

Jerzy SABLİK, Krzysztof WIERZCHOWSKI

Główny Instytut Górnictwa, Katowice

WPLYW WYBRANYCH ODCZYNNIKÓW FLOTACYJNYCH NA ENERGIĘ POWIERZCHNIOWĄ WĘGLA I PIRYTU I ICH FLOTOWALNOŚĆ

Streszczenie. Rozdział pirytu od węgla w procesie flotacji jest zadaniem trudnym. Odczynniki stosowane do flotacji węgla stymulują najczęściej także aktywność flotacyjną pirytu powodując jego przechodzenie do koncentratu węglowego. Stwierdzono istnienie odczynników, które zwiększają energię powierzchniową pirytu powodując jednocześnie zmniejszenie ich flotowalności. Są także odczynniki, które istotnie zwiększają energię powierzchniową piritów w powietrzu, a mimo tego powodują, że w roztworze wodnym wykazują one dużą aktywność flotacyjną.

INFLUENCE OF SELECTED FLOTATION REAGENTS ON SURFACE ENERGY OF COAL AND PYRITE AND THEIR FLOTATION RESPONSE

Summary. Separation of pyrite from coal on the way of flotation is still a hard project. Reagents used in coal flotation increase also flotation response of pyrite and cause its concentration together with coal. In abstract the separation coal-pyrite was described. Some of the reagents cause the same result in the case of pyrite. However, there were also found reagents raising the critical surface energy of pyrite and simultaneously reducing its flotation response. There exist also reagents which significantly increase the surface energy of pyrites in air, but in spite of this cause their high flotation response in water solutions.

1. Wstęp

W przypadku kiedy rozproszenie pirytu w węglu jest duże, uwolnione ziarna tego siarkonośnego minerału pojawiają się dopiero w klasach ziarnowych występujących w mułach. Muł węglowy wzbogacany jest najczęściej metodą flotacji, a proces powinien być tak prowadzony, aby ziarna pirytu przechodziły do odpadów flotacyjnych. Rozdział ziarn węgla od ziarn pirytu może w procesie flotacji następować wtedy, kiedy hydrofobowość węgla jest duża (mała energia powierzchniowa) i jednocześnie hydrofobowość pirytu jest mała (duża energia po-

wierzchniowa). Piryt wykazuje poza środowiskiem flotacji dużą krytyczną energię powierzchniową [1], znacznie większą w porównaniu z różnymi typami węgla [2], jednak zwilżony odczynnikami stosowanymi powszechnie w procesie flotacji węgla uzyskuje energię powierzchniową (hydrofobowość) porównywalną z energią powierzchniową węgla [1]. Powoduje to współflotację pirytu i węgla. W wielu ośrodkach badawczych prowadzi się systematycznie prace zmierzające do znalezienia odczynników chemicznych, które jednocześnie zwiększałyby hydrofobowość i aktywność flotacyjną węgla i zmniejszały wartości tych parametrów w odniesieniu do pirytu [3 - 5]. Problem ten wciąż jednak nie został zadowalająco rozwiązany.

W dalszym ciągu opracowania przedstawiono wyniki badań wpływu niektórych odczynników chemicznych na krytyczną energię powierzchniową i niejednorodność energetyczną węgla i pirytu oraz ich aktywność flotacyjną. Stwierdzono, że istnieją odczynniki, które powodują, że aktywność flotacyjna węgla jest stosunkowo duża, a aktywność flotacyjna pirytu mniejsza od naturalnej. Stwierdzono także, że niektóre odczynniki zwiększające energię powierzchniową pirytu w powietrzu powodują zwiększenie ich aktywności flotacyjnej w środowisku flotacji

2. Material do badań

Badania przeprowadzono na scharakteryzowanych w tabl. 1 próbkach węgla z kop. „Jaworzno” oraz kop. „Halemba” oraz próbkach przywęglowego pirytu z kop. „Jaworzno”, kop. „Halemba” i kop. „Dębieńsko” zawierających odpowiednio 41,5%, 47,2% oraz 49,5% siarki.

Tablica 1

Charakterystyki węgla użytych do badań

Kopalnia	Typ węgla	Zawartość popiołu, %	C ^{daf} %	S _t %	(O+N) ^{daf} %	V ^{daf} %
Jaworzno	31.1	4,3	79,30	0,91	14,80	40,2
Halemba	32.2	7,7	82,23	0,67	9,95	33,0

3. Odczynniki

Jako odczynniki chemiczne zastosowano znane powszechnie i stosowane w praktyce odczynniki flotacyjne (tablica 2) oraz dobrane specjalnie substancje chemiczne o budowie nasuwającej przypuszczenia, że mogą one różnicować wartości energii powierzchniowej węgla i pirytu (tablica 2).

