

*Marek Lenartowicz\**, *Beata Grynkiewicz-Bylina\**

## BADANIA LABORATORYJNE FLOTACJI WĘGLA W OBECNOŚCI ODCZYNNIKA RFK–X

---

### 1. Wprowadzenie

Flotacja jest metodą wzbogacania, w której rozdział ziaren mieszaniny różnych minerałów następuje na podstawie różnic we właściwościach powierzchniowych tych minerałów, dodatkowo zwiększanych przez stosowanie odczynników flotacyjnych. Rozdział polega na wyniesieniu przez pęcherzyki powietrza ziaren hydrofobowych (niezwilżanych przez wodę) na powierzchnię zawiesiny. Ziarna nie flotujące (hydrofilowe) pozostają w zawieszynie lub tworzą osad [9].

Technologia flotacji danego mułu węglowego musi zapewniać optymalną flotowalność tego mułu w skali przemysłowej, dlatego musi uwzględniać czynniki warunkujące taką flotowalność. Czynniki te to: stopień uwęglenia węgla, skład, sposób występowania i oddziaływanie substancji mineralnych na aktywność flotacyjną węgla, stopień rozdrobnienia substancji mineralnej i węglowej, stopień uwolnienia substancji organicznej od mineralnej, skład granulometryczny mułów węglowych, koncentracja części stałych w zawieszynie, jakość, ilość i sposób wprowadzania odczynników flotacyjnych, sposób napowietrzania zawiesiny flotacyjnej, czynniki typu mechanicznego, czas flotacji i inne [1, 3, 6, 9, 10].

Odczynniki flotacyjne w sposób zasadniczy wpływają na flotowalność mułów węglowych i decydują o możliwościach stosowania flotacji jako metody wzbogacania tych mułów w skali przemysłowej [9, 10]. Pierwszą grupę odczynników stanowią tzw. kolektory lub odczynniki apolarne, których działanie polega na zwiększeniu hydrofobowości węgla. Drugi rodzaj odczynników stanowią odczynniki pianotwórcze, mające właściwości cieczy polarnych, odpowiedzialne za tworzenie się piany utrzymującej koncentrat węglowy na powierzchni zawiesiny [12]. Do trzeciej grupy odczynników można zaliczyć różnego typu związki chemiczne jako: promotory, stymulatory, aktywatory, depresory, regulatory pH środowiska, peptyzatory i flokulatory, które w różny sposób determinują aktywność flotacyjną mułów węglowych [9, 13].

---

\* Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

Obecnie w praktyce przemysłowej stosuje się odczynniki o działaniu kompleksowym, spełniającym jednocześnie zadania kolektorów, substancji pianotwórczych i promotorów [8, 9, 13]. Odczynniki flotacyjne kompleksowe to wieloskładnikowe mieszaniny zawierające, oprócz klasycznych kolektorów i środków pianotwórczych, dodatkowe substancje, mające właściwości promotorów o różnorodnym oddziaływaniu na proces flotacji. Szczegółowe składy chemiczne odczynników kompleksowych nie są ujawniane przez producentów. Zużycie odczynników kompleksowych w porównaniu z odczynnikiem dwuskładnikowym jest kilka razy mniejsze, a wyniki wzbogacania lepsze [7, 9].

Badania wykazały, że odczynniki flotacyjne powinny charakteryzować się: aktywnością, selektywnością działania, stabilnością składu i właściwościami oraz niską lepkością. Środki stosowane jako odczynniki flotacyjne nie mogą być toksyczne, powinny być pozbawione ostrego i nieprzyjemnego zapachu, w miarę możliwości powinny być trudno zapalne i bezpieczne pod względem wybuchu oraz nie powinny przyspieszać korozji urządzeń [11].

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań flotacji węgla kamiennego typu 34.2 i 35.1 przy użyciu nowego kompleksowego odczynnika flotacyjnego RFK-X [2, 5, 14]. Celem badań było określenie przydatności do flotacji węgla kamiennych reagenta flotacyjnego RFK-X.

## 2. Charakterystyka materiału użytego do badań

Do badań użyto próbek w postaci zawiesin nadaw, które pobrano w czasie pracy flotownika IZ-12 z rurociągu podającego materiał do maszyny flotacyjnej.

Skróconą charakterystykę wzbogacanych węgla przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1

### Charakterystyka węgla użytych do badań

Węgiel	Typ węgla	Zawartość popiołu w nadawie, [%]
Węgiel gazowo-koksowy	34.2	39,0
Węgiel ortokoksowy	35.1	17,9

Materiał do badań stanowił węgiel gazowo - koksowy typu 34.2 o zawartości popiołu 39,0% i węgiel ortokoksowy typu 35.1 o zawartości popiołu 17,9%.

## 3. Metoda badań

Badania laboratoryjne realizowane były na stanowisku do badań flotacji w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG.

