7	87.1	88.00	87.5
120	88.6	88.1	88.9	88.2	88.5	88.1
210	91.6	89.8	90.2	89.2	89.1	88.7

Tablica 2

Wyniki pomiaru wychodu koncentratu $m_K(t)$ w % w zależności od czasu t i natężenia dopływu powietrza aeracyjnego V_p w 10^{-6} m^3/s dla nadawy o zagęszczeniu 50 i 150 g/l

C_N	50	50	50	150	150	150
V_P	1.67	2.5	3.33	5	7.5	10
czas t s	$m_K(t)$ %	$m_K(t)$ %	$m_K(t)$ %	$m_K(t)$ %	$m_K(t)$ %	$m_K(t)$ %
10	41.7	44.5	55.5	12.80	32.3	28.1
20	55.4	64.0	72.3	21.8	55.00	53.6
30	65.9	75.3	78.7	40.6	72.0	72.3
50	75.5	82.8	83.5	57.2	84.2	84.7
70	80.2	85.9	85.7	70.2	87.5	88.0
90	83.0	87.6	87.2	78.5	88.70	88.7
120	85.3	89.0	88.2	84.6	89.2	89.3
210	87.7	90.8	89.6	89.3	89.9	89.9

ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW EKSPERYMENTÓW

Na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzono analizę weryfikacyjną modeli przebiegów wydzielania się masy koncentratu zgodnie z przyjętymi kryteriami przedstawionymi w pracy [2]. Rozpatrzono możliwość zastosowania następujących modeli:

- jednofrakcyjnego [5],
- dwufrakcyjnego [3],
- z rozkładem flotowalności gamma [4],
- z rozkładem flotowalności gamma z uwzględnieniem w przebiegu kinetyki opóźnienia transportowego [2].

Z przeprowadzonej analizy wynika [2], że model kinetyki wydzielania się masy koncentratu z rozkładem flotowalności gamma uwzględniający opóźnienie transportowe jest najlepiej dopasowanym modelem. Ma on następującą postać:

$$m_K(t) = M_c\,(1-(1+k_0\,(t-\tau))^{-n}) \qquad (2)$$

a odpowiadającą mu funkcję gęstości rozkładu flotowalności wyraża wzór:

$$c(k) = \frac{1}{k_0 \Gamma(n)} \left(\frac{k}{k_0}\right)^{n-1} e^{\left(-\frac{k}{k_0}\right)} \tag{3}$$

gdzie: M_c - masa flotowalna nadawy,

k_0, n - parametry rozkładu gamma.

W tablicach 3 i 4 przedstawiono obliczone parametry modelu (2) i rozkładu (3) na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzonych eksperymentów. Parametry te otrzymano metodą identyfikacji przebiegów m_K (t) metodą najmniejszych kwadratów.

Tablica 3

Otrzymane wyniki parametrów modelu (2) i rozkładu (3) wyznaczone na podstawie wyników eksperymentów przedstawionych w tablicy 1

V_p	1.67	2.5	3.33	5	7.5	10
M_c %	91.66	89.29	89.01	88.98	88.76	88.48
k_0 1/s	0.0005	0.0023	0.0121	0.0199	0.037	0.0715
n	60.5	19.68	5.26	4.039	3.48	2.445
(n-1) k_0	0.0297	0.0428	0.0516	0.0603	0.092	0.103
c_{maks}	103.27	39.9	15.65	11.2	6.611	4.385

Uwaga: Wyrażenie (n-1)k_0 odpowiada wartości, przy której funkcja c(k) przyjmuje maksymalną wartość c_{maks}.