4. Metodyka badań

Energię powierzchniową węgla i pirytów „czystych”, jak również zwilżonych odczynnikami określano metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej [6, 7]. Metoda ta polega na rozdzieleniu monowarstwy ziarn ciała stałego na powierzchni roztworów o różnych napięciach powierzchniowych. W zależności od napięcia powierzchniowego roztworu i właściwości powierzchniowych ziarn pozostają one na jego powierzchni utrzymywane siłami powierzchniowymi lub są zwilżane przez roztwór i toną. Użycie wielu roztworów o różnym napięciu powierzchniowym pozwala rozdzielić daną populację ziarn na szereg frakcji liofilowych i liofobowych. Średnią energię powierzchniową ziarn dla populacji, dla których wyznaczono pełną dystrybuantę rozkładu energii powierzchniowej, obliczono z histogramu według równania [7]:

$$\bar{\gamma}_c = \int_{\gamma_{c \min}}^{\gamma_{c \max}} \gamma_c f(\gamma_c) d\gamma_c$$

γ_c - krytyczne napięcie powierzchniowe ziarn,

$f(\gamma_c)$ - funkcja gęstości (histogram) krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania ziarn.

Odchylenie standardowe δ_{γ_c} odzwierciedlające niejednorodność właściwości powierzchniowych ziarn obliczono z równania [7]:

$$\delta_{\gamma_c} = \sqrt{\int_{\gamma_{c \min}}^{\gamma_{c \max}} (\gamma_c - \bar{\gamma}_c)^2 f(\gamma_c) d\gamma_c}$$

Tablica 2

Średnia krytyczna energia powierzchniowa ($\bar{\gamma}_c$) i niejednorodność energetyczna (δ_{γ_c})
 „czystych” i zwilżonych odczynnikami flotacyjnymi ziarn węgla i pirytu

Odczynnik	Parametr mJ/m ²	Węgiel		Piryt		
		z kop. „Jaworzno”	z kop. „Halemba”	z kop. „Jaworzno”	z kop. „Halemba”	z kop. „Dębieńsko”
Bez odczynnika	$\bar{\gamma}_c$	55,7	47,9	>72*	>55*	>55*
	δ_{γ_c}	12,8	10,2	**	**	**
Olej napędowy ON	$\bar{\gamma}_c$	38,1	30,8	36,6	32,4	33,4
	δ_{γ_c}	5,8	4,6	8,8	5,9	5,6
Rokacet R _c	$\bar{\gamma}_c$	-	>81*	>81*	>81*	>81*
	δ_{γ_c}	-	-	-	-	-
MK	$\bar{\gamma}_c$	-	45,8	-	>58*	>58*
	δ_{γ_c}	-	8,5	-	-	-
Hedol	$\bar{\gamma}_c$	-	45,8	-	>55*	>55*
	δ_{γ_c}	-	9,0	-	**	**
Vitat	$\bar{\gamma}_c$	-	46,1	-	>55*	>55*
	δ_{γ_c}	-	9,4	-	**	**
ON - 95% MK - 5%	$\bar{\gamma}_c$	-	43,0	-	>45*	>45*
	δ_{γ_c}	-	6,9	-	-	-
ON - 90% Subst. pianotw. 10%	$\bar{\gamma}_c$	42,5	31,3	32,7	32,5	31,6
	δ_{γ_c}	9,2	4,4	8,8	6,5	4,9

* Nie wyznaczono pełnej dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej ze względu na brak roztworów o odpowiednio dużych napięciach powierzchniowych;

wynik oceniono na podstawie przebiegu niepełnej dystrybuanty rozkładu energii

** Duża niejednorodność energii powierzchniowej ziarn oceniona w wyniku analizy przebiegu dystrybuant niepełnych rozkładu energii powierzchniowej (patrz odpowiednie rysunki).

Badania metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej prowadzono na roztworach metanol-woda o napięciach powierzchniowych 22 - 72,8 mN/m oraz 2 - (76 mN/m) lub 5 - (81 mN/m) molowych roztworach NaCl w zależności od potrzeb. Każdy pomiar powtarzano trzykrotnie, a wyniki stanowią średnią tych pomiarów. Masa próbki poddawanej każdorazowo rozdziałowi wynosiła 0,2 g.

Do nakładania odczynników na powierzchnię ziarn pirytów wykorzystywano opracowaną wcześniej w GIG metodę zwilżania ziarn węglowych odczynnikami flotacyjnymi [8 - 10]. Polega ona na zwilżeniu powierzchni ziarn odczynnikiem, tak aby film cieczy był cienki, a najkorzystniej miał grubość monowarstwy. Aby cel taki osiągnąć, badany odczynnik наносzono na płytkę szklaną możliwie równomiernie, tak aby grubość warstwy nie przekraczała 10 μm . Następnie na tak przygotowaną płytkę szklaną nakładano papier przebitkowy dociskając go gumowym wałkiem w celu przeniesienia na niego odczynnika. Po nasączeniu w ten sposób dwu arkuszy papieru, na jeden z nich sypano monowarstwę badanych ziarn, przykrywano drugim i lekko dociskano gumowym wałkiem. Następnie ziarna zsypywano do naczynka wagowego na okres 12 godzin, co stabilizuje i uśrednia pokrycie odczynnikiem, a w efekcie wpływa korzystnie na powtarzalność wyników otrzymywanych metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej.