W badaniach zastosowano metodę badań, opartą o normę PN-ISO 8858-1:2006, zmodyfikowaną poprzez:

- zastąpienie odczynników normowych (n-dodekanu i metyloizobutylokarbinolu — MIBC) odczynnikami flotacyjnymi: RFK–X lub mieszaniną standardową (odniesienia) składającą się z oleju napędowego ON i 2-etyloheksanolu OKT;
- zastąpienie wody destylowanej wodą wodociągową;
- zmniejszenie liczby obrotów wirnika z 1500 obr./min do wartości 1040 obr./min;
- zmniejszenie natężenia przepływu powietrza wprowadzanego do flotacji z 4 do 2 dm<sup>3</sup>/min.

W tabeli 2 przedstawiono warunki doświadczeń laboratoryjnych.

TABELA 2

**Warunki doświadczeń laboratoryjnych**

Parametry procesu	Wartość	Jednostki
Odczynnik: RFK – X [5], ON + 10% OKT, ON + 5% OKT [15]		
Koncentracja części stałych w zawiesinie	100	g/dm <sup>3</sup>
Uziarnienie nadawy	– 0,5	mm
Czas mieszania z odczynnikami	30	s
Dawka odczynnika	0,40	kg/Mg
Czas flotacji	do pojawienia się pustej piany	–
Ilość powietrza	2	dm <sup>3</sup> /min
Obroty wirnika	1040	obr./min
Temperatura	25±10	°C

Próby flotacyjne prowadzono w maszynie laboratoryjnej o pojemności 1 dm<sup>3</sup>. Powietrze było dostarczane pod ciśnieniem w ilości 2 dm<sup>3</sup>/min. Nadawę mieszano w maszynie przez 30 s z odczynnikiem (100% odczynnika), następnie po doprowadzeniu powietrza, flotowano do momentu pojawienia się pustej piany. Koncentrat i odpady, stanowiące produkty z procesu flotacji odwadniano, suszono i ważono dla określenia wychodów. Na podstawie ilości (wychodu) koncentratu i zawartości w nim popiołu oraz zawartości popiołu w nadawie obliczano uzysk substancji palnej w koncentracie  $\varepsilon$  [%] według wzoru:

$$\varepsilon = \gamma \cdot \frac{100 - \lambda}{100 - \alpha}$$

gdzie:

- $\alpha$  — zawartość popiołu w nadawie, %,
- $\gamma$  — wychód koncentratu, %,
- $\lambda$  — zawartość popiołu w koncentracie, %.

Oznaczenie zawartości popiołu w produktach z procesu flotacji wykonano metodą wagową, zgodnie z normą PN-ISO 1171:2002 pt.: „Paliwa Stałe. Oznaczanie popiołu”. Próby flotacji przeprowadzono w temperaturze  $(25\pm 10)^{\circ}\text{C}$  przy użyciu wody wodociągowej, zachowując zawartość części stałych wynoszącą  $100\text{ g/dm}^3$  (w stanie suchym) i dawce odczynnika równej  $0,40\text{ kg/Mg}$ . Doświadczenia laboratoryjne przeprowadzono w warunkach optymalnych, określonych na podstawie wstępnych badań dla poszczególnych węgli [2].

#### 4. Wyniki badań

Wyniki badań laboratoryjnych procesu flotacji podano w tabeli 3.

Analiza wyników badań przedstawionych w tabeli 3 wykazała, że:

- zawartość popiołu w koncentracie uzyskanym z procesu flotacji przy użyciu odczynnika flotacyjnego RFK jest zbliżona do zawartości popiołu w koncentracie uzyskanym z procesu flotacji przy użyciu mieszaniny składającej się z oleju napędowego i 2-etyloheksanolu OKT;
- zawartość popiołu w odpadach flotacyjnych uzyskanych z procesu flotacji przy użyciu odczynnika flotacyjnego RFK jest wyższa niż zawartość popiołu w odpadach uzyskanych z procesu flotacji przy użyciu mieszaniny składającej się z oleju napędowego i 2-etyloheksanolu OKT.

#### 5. Podsumowanie

Odczynniki flotacyjne powinny charakteryzować się aktywnością, selektywnością działania, stabilnością składu i właściwościami oraz niską lepkością. Środki stosowane jako odczynniki flotacyjne nie mogą być toksyczne, powinny być pozbawione ostrego i nieprzyjemnego zapachu, w miarę możliwości powinny być trudno zapalne i bezpieczne pod względem wybuchu oraz nie powinny przyspieszać korozji urządzeń [11]. Poszukiwanie odczynnika do flotacji mułów węglowych o coraz lepszych własnościach flotacyjnych, a jednocześnie opłacalnego ekonomicznie i bezpiecznego dla środowiska jest ciągle aktualnym zagadnieniem [8]. Przedstawione wyniki laboratoryjnych badań procesu flotacji węgla z dwóch kopalń i ocena przydatności do flotacji reagenta flotacyjnego RFK–X, opracowanego przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG w ramach współpracy z firmą ReaFlot Sp. z o.o. [2], pozwalają stwierdzić, że zastosowanie wyżej wymienionego odczynnika umożliwi uzyskiwanie produktów o pożądanej jakości.

