

*Jolanta Marciniak-Kowalska\*, Edyta Wójcik-Osip\**

## BADANIA MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA WE FLOTACJI PAKIETÓW WKŁADÓW LAMELOWYCH\*\*

---

### 1. Wprowadzenie

Niniejszy artykuł jest kontynuacją rozważań i badań dotyczących możliwości zastosowania pakietów lamelowych do intensyfikacji procesu flotacji węgla [1]. Przeprowadzono szereg badań na surowym mule węgla koksującego typu 35.1, wykorzystując dwa rodzaje wkładów lamelowych:

- 1) wkład nachylony pod kątem  $60^\circ$ ,
- 2) wkład o przewodach pionowych.

Stwierdzono, że wkłady lamelowe o kącie nachylenia przewodów  $60^\circ$  pracują lepiej — zwiększają powierzchnię flotacji i stabilizują warunki hydrauliczne. Dzięki temu otrzymujemy czystsze koncentraty o niższej zawartości popiołu, a także o niższym wychodzie koncentratu [1–6].

Celem badań było określenie wpływu zabudowy komory flotacyjnej pakietem wkładów lamelowych na wskaźniki technologiczne flotacji solnej. Interesującym był fakt czy w przypadku flotacji solnej flotacji, w której nie stosuje się odczynników przy wypełnieniu komory flotacyjnej pakietem wkładów lamelowych będą zachodzić analogiczne zależności jak dla flotacji pianowej z użyciem odczynników flotacyjnych.

### 2. Stanowisko badawcze

Badania prowadzono w standardowej laboratoryjnej maszynie flotacyjnej z komorą o pojemności  $5 \text{ dm}^3$  wykonanej ze szkła organicznego. Komorę zabudowywano pakietami wkładów lamelowych o różnej powierzchni roboczej. W badaniach wykorzystano pakiet

---

\* Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska, Częstochowa

\*\* Artykuł jest wynikiem realizacji projektu naukowego MNISZW nr 4 T12 A06530

wkładów lamelowych o przewodach nachylonych pod kątem  $60^\circ$  o powierzchni  $0,2241 \text{ m}^2$  oraz pakiet pionowych wkładów lamelowych o powierzchni  $0,0423 \text{ m}^2$ .

### 3. Materiał do badań

Surowy muł użyty w doświadczeniach jest węglem koksującym (ortokoksowym typu 35.2B), dlatego należy do węgla dobrze flotujących. Badania wykonano na nadawie na flotację. Muł węglowy pochodzi z jednego z Zakładów Przeróbczych Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA, w którym zastosowano bezodczynnikową technologię procesu flotacji — flotację solną.

Badania laboratoryjne przeprowadzono w czterech seriach. Przeprowadzono dwie serie flotacji solnej oraz dwie serie flotacji solnej i pianowej. Zastosowano w nich odczynnik flotacyjny o nazwie handlowej Flotmix oraz dodatkowy aktywator.

Flotmix jest mieszkanką odczynnika pianotwórczego, aktywatora i zbieracza. Jest specjalnie dobierany w zależności od charakteru nadawy na flotację w poszczególnych zakładach przeróbczych.

W laserowym analizatorze rozkładu wielkości cząstek (Analysette 22 firmy Fritsch) wykonano badanie składu ziarnowego nadawy.

Wyniki analizy ziarnowej wskazują, że nadawa była drobnouziarniona — 80% materiału stanowiła klasa poniżej  $250 \mu\text{m}$ .

### 4. Schemat wykonywanych badań

Badania przeprowadzono w następujący sposób:

- flotacja 1 — komora flotacyjna bez pakietu wkładu lamelowego,
- flotacja 2 — obecny w komorze flotacyjnej pakiet wkładu lamelowego o przewodach nachylonych pod kątem  $60^\circ$  o powierzchni flotacyjnej  $0,2241 \text{ m}^2$ ,
- flotacja 3 — obecny w komorze flotacyjnej wkład z pakietem pionowych przewodów o powierzchni flotacyjnej  $0,0423 \text{ m}^2$ .

W serii 1 i 2 miała miejsce flotacja solna, nie stosowano odczynnika flotacyjnego a w seriach 3 i 4 prowadzono flotację solną oraz flotację pianową — dodawano odczynnik w ilości ok.  $310\text{g/Mg}$  suchej nadawy.