Przeprowadzone uprzednio badania wykazały, że metodą tą można otrzymać powtarzalne wyniki, a przedział ufności na poziomie 99% dla średniej energii powierzchniowej ziarn zwilżonych odczynnikami jest stosunkowo mały [10].

Aktywność flotacyjną zawiesin pirytów lub węgla badano w klasycznym aparacie Halimonda [11, 12], z przegrodą porowatą G4. Ciśnienie powietrza pod przegrodą wynosiło 0,03 MPa. Czas flotacji 300 sekund, a masa części stałych w próbce zawiesiny w każdym doświadczeniu 2 gramy. Odmierzoną porcję zawiesiny umieszczano nad przegrodą porowatą i wkraplano zaplanowaną dawkę odczynnika. Po zmontowaniu aparatu na stanowisku pomiarowym mieszano zawiesinę mieszadłem magnetycznym przez 1 minutę z dodanym odczynnikiem. Następnie uzupełniono wodą poziom zawiesiny do kreski i przepuszczano przez aparat powietrze. Każde doświadczenie przeprowadzano trzykrotnie, a jako wynik przyjęto wartość średnią z przeprowadzonych pomiarów. Ilościową miarą aktywności flotacyjnej był stosunek masy ziarn wyniesionych do umownego koncentratu do całkowitej ich masy w zawieszynie.

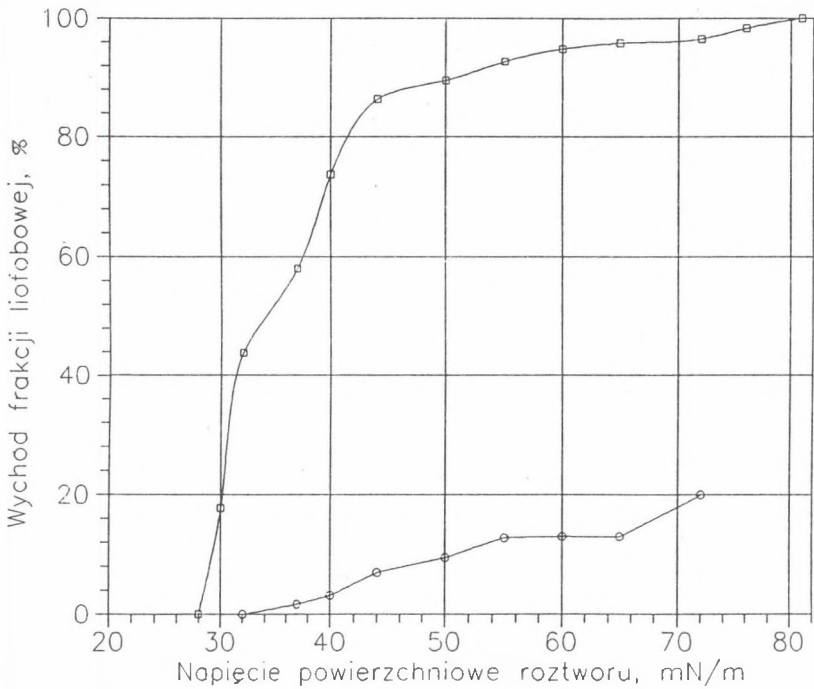
5. Wyniki badań

5.1. Krytyczna energia powierzchniowa węgla i pirytów

Wyniki badania krytycznej energii powierzchniowej węgla i pirytów „czystych” i zwilżonych wybranymi odczynnikami chemicznymi przedstawiono w tablicy 2 i na rysunkach 1 - 7 w postaci dystrybuant rozkładów energii powierzchniowej. Zarówno zamieszczone w tablicach wyniki, jak i dystrybuanty rozkładów energii na rysunkach wykazują, że energia powierzchniowa badanych węgla jest niższa od energii powierzchniowej pirytów. Zastosowane do zwilżania powierzchni odczynniki zmieniają energię powierzchniową węgla i pirytu powodując jej zmniejszenie lub wzrost, przy czym zróżnicowanie wartości tego parametru dla węgla i pirytu może zostać utrzymane, lub może zaniknąć. Zwilżenie powierzchni olejem napędowym lub typowym odczynnikiem flotacyjnym złożonym z oleju napędowego (90%) i substancji pianotwórczej (10%) powoduje obniżenie energii powierzchniowej zarówno węgla, jak i pirytów do wartości $32 \pm 2 \text{ mJ/m}^2$. Wyższe wartości około 38 mJ/m^2 wykazują w tym przypadku węgiel z kop. „Jaworzno” i piryt przywęglowy z tej kopalni. Odczynniki MK, Hedol i Vitat powodują niewielkie zmniejszenie energii powierzchniowej węgla, a równocześnie zwiększenie w stosunku do naturalnej energii powierzchniowej pirytów, natomiast zwilżanie ich powierzchni rokadetem (R_c) powoduje wzrost energii powierzchniowej węgla i pirytu powyżej wartości 81 mJ/m^2 .