Jako kryterium oceny przydatności przyjęto dotrzymanie zawartości popiołu w produktach z procesu flotacji [4]:

- nie wyższej niż 11% (węgiel typu 34.2) i 7% (węgiel typu 35.1) w koncentracie,
- nie niższej niż 65% w odpadach flotacyjnych.

TABELA 3  
Wyniki badań laboratoryjnych

Węgiel	Odczynnik	Dawka, [kg/Mg]	Produkt	Wychód, [%]	Zawartość popiołu, [%]	Uzysk substancji palnej w koncentracie, [%]
Węgiel gazowo-koksowy typu 34.2	ON + 10% OKT	0,40	K	33,22	13,41	47,16
			O	66,78	51,73	
Węgiel ortokoksowy typu 35.1	RFK-X	0,40	K	52,01	11,83	75,17
			O	47,99	68,44	
Węgiel ortokoksowy typu 35.1	ON + 5% OKT	0,40	K	82,00	5,84	94,05
			O	11,00	72,84	
Węgiel ortokoksowy typu 35.1	RFK-X	0,40	K	87,0	6,97	95,34
			O	13,0	75,88	

Oznaczenia: K — koncentrat, O — odpady, ON — olej napędowy, OKT — 2-etyloheksanol (izooktanol), RFK-X — kompleksowy odczynnik flotacyjny.

Zawartość popiołu w koncentracji oraz w odpadach flotacyjnych uzyskanych z procesu flotacji węgla gazowo-koksowego typu 34.2 i ortokoksowego typu 35.1 przy użyciu odczynnika flotacyjnego RFK spełnia wyżej wymienione kryteria oceny, co w pełni potwierdza przydatność reagenta flotacyjnego RFK do flotacji węgla.

#### LITERATURA

- [1] *Gaudin A.M.*: Flotacja. Wyd. „Śląsk”, Katowice, 1963
- [2] *Grynkiewicz-Bylina. B, Rakwicz B, Lenartowicz M. i in.*: Minimalizacja zawartości substancji niebezpiecznych w odpadach górniczych oraz zwiększenie efektywności procesu wzbogacania węgla kamiennego poprzez stosowanie nowego środka chemicznego do wzbogacania węgla kamiennego, Praca statutowa nr E/DLS-6006/OR-OR4 KOMAG Gliwice 2008/2009 (praca niepublikowana)
- [3] *Jemieljanow D.S.*: Teoria i praktyka flotacji węgla. Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze, 1956
- [4] Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. Zakład Logistyki Materiałowej, Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia, Znak 01/P/SRC/10
- [5] Karta charakterystyki preparatu: Grupa Reagentów RFK, ReaFlot, 2009
- [6] *Klassen W.I.*: Flotacja węgla. Wyd. „Śląsk”, Katowice, 1966
- [7] *Lenartowicz M.*: Aktywność flotacyjna węgla w korytovej pneumomechanicznej maszynie flotacyjnej w funkcji napięcia powierzchniowego zwilżania. Praca doktorska. GIG, Katowice, 2007
- [8] *Małysa E., Siekierka S.*: Ocena możliwości zastosowania montanolu jako odczynnika zbierająco — pianotwórczego do flotacji węgla. I Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalini. Zakopane, 14–7 listopada 1995
- [9] *Sablik J.*: Flotacja węgla kamiennych. Główny Instytut Górnicztwa, Katowice, 1998
- [10] *Sablik J.*: Flotowalność polskich węgla kamiennych jako funkcja stopnia ich uwęglenia. Główny Instytut Górnicztwa. Katowice, 1980
- [11] *Sablik J., Makula K., Olszówka J.*: Odczynniki flotacyjne jako elementy technologii flotacji węgla. Prace Głównego Instytutu Górnicztwa, Seria Dodatkowa. Katowice, 1979
- [12] *Saleh A.M., Iskra J.*: Investigation of new frothing agents in the flotation of low rank coal — study of coal recovery and selectivity. XI Scientific Symp. on Coal Flotation. GIG, Katowice, 1992
- [13] *Schouterden E.G.S., Peere G.J.M.J.*: Reagents for coal flotation. New trends in coal preparation technologies and equipment. XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla. Kraków, CPPGSMiE PAN 1994
- [14] *Tora B., Nowak A, Tejchman Z, Budzyń S.*: Opinia dotycząca zastosowania środka flotacyjnego RFK produkowanego przez Reaflot sp. z o.o. nr WGIG-KPK/W/139/2009, Katedra Przeróbki Kopalini i Ochrony Środowiska, Wydział Górnicztwa i Geologii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, 2009 (praca niepublikowana)
- [15] *Wierchowski K., Sablik J.*: 2-ethylhexanol used as a frothing agent for flotation of coking coals. Annual Report of Central Mining Institute. GIG, Katowice, 1990