Wykonano cztery serie badań po trzy flotacje frakcjonowane w każdej z serii: bez pakietu wkładu lamelowego w komorze flotacyjnej oraz z pakietami wkładów, których przewody są pionowe i nachylone pod kątem  $60^\circ$ .

We seriach 2 i 4 wykorzystano dodatkowe napowietrzanie poprzez zastosowanie pompy tłoczącej powietrze w ilości ok.  $20 \text{ dm}^3/\text{minutę}$ .

W każdym koncentracji flotacyjnym  $\gamma_k$  oznaczono zawartość popiołu  $\vartheta$ , zawartość części palnych w koncentracji  $\epsilon$  oraz ilości dodawanej w czasie flotacji wody.

Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

TABELA I  
**Wyniki badań flotacji w poszczególnych seriach**

| Rodzaj wypełnienia komory  | SERIA I                               |                         |                           | SERIA II                                  |                         |                           | SERIA III                             |                         |                           | SERIA IV   |                         |                           |
|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|-------------------------|---------------------------|
|                            | bez odczynnika                        |                         |                           | bez odczynnika dodatkowego napowietrzanie |                         |                           | 310g/Mg odczynnika                    |                         |                           | 310g/Mg, odczynnik w postaci emulsji, dodatkowe napowietrzanie |                         |                           |
|                            | 1<br>$\Sigma\gamma_{ks}$<br>%         | 2<br>$\vartheta$ ,<br>% | 3<br>$\varepsilon$ ,<br>% | 1<br>$\Sigma\gamma_{ks}$<br>%             | 2<br>$\vartheta$ ,<br>% | 3<br>$\varepsilon$ ,<br>% | 1<br>$\Sigma\gamma_{ks}$<br>%         | 2<br>$\vartheta$ ,<br>% | 3<br>$\varepsilon$ ,<br>% | 1<br>$\Sigma\gamma_{ks}$<br>%                                  | 2<br>$\vartheta$ ,<br>% | 3<br>$\varepsilon$ ,<br>% |
| F1 — flot. bez wypełnienia | 95,1                                  | 14,1                    | 97,8                      | 91,6                                      | 10,5                    | 97,3                      | 94,9                                  | 13,0                    | 99,0                      | 94,1   | 12,2                    | 98,8                      |
| F2 — flot. z wkładem 60°   | 92,7                                  | 13,1                    | 96,3                      | 90,2                                      | 8,8                     | 97,6                      | 94,6                                  | 13,4                    | 98,3                      | 97,1   | 14,0                    | 99,1                      |
| F3 — flot. z wkładem 90°   | 93,7                                  | 12,5                    | 97,0                      | 92,7                                      | 11,3                    | 97,9                      | 95,6                                  | 13,0                    | 99,1                      | 97,0   | 13,7                    | 99,3                      |
| Rodzaj wypełnienia komory  | SERIA I                               |                         |                           | SERIA II                                  |                         |                           | SERIA III                             |                         |                           | SERIA IV   |                         |                           |
|                            | bez odczynnika                        |                         |                           | bez odczynnika dodatkowego napowietrzanie |                         |                           | 310g/Mg odczynnika                    |                         |                           | 310g/Mg, odczynnik w postaci emulsji, dodatkowe napowietrzanie |                         |                           |
|                            | ilość dodawanej wody, cm <sup>3</sup> |                         |                           | ilość dodawanej wody, cm <sup>3</sup>     |                         |                           | ilość dodawanej wody, cm <sup>3</sup> |                         |                           | ilość dodawanej wody, cm <sup>3</sup>                          |                         |                           |
| F1 — flot. bez wypełnienia | 5600                                  |                         |                           | 3720                                      |                         |                           | 4750                                  |                         |                           | 5400   |                         |                           |
| F2 — flot. z wkładem 60°   | 6540                                  |                         |                           | 4600                                      |                         |                           | 7300                                  |                         |                           | 5850   |                         |                           |
| F3 — flot. z wkładem 90°   | 7800                                  |                         |                           | 4900                                      |                         |                           | 6500                                  |                         |                           | 4900   |                         |                           |

1 — wychód koncentratu flotacyjnego  $\Sigma\gamma_{ks}$

2 — zawartość popiołu w koncentracie  $\vartheta$ ,

3 — uzysk substancji palnych w koncentracie  $\varepsilon$

## 5. Omówienie wyników

W zakładzie przeróbki mechanicznej przy określaniu jakości otrzymywanego koncentratu flotacyjnego węgla ważna jest przede wszystkim zawartość w nim popiołu z tego względu, że dołączany jest on do mialu. Z drugiej strony istotna jest także ilość tego koncentratu.