5.2. Niejednorodność energetyczna powierzchni ziarn węgla i pirytu

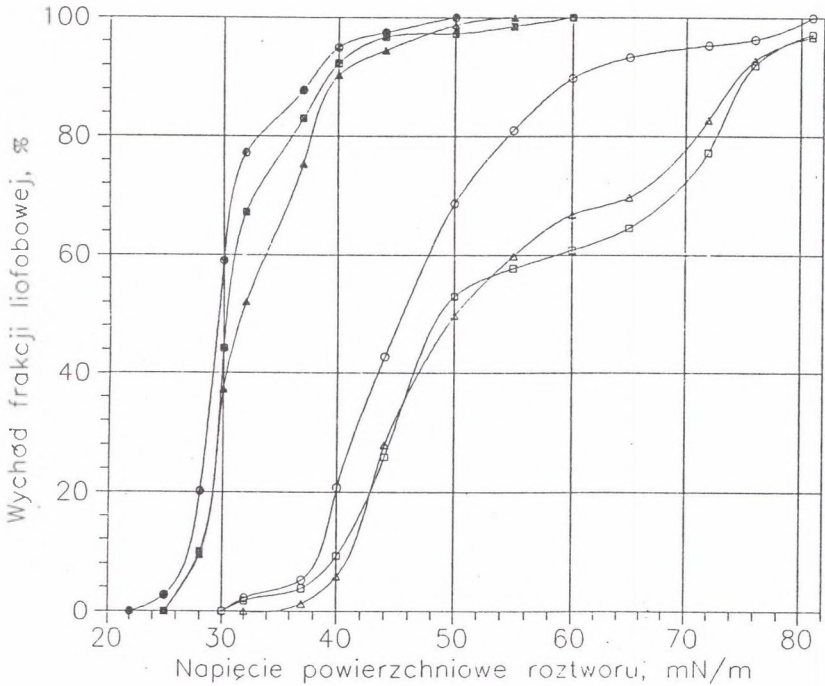
W tablicy 2 podano wartości niejednorodności energetycznej ziarn węgla i pirytów „czystych” i zwilżonych odczynnikami chemicznymi. W każdym przypadku, kiedy odczynniki powodują zmniejszenie się energii powierzchniowej, następuje także zmniejszenie niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn zarówno węgla, jak i pirytu. Analiza przebiegu krzywych ilustrujących niepełne dystrybuanty rozkładu energii, w przypadku kiedy odczynniki nie powodują zmniejszenia energii powierzchniowej, dowodzi, że niejednorodność energetyczna powierzchni ziarn pozostaje duża.



Rys. 1. Dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej pirytu z KWK „Jaworzno” (klasa ziarnowa 0,2 - 0,16 mm)

- O - piryt niezwilżony (dystrybuanta częściowa)
- □ - piryt zwilżony olejem napędowym (ON)

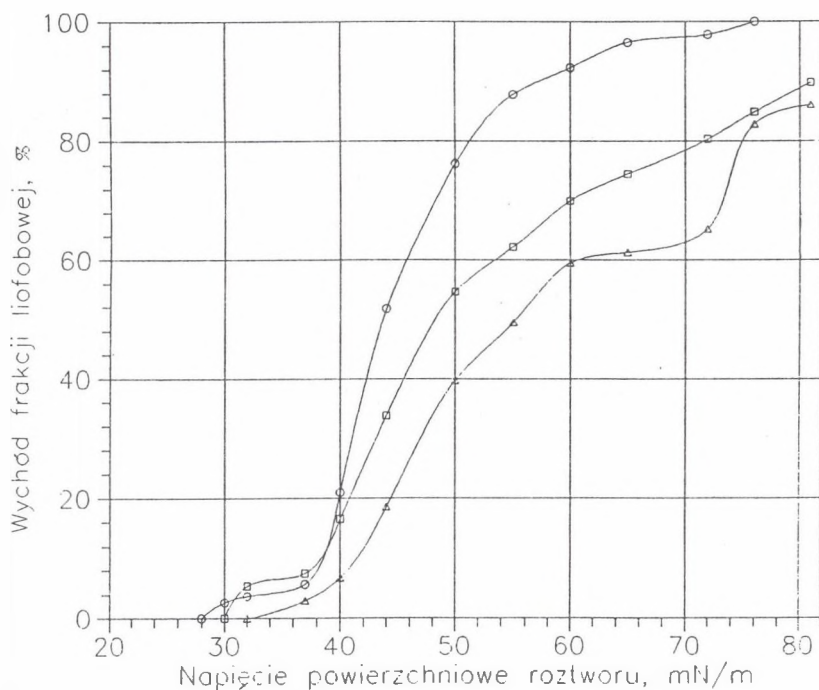
Fig. 1. The surface energy distribution curve of pyrite from Jaworzno coal mine (0,2-0,16 mm size grade)



Rys.2. Dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej ziarn węgla i ziarn pirytu przywęgłowego niezwilżonego i zwilżonego olejem napędowym (ON)

- O - węgiel z kop. „Halemba”
- ● - węgiel zwilżony z kop. „Halemba”
- □ - piryt z kop. „Halemba”
- ■ - piryt zwilżony z kop. „Halemba”
- Δ - piryt z kop. „Dębieńsko”
- ◻ - piryt zwilżony z kop. „Dębieńsko”