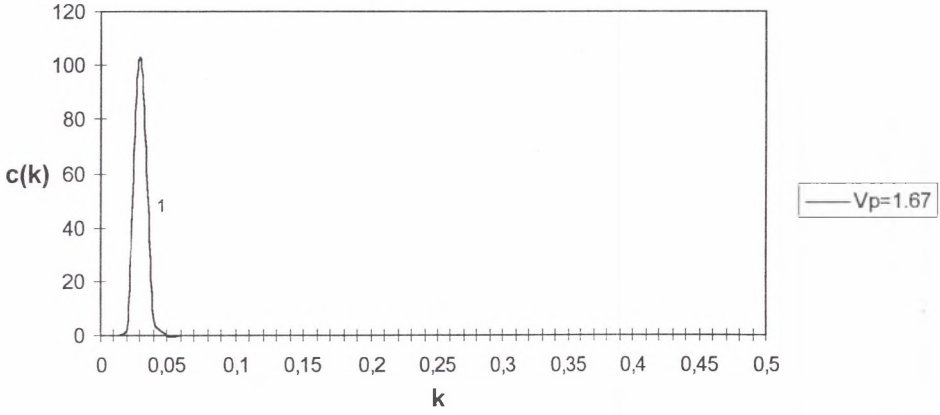
Tablica 4

Otrzymane wyniki parametrów modelu (2) i rozkładu (3) wyznaczone na podstawie wyników eksperymentów przedstawionych w tablicy 2

C_N	50	50	50	150	150	150
V_p	1.17	2.5	5	3.66	7.5	10
M_c %	88.54	91.07	91.51	91.61	89.76	89.82
k_0 1/s	0.0162	0.039	0.219	0.0004	0.0009	0.001
n	3.02	2.241	1.01	60.77	60.0	60.35
$(n-1)k_0$	0.032	0.0484	0.0021	0.0239	0.0593	0.0593
c_{maks}	16.63	8.59	4.328	128.81	57.62	51.71

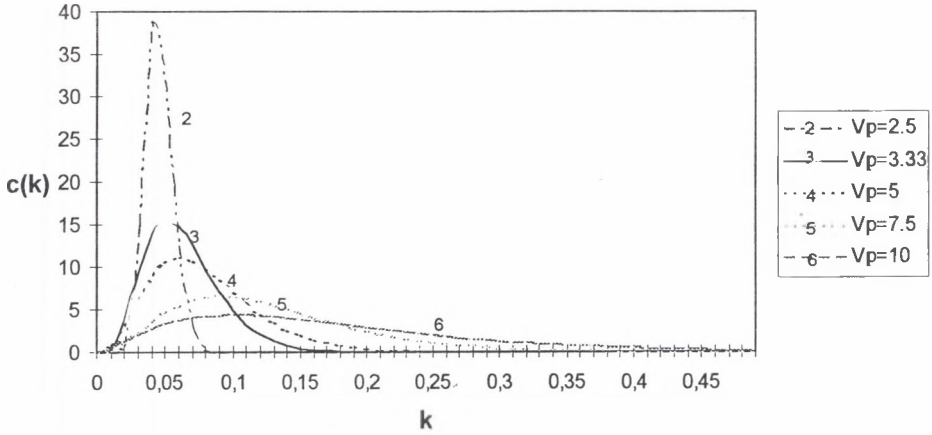
Na rys.1a,b przedstawiono wykresy funkcji gęstości rozkładu flotowalności c(k) dla eksperymentów, których wyniki przedstawiono w tablicy 3, natomiast na rys. 2, 3 przedstawiono c(k) dla eksperymentów z tablicy 4.

Na podstawie analizy rysunków 2, 3 można zauważyć, że zwiększanie zagęszczenia nadawy powoduje zwężanie się widma flotowalności ziaren (postać funkcji c(k) staje się coraz bardziej podobna do impulsu Diraca). W rezultacie tego we wzbogacalnikach przepływowych zmniejsza się selektywność wzbogacania.



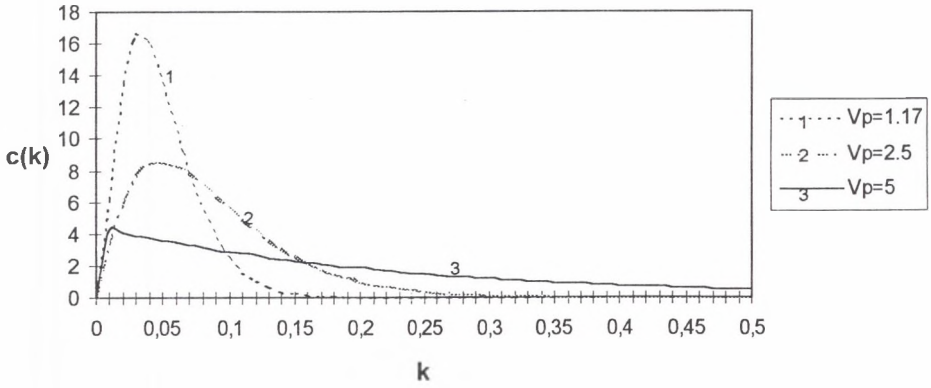
Rys.1a. Gęstość rozkładu flotowalności c(k) w eksperymencie 1, którego wyniki przedstawiono w tablicy 3