W omawianych doświadczeniach serii I i II prowadzona jest flotacja solna a więc nie stosuje się odczynników flotacyjnych, w seriach III i IV prowadzono badania z zastosowaniem odczynników flotacyjnych, by istniała możliwość porównywania efektów flotacji z badaniami prowadzonymi na innej nadawie pochodzącej z innej kopalni Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA [1].

### **Seria I: flotacja solna odpowiednik flotacji zachodzącej w warunkach przemysłowych**

Obecność pakietu wkładów lamelowych w komorze flotacyjnej wpływa korzystnie na proces flotacji, co ma odzwierciedlenie w obniżającej się w koncentracji flotacyjnym zawartości popiołu z 14,1% dla flotacji bez wkładów, do 13,1% dla flotacji w komorze z pakietem wkładów o przewodach nachylonych pod kątem 60°, a dla flotacji w komorze z pakietem pionowych wkładów zawartość popiołu wyniosła 12,5%. Obniżeniu zawartości popiołu w koncentracji towarzyszy porównywalny spadek wychodu koncentratu. Wywołane zmiany są najprawdopodobniej związane ze zmianami warunków hydrodynamicznych procesu flotacji. Pionowe przewody wkładów lamelowych stabilizują warunki procesu flotacji solnej i dlatego otrzymany koncentrat ma najniższą w tej serii wartość popiołu. Ustabilizowanie hydrodynamicznych warunków flotacji wpłynęło niestety niekorzystnie na ilość wody dodawanej w celu odebrania flotokonzentratu. Ilość dodawanej wody w poszczególnych doświadczeniach wzrasta wraz z obniżeniem się zawartości popiołu w koncentracji flotacyjnym. Oznacza to, że największą ilość wody miał flotokonzentrat, zawierający lekkie, bardzo drobne ziarna węglowe, z flotacji w komorze z pionowymi przewodami lamelowymi.

### **Seria II: flotacja solna z dodatkowym napowietrzaniem mętów flotacyjnych**

Interesująca w tej serii badań była odpowiedź na pytanie o wpływ dodatkowej ilości powietrza wtłaczanej do mętów flotacyjnych na efekty procesu flotacji solnej. W tej serii do flotacji solnej wprowadzono dodatkowe napowietrzanie poprzez zastosowanie pompy tłoczącej powietrze w ilości ok. 20 dm<sup>3</sup>/minutę. W przypadku flotacji w komorze bez pakietu wkładów lamelowych, w otrzymanym koncentracji jest 10,5% popiołu a więc wyniki są lepsze niż w serii I. Wypełnienie komory flotacyjnej pakietem wkładów lamelowych wpływa także korzystnie na proces flotacji. Dodatkowa ilość pęcherzyków powietrza w mętach flotacyjnych sprzyja wyniesieniu ziaren węgla do flotokonzentratu. W komorze z pakietem wkładów o przewodach nachylonych pod kątem 60° są najdogodniejsze warunki do

flotacji ziaren węglowych i dlatego zawartość popiołu wynosi 8,8% a w przypadku obecności w komorze pionowych przewodów lamelowych zawartość popiołu wzrasta w tej serii i wynosi 11,3%. Porównanie wyników z serii I z serią II prowadzi do wniosku, że dodatkowe napowietrzanie i obecność w komorze pakietu wkładów lamelowych o przewodach nachylonych pod kątem 60° stwarza optymalne warunki do procesu flotacji.

### **Seria III: flotacja solna i pianowa z użyciem odczynnika flotacyjnego Flotmixu w ilości ok. 310g/Mg suchej nadawy**

Ta seria doświadczeń miała odpowiedzieć na pytanie czy równoczesna flotacja solna i flotacja pianowa spowodują otrzymanie flotokonzentratu węgla o niskim zapopieleniu. W serii III we wszystkich koncentratkach zawartości popiołu są porównywalne i wynoszą ok. 13%. W porównaniu z wynikami serii II otrzymano koncentraty o wyższej zawartości popiołu przy jednoczesnym wzroście wychodu koncentratu. Warunki prowadzenia procesu flotacji — brak dodatkowego napowietrzania, dodatek odczynnika flotacyjnego. Powodują, że nie ma znaczenia obecność w komorze flotacyjnej pakietu wkładów lamelowych i nie wpływa to na zapopielenie koncentratu. Ilość dodanej wody do procesu flotacji w komorze z pakietem wkładów o przewodach nachylonym pod kątem 60° jest najwyższa przy porównywalnych wychodach koncentratu co sugerowałoby najniższą prędkość unoszenia wewnątrz przewodu wkładu lamelowego nachylonego pod tym kątem. Dodatek odczynnika flotacyjnego oraz wypełnienie komory flotacyjnej nie wpłynęło korzystnie na wskaźniki technologiczne procesu, ponieważ nie otrzymano koncentratów o niskim zapopieleniu.