Fig.2. The surface energy distribution curve of coal and pyrite grains - dry and wetted by fuel oil



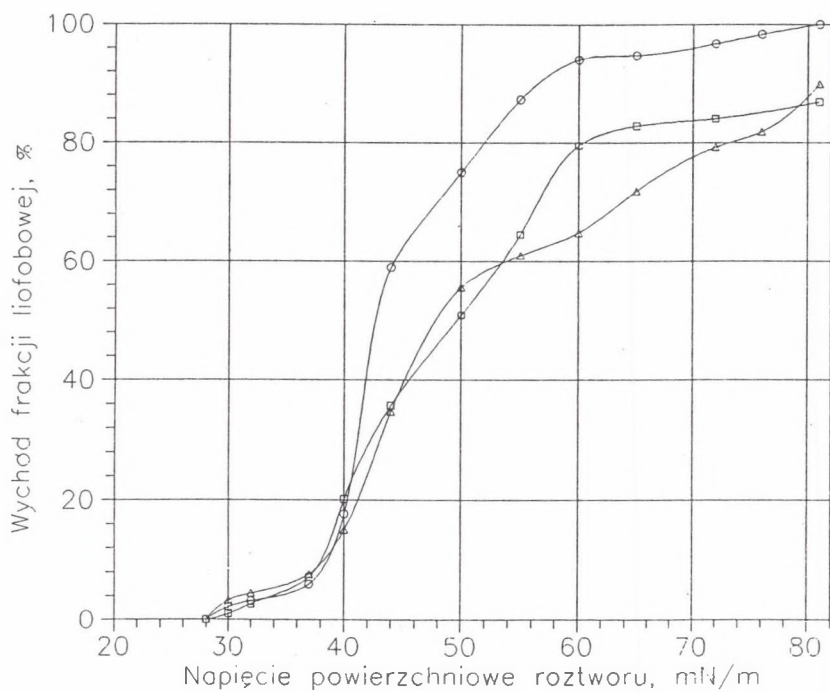
Rys. 3. Dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej ziarn węgla i ziarn pirytu przywęglowego zwilżonego odczynnikiem MK

- O - węgiel z kop. „Halemba”

- □ - piryt z kop. „Halemba”

- Δ - piryt z kop. „Dębieńsko”

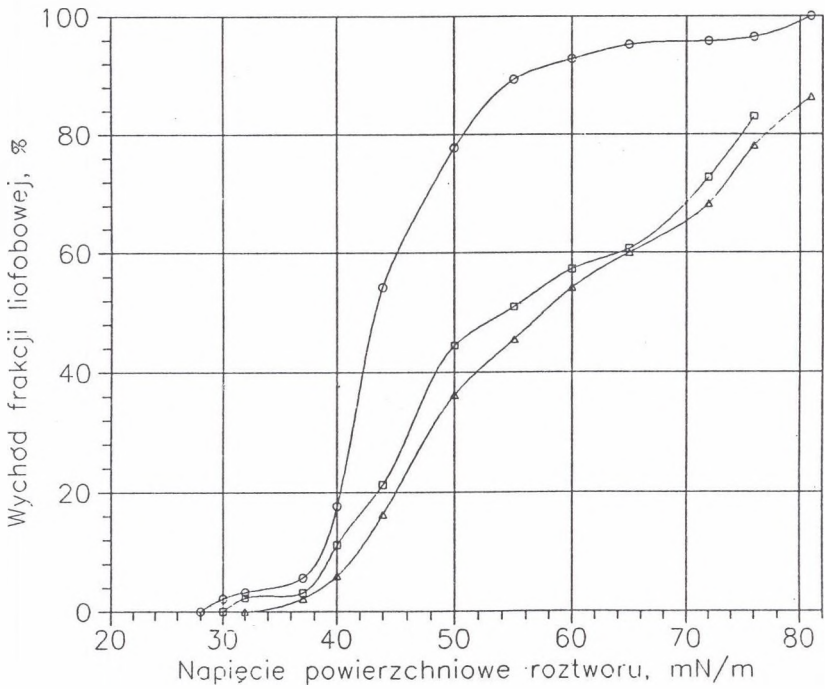
Fig. 3. The surface energy distribution curve dry and wetted by MK reagent



Rys. 4. Dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej ziarn węgla i ziarn pirytu przywęglowego zwilżonego hedolem

- O - węgiel z kop. „Halemba”
- □ - piryt z kop. „Halemba”
- Δ - piryt z kop. „Dębiesko”