Fig. 1a. Flotability distribution c(k) in the experiment 1, for the presented results in table 3



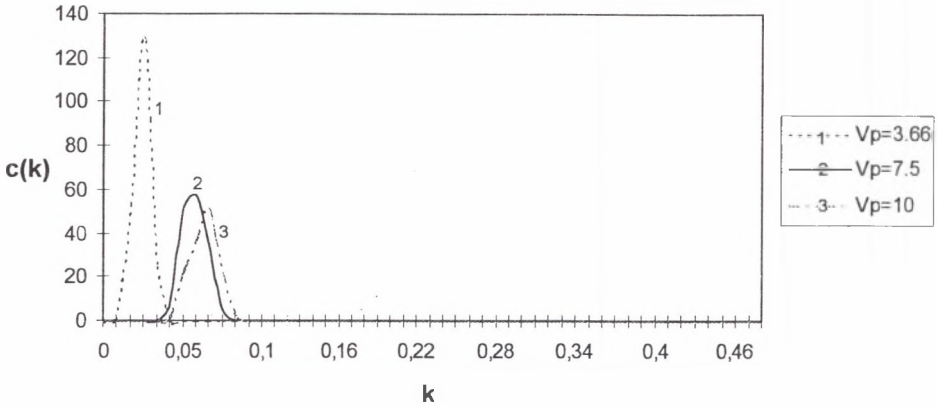
Rys.1b. Gęstość rozkładu flotowalności c(k) dla eksperymentów 2-6, których wyniki przedstawiono w tablicy 3

Fig.1b. Flotability distributions c(k) in experiments 2-6, for the presented results in table 3



Rys.2. Gęstość rozkładu flotowalności c(k) dla eksperymentów, których wyniki przedstawiono w tablicy 4

Fig. 2. Flotability distributions c(k) in experiments, for the presented results in table 4



Rys.3. Gęstość rozkładu flotowalności c(k) dla eksperymentów 1, których wyniki przedstawiono w tablicy 4

Fig. 3. Flotability distributions c(k) in experiments , for the presented results in table 4

WNIOSKI

Z przedstawionej analizy wyników przeprowadzonych eksperymentów wynika:

- funkcja gęstości rozkładu flotowalności ziaren nadawy węgla odpowiada funkcji rozkładu gamma, znacznie więc odbiega od powszechnie stosowanego rozkładu jednofrakcyjnego (w postaci tzw. impulsu Diraca),
- wraz ze wzrostem natężenia powietrza aeracyjnego w badanych granicach widmo flotowalności ziaren rozszerza się w kierunku większych wartości k i jest bardziej płaskie, co w przypadku flotowników przepływowych powoduje zwiększenie selektywności wzbogacania (fakt ten stwierdzono dla nadawy o trzech różnych zagęszczeniach).

LITERATURA

1. Rastogi R.C., Aplan F.F.: Coal Flotation as a Rate Process. Minerals and Metallurgical Processing VIII, 137 (1985).

2. Kalinowski K., Kaula R.: A verification method of coal flotation kinetic models. 12th International Coal Preparation Congress, Cracov 1994.
3. Kelsall D.F.: Application of probability in the assesment of flotation systems. Trans. Inst. Min. Metall, 70, 191-204, 1961.
4. Woodburn E.T., Loveday B.K.: The effect of variable residence time on the performance of a flotation systems. J. Sout Afr. Inst. Min. and Met., V.65, 1965.
5. Zuniga H.G.: Flotation recovery as an exponential function of its rate, Boln. Soc. Nac. Min. Santiago, 47,1935.

Recenzent: Doc.dr inż. Ryszard Lach

Wpłynęło do Redakcji 17 października 1995 r.

Abstract

In the paper the results of experimental tests of influence intensities of areated air on the parameters of the flotability distribution of feed particles in the batch coal flotation has been shown. Results of these experiments are tabulated.

It has been proved that, increase of intensities of aerated air widen spectrum of flotability of feed particles.

We can state that, the flotability distribution of particles corresponds to the gamma distribution. It's form differs from a generally used single-fraction distribution.