### **Seria IV: flotacja solna i pianowa z użyciem odczynnika flotacyjnego Flotmixu w ilości ok. 310g/Mg suchej nadawy, podawanego w postaci emulsji**

Stosowanie do flotacji bez wypełnienia odczynnika flotacyjnego Flotmix — dodawanego w postaci emulsji — sprawia, że koncentrat flotacyjny zawiera mniej popiołu 12,2% niż w przypadku flotacji solnej 14,1% w serii I. Zemułgowany odczynnik flotacyjny i obecność wkładów a więc stabilizacja warunków hydraulicznych powodują, że do koncentratu dostają się również ziarna skały płonnej i dlatego wzrasta zapopielenie w koncentracie w tej serii. Jeżeli porównamy pod względem ilości dodanej wody serie I z IV to można zauważyć, że zmniejsza się zapopielenie koncentratu i ilość dodanej wody na korzyść flotacji z emulgowanym odczynnikiem.

## **6. Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- 1) dodatkowe napowietrzanie mętów flotacyjnych przy flotacji solnej powoduje, że proces flotacji przebiega selektywniej, a otrzymany flotokonzentrat zawiera więcej ziaren węglowych a więc ma niższe zapopielenie;

- 2) ilość dodawanej wody przy odbiorze flotokonzentratu jest także najniższa w serii w której męty flotacyjne przy flotacji solnej były dodatkowo napowietrzane;
- 3) obecność pakietu wkładów lamelowych w komorze flotacyjnej wpływa korzystnie na proces flotacji solnej, co ma odzwierciedlenie w obniżającej się w koncentracji flotacyjnym zawartości popiołu;
- 4) optymalne rezultaty procesu flotacji uzyskano w przypadku flotacji solnej z wypełnieniem komory pakietem wkładów lamelowych o przewodach nachylonych pod kątem  $60^\circ$  z wykorzystaniem dodatkowego napowietrzania;
- 5) z przeprowadzonych badań wynika, że nie ma potrzeby stosowania odczynników flotacyjnych. Ziarna skały płonnej stając się hydrofobowymi, przechodzą do flotokonzentratu podwyższając w nim zawartość popiołu, co obniża jego wartość handlową.

## 7. Podsumowanie

Zastosowanie w komorze flotacyjnej wypełnienia pakietem wkładów lamelowych oraz wykorzystanie dodatkowego napowietrzania wpływa korzystnie na jakość otrzymywanych koncentratów. Wyniki badań laboratoryjnych zachęcają do przeprowadzenia prób w skali wielkolaboratoryjnej z użyciem profesjonalnych wkładów lamelowych.

### LITERATURA

- [1] *Marciniak-Kowalska J., Wójcik-Osip E.*: Lamella packets applications to flotation of coal suspensions, Polish Journal of Environmental Sciences 2007 (w druku)
- [2] *Marciniak-Kowalska J.*: Preliminary testing of lamella packets applications to flotation of coal suspensions, Polish Journal of Environmental Sciences 2007 (w druku)
- [3] *Marciniak-Kowalska J., Wójcik-Osip E.*: Wstępne badania nad możliwością zastosowania wkładów wielostrumieniowych do intensyfikacji procesu flotacji. *Górnictwo i Geoinżynieria. Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej*, 30, 3/1, 2006
- [4] *Kowalski W. P.*: Osadniki wielostrumieniowe. Kraków, UWND AGH 2004, 312–319
- [5] *Kowalski W. P., Banaś M.*: Badania wielostrumieniowego procesu flotacji. Jubileuszowa X Konferencja Naukowa. *Problemy w konstrukcji i eksploatacji maszyn hutniczych i ceramicznych*, Kraków, 2, 2000, 263–269
- [6] *Marciniak-Kowalska J.*: Own research program no 10.10.100.37. Kraków, AGH UST 2005