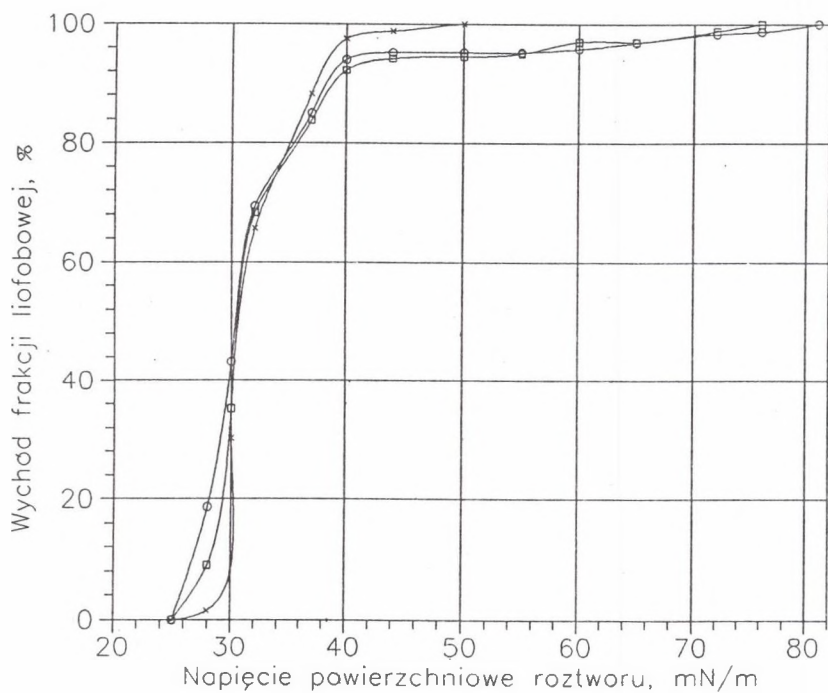
Fig. 4. The surface energy distribution curve dry and wetted by hedol



Rys. 5. Dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej ziarn węgla i ziarn pirytu przywęglowego zwilżonego vitatem

- O - węgiel z kop. „Halemba”
- □ - piryt z kop. „Halemba”
- Δ - piryt z kop. „Dębieńsko”

Fig. 5. The surface energy distribution curve dry and wetted by vitat



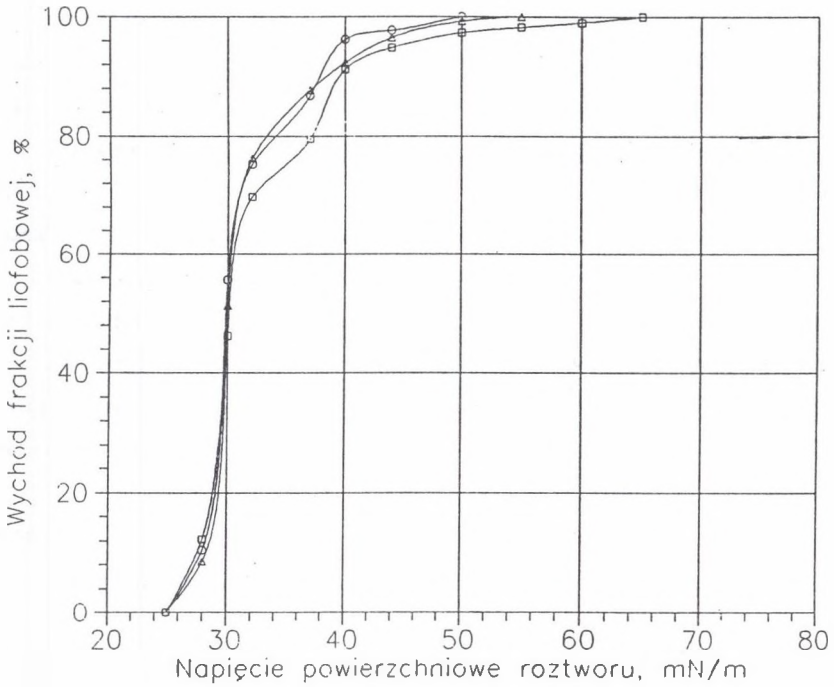
Rys. 6. Dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej pirytu z kop. „Jaworzno” (klasa ziarnowa 0,2 - 0,16 mm) zwilżonych odczynnikami o składzie

- O - ON+10%AC

- □ - ON+20%AC

- Δ - ON+30%AC

Fig. 6. The surface energy distribution curve dry and wetted by reagents



Rys. 7. Dystrybuanty rozkładu energii powierzchniowej ziarn węgla i ziarn pirytu przywęglowego zwilżonego odczynnikiem o składzie 90%ON+10%OKT

- O - węgiel z kop. „Halemba”
- □ - piryt z kop. „Halemba”
- Δ - piryt z kop. „Dębieńsko”

Fig. 7. The surface energy distribution curve dry and wetted by reagent consist of 90%ON+10%OKT

5.3. Aktywność flotacyjna węgla i pirytów

Wyniki badania aktywności flotacyjnej ziarn węgla i pirytów naturalnych i zwilżonych odczynnikami zestawiono w tablicy 3. Określona w aparacie Halimonda flotowalność naturalna węgla z kopalni „Halemba” jest duża, a flotowalność pirytu mała. Olej napędowy (ON) powoduje już tylko niewielki wzrost flotowalności węgla, natomiast aktywność flotacyjna pirytu pod wpływem tego odczynnika rośnie 2-3 razy w porównaniu z flotowalnością naturalną. Typowy odczynnik flotacyjny złożony z kolektora (90%) oraz substancji pianotwórczej (10%) nie zmienia w sposób istotny flotowalności węgla, ale znacznie podwyższa aktywność flotacyjną pirytu. Zastosowanie jako środków flotacyjnych odczynnika MK, oleju napędowego (95%) z odczynnikiem MK (5%), hedolu lub vitatu powoduje w porównaniu z naturalną kilkakrotnie obniżenie aktywności flotacyjnej pirytu, jednocześnie nieznacznie podwyższając flotowalność węgla. Pod wpływem rokacetu jako odczynnika flotacyjnego następuje największy wzrost aktywności flotacyjnej zarówno węgla, jak i pirytu, przy czym flotowalność węgla osiąga wartość około 95%, a flotowalność pirytu jest nieznacznie większa. Rokacet zastosowany jako odczynnik flotacyjny we flotacji bezpianowej zwiększa zatem aktywność flotacyjną pirytu kilkakrotnie.

Tablica 3

Flotowalność naturalna i wzbudzona wybranymi odczynnikami ziarn węgla
i ziarn pirytów przywęgłowych

Lp.	Odczynnik	Flotowalność, %		
		Węgiel KWK „Halemba”	Piryt KWK „Halemba”	Piryt KWK „Dębieńsko”
1	Bez odczynnika	87,2	8,5	5,2
2	Olej napędowy (ON)	90,2	15,9	15,3
3	90% ON+10%OKT	88,7	15,5	12,4
4	Odczynnik MK	88,2	1,0	0,5
5	95%ON+5%MK	89,8	1,0	1,6
6	Hedol	90,1	2,5	1,8
7	Vitat	91,3	3,5	2,8
8	Rokacet	94,9	95,5	96,0

6. Dyskusja wyników badań

Aktywność flotacyjna węgla zależy w znacznym stopniu od jego energii powierzchniowej i rośnie, jeżeli energia ta maleje [13]. Zmniejszenie energii powierzchniowej można uzyskać zwilżając powierzchnię węgla odczynnikami flotacyjnymi [14]. Naturalna aktywność flotacyjna badanego węgla z kopalni „Halemba” określona metodą flotacji bezpianowej jest duża, a przyrost tej aktywności pod wpływem odczynników flotacyjnych obniżających zdecydowanie zarówno energię powierzchniową, jak i niejednorodność energetyczną ziarn tego węgla jest już niewielki. Wartość flotowalności badanego węgla oscyluje wokół 90% i zmienia się nieznacznie w zależności od zastosowanego odczynnika.

Naturalna aktywność flotacyjna pirytów (określona metodą flotacji bezpianowej) jest stosunkowo mała. Odczynniki flotacyjne, które pomniejszają energię powierzchniową pirytów, powodują jednocześnie wzrost ich flotowalności (tablice 2 i 3, rys. 2 i 7). Wzrost flotowalności pirytu nie jest jednak liniowo proporcjonalny do obniżenia energii powierzchniowej pirytu, ale mniejszy (tabl. 3). Odczynniki, które powodują zwiększenie energii powierzchniowej pirytów (rys. 3, 4, 5), powodują także istotne obniżenie ich flotowalności do wartości 0,5 - 2,0% (tabl. 3). Ilość pirytu flotującego pod wpływem odczynnika złożonego z oleju napędowego (95%) i odczynnika MK (5%) jest 10 - 15 razy mniejsza w porównaniu z ilością przechodzącą do koncentratu pod wpływem odczynnika złożonego z oleju napędowego (90%) i OKT (10%). W podobny sposób obniżają aktywność flotacyjną pirytów odczynniki MK, hedol i vitat, nie wpływając jednocześnie ujemnie na flotowalność węgla.

Analizując zaprezentowane wyniki badań można wyróżnić jeszcze trzeci wariant wpływania odczynnika na energię powierzchniową i aktywność flotacyjną węgla i pirytu. Powierzchnia węgla lub pirytu zwilżona rokadetem (R_c) wykazuje wysoką energię powierzchniową, wyższą od 81 mJ/m^2 , co powinno sugerować bardzo małą ich aktywność flotacyjną pod wpływem tego odczynnika. Jednak flotowalność zarówno węgla, jak i pirytu jest w tym przypadku największa w porównaniu z flotowalnością pod wpływem pozostałych odczynników i wynosi około 95%. Wynika z tego, że cząsteczka rokadetu wprowadzona na powierzchnię badanych ciał w powietrzu ustawia się tak, że powoduje wzrost energii powierzchniowych tych ciał, natomiast kontaktowana z powierzchnią w środowisku wodnym tak, że powoduje zdecydowany wzrost flotowalności, co, jak należy sądzić, jest związane ze zmniejszeniem się energii powierzchniowej. Podobny sposób wpływania na własności powierzchniowe pirytu niektórych odczynników stwierdzili także autorzy pracy [4]. Badając siły odrywu pęcherzyka powietrza

od powierzchni pirytu pokrytego odczynnikami wykazali, że siły te są większe, jeżeli powierzchnie pirytu przed naniesieniem odczynnika zwilżone zostały wodą. Znaczy to, że w procesie kształtowania sił powierzchniowych odpowiadających za aktywność flotacyjną pirytu wynikających z właściwości pirytu i odczynnika istotną rolę odgrywać może także woda.

Złożoność zjawisk powierzchniowych towarzyszących flotacji lub depresji pirytu przy jednoczesnej możliwości dobrej flotacji węgla powoduje, że prowadzenie selektywnej flotacji węgla w obecności pirytu wciąż jeszcze sprawia w praktyce trudności. Konieczne są dalsze badania, które umożliwią pogłębienie wiedzy o mechanizmach flotacji pirytu w zależności od zastosowanych odczynników, jak i określenie struktur chemicznych substancji o najkorzystniejszym działaniu.

7. Wnioski

Przeprowadzone badania i analiza wyników wykazały, że:

- odczynniki stosowane powszechnie do flotacji węgla złożone na ogół z apolarnego oleju i substancji pianotwórczej obniżają energię powierzchniową zarówno węgla, jak i pirytu zwiększając dzięki temu aktywność flotacyjną, powodując niepożądaną ich współflotację ;
- wybrane odczynniki chemiczne mogą powodować wzrost energii powierzchniowej pirytu i zmniejszenie jego aktywności flotacyjnej, powodując jednocześnie wzrost flotowalności węgla;
- istnieją odczynniki chemiczne, które powodują znaczący wzrost energii powierzchniowej zarówno węgla, jak i pirytu, jeżeli wprowadzone zostaną na powierzchnię niezwilżoną wodą (w powietrzu), w przeciwnym razie wzbudzają dużą aktywność flotacyjną zarówno węgla, jak i pirytów, co pozwala sądzić, że w tym przypadku cząsteczka ustawia się przy powierzchni tak, że powoduje zmniejszenie energii powierzchniowej;
- w obecności niektórych substancji chemicznych woda może odgrywać istotną rolę w procesie kształtowania własności powierzchniowych ciał decydujących o ich aktywności flotacyjnej

LITERATURA

1. Wierzchowski K.: Wpływ wybranych odczynników flotacyjnych na energię powierzchniową pirytu. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii* 28, (1994) 29 - 36.
2. Wierzchowski K., Sablik J.: Własności krytyczne swobodnej energii powierzchniowej polskich węgla kamiennych, określone metodą „film flotation”. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii* 24, (1991) 173 - 178.
3. Aplan F. F.: Coal properties dictate coal flotation strategies. *Mining Engineering* 1, 1993, 92 - 93.
4. Jańczuk B., Wójcik W., Staszczuk P., Białopiotrowicz T., Chibowski E.: Detachment forces of air bubble from pyrite surface covered with apolar and polar liquids. *J. of Mines, Metals and Fuels*, 9. 1989, 380-384.
5. Drzymała J., Wheelock T. D.: Organic Thiol as Pyrite Depressants in Oil Agglomeration of Coal. *Coal Preparation* 1993, 13, 53 - 62.
6. Fuerstenau D. W., Diao J., Williams M. C.: Characterization of the wettability of solid particles by film flotation. Part I. Experimental investigation., *Colloids and Surfaces*, 60, 1991.
7. Diao J., Fuerstenau D. W.: Characterization of the wettability of solid particles by film flotation. Part II. Theoretical analysis., *Colloids and Surfaces*, 60, 1991.
8. Wierzchowski K.: Praca doktorska, GIG, Katowice 1993.
9. Sablik J., Wierzchowski K.: Evaluation of the influence of flotation reagents on the hydrophobicity of coal using the film flotation metod., *Fuel*, vol. 71, 1992.
10. Sablik J., Wierzchowski K.: The film flotation method applied to determine surface energy of coal wetted with flotation agents, *Archives of Mining Sciences*, v. 40, 1995.
11. Laskowski J.: *Chemia fizyczna w procesach mechanicznej przeróbki kopalin*. Wyd. Śląsk, 1969.
12. Drzymała J.: Characterization of materials by Hallimond tube flotation. Part 1. *Int. J. Miner Process* 42 (1994) 139 - 152.
13. Wierzchowski K., Sablik J.: Dependence of natural and reagent activated standard coal flotation response on the surface energy. *Proceedings of the XII International Coal Preparation Congress, Cracov 1994*.

14. Sablik J., Wierzchowski K.: The effect of prewetting with flotation reagents on the surface energy of coal, *Coal Preparation* 1994, 15, 25 - 34.

Recenzent: Dr hab.inż. Andrzej Ślącza
Prof. Politechniki Śląskiej

Wpłynęło do Redakcji 2.09.1996 r.

Abstract

Separation of pyrite from coal on the way of flotation is still a hard project. Reagents used in coal flotation increase also flotation response of pyrite and cause its concentration together with coal. The influence of various reagents on critical surface energy of coal and pyrite was tested. It was found that reagents which decrease the surface energy of coal decrease simultaneously the energetic nonhomogeneity of grains and cause a high flotation response of coal. Some of the reagents cause the same result in the case of pyrite. However, there were also found reagents raising the critical surface energy of pyrite and simultaneously reducing its flotation response. There exist also reagents which significantly increase the surface energy of pyrites in air, but in spite of this cause their high flotation response in water solutions.