

*Ewa Małysa\*, Anna Iwańska\**

## OKREŚLENIE WPŁYWU PRĘDKOŚCI PĘCHERZYKÓW POWIETRZA NA WYNIKI FLOTACJI WĘGLA\*\*

---

### 1. Wprowadzenie

Flotacja jest metodą rozdziału drobnych ziaren różniących się hydrofobowością [1–5]. Hydrofobowość ziaren charakteryzuje ich zdolność do powierzchniowego zwilżania przez ciecz (wodę, roztwór) w obecności powietrza. Wyróżniamy ziarna o powierzchni całkowicie zwilżanej przez wodę, czyli hydrofilne i ziarna hydrofobowe, czyli źle zwilżalne przez wodę.

Właściwości powierzchniowe substancji zależą od ich składu chemicznego, budowy krystalicznej i charakteru wiązań występujących w kryształach. Jeżeli mamy do czynienia np. z kryształami, w których pomiędzy atomami, cząsteczkami lub jonami pierwiastków wchodzących w ich strukturę występują silne wiązania jonowe czy kowalencyjne to w procesie rozdrabniania zachodzi rozrywanie tych wiązań, a nowo powstała powierzchnia charakteryzuje się wysoką swobodną energią powierzchniową i silnym polem elektrycznym panującym wokół niej. Powierzchnie takie są łatwo zwilżalne przez wodę czyli hydrofilne. Przykładem takiego minerału jest kwarc.

Węgiel kamienny zalicza się do substancji naturalnie hydrofobowych a co się z tym wiąże jest łatwo wzbogacany metodą flotacyjną [6–8]. Przy czym węgiel kamienny z mineralogicznego punktu widzenia nie jest substancją jednorodną [8]. W związku z tym właściwości powierzchniowe węgla są ściśle uzależnione od ich składu petrograficznego, stopnia uwęglenia, utlenienia powierzchni, ilości i rodzaju domieszek mineralnych w substancji organicznej, itp. [6]. Hydrofobowość węgla kamiennych, mierzona kątem zwilżania, zależy od ich stopnia uwęglenia, który jest związany także z zawartością części lotnych. Zmiany hydrofobowości węgla w procesie uwęglenia tłumaczy się zmianami budowy i struktury chemicznej części organicznej węgla. Przyjmuje się, że przyczyną podwyższenia się hydrofobowości

---

\* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

\*\* Artykuł opracowano w ramach badań statutowych nr 11.11.100.276

powierzchni węgla w kierunku od węgla brunatnych do koksowych jest obniżanie wraz ze wzrostem stopnia uwęglenia zawartości grup tlenowych. Podczas przejścia od węgla brunatnego do niskouwęglonych węgla kamiennych (70÷81% C) węgiel traci grupy metoksylo-owe, następnie karboksylo-owe, karbonylo-owe [8]. Ponowne obniżanie się hydrofobowości w zakresie od węgla koksujących do antracytów można tłumaczyć tym, że w miarę postępującego procesu uwęglenia wzrasta zawartość skondensowanych układów aromatycznych a zmniejsza się ilość układów alifatycznych. Wzrost skondensowanych układów aromatycznych kosztem połączeń alifatycznych i alicyklicznych powoduje wzrost hydrofilności węgla wysoko uwęglonych. Najprawdopodobniej jest to związane ze zwiększeniem liczby elektronów  $\pi$  w skondensowanych układach aromatycznych.

W celu zwiększenia hydrofobowości powierzchni ciała stałego dodaje się do zawiesiny odczynniki flotacyjne, których adsorpcja powoduje zwiększenie stopnia hydrofobowości powierzchni. Odczynniki flotacyjne (zbieracze, speniacze, modyfikatory, itp.) modyfikują właściwości powierzchni międzyfazowych roztwór/ciało stałe oraz roztwór/gaz w takim kierunku, aby zwiększać selektywność procesu wzbogacania flotacyjnego. Ziarna hydrofobowe w wyniku zderzeń z pęcherzykami gazowymi powinny łatwo przyczepiać się do nich i tworzyć stabilne agregaty ziarno-pęcherzyk. Pęcherzyki powietrza wynoszą te przyczepione ziarna do warstwy piany. Ziarna hydrofilne nie łączą się z pęcherzykami gazowymi i opadają na dno komory flotacyjnej, czyli toną [1, 2, 5].

Na wynik flotacji, oprócz charakteru powierzchni ziaren wzbogacanych, wpływają także wielkości i prędkości pęcherzyków powietrza wprowadzanych do układu flotacyjnego [3, 5]. Wskutek adsorpcji odczynników flotacyjnych na powierzchni pęcherzyków powietrza szybkość ich wypływania na powierzchnię mętów zmniejsza się [9–11]. Przy mniejszej prędkości pęcherzyków powietrza zostaje zwiększony czas kontaktu pęcherzyka z ziarnem. Ponadto odczynniki zwiększają dyspersję pęcherzyków powietrza, gdyż zmniejszają ich wielkość. Większa dyspersja pęcherzyków powietrza oraz dłuższy czas przebywania ich w mętach flotacyjnych ma istotny wpływ na wyniki flotacji. W pracach [9–11] wykazano, że prędkości wznoszącego się pęcherzyka powietrza zmieniają się w roztworach odczynników flotacyjnych, będących związkami powierzchniowo czynnymi. Prędkości pęcherzyków we wszystkich roztworach badanych odczynników były mniejsze niż w wodzie wodociągowej i malały wraz ze wzrostem stężenia odczynników.

Celem pracy było zbadanie wpływu prędkości pęcherzyków powietrza w roztworach stosowanych odczynników flotacyjnych na wyniki flotacji węgla kamiennego.

## 2. Przedmiot i metodyka pracy

Zastosowany węgiel do badań charakteryzował się niską flotowalnością o dużej zawartości popiołu (ok. 42%). Był to węgiel surowy pochodzący z kopalni Jankowice o uziarnieniu poniżej 1 mm, czyli jakie stosuje się w zakładach przerobczych wzbogacania węgla kamiennego.

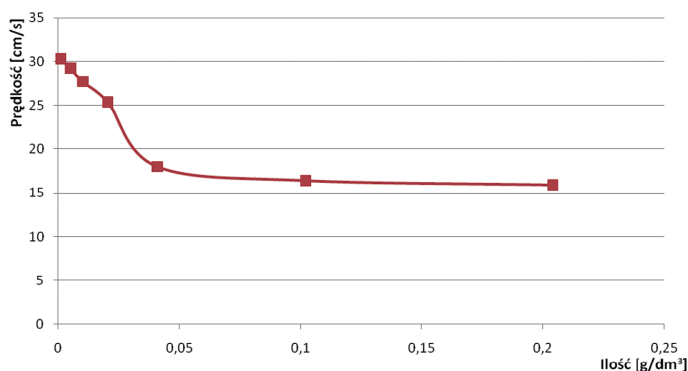
Skład granulometryczny nadawy i zawartości popiołu w poszczególnych klasach podano w pracy [12]. Testy flotacyjne wykonano w maszynie laboratoryjnej typu Denver o pojemności komory  $1 \text{ dm}^3$  w temperaturze pokojowej. Naważki węglowe moczo w wodzie przez 15 minut w celu dokładnego zwilżenia materiału, następnie mieszano w maszynie laboratoryjnej przez 5 minut, a po dodaniu odczynnika jeszcze 1 minutę. Wykonywano flotacje frakcjonowane. Jako odczynniki flotacyjne zastosowano 1-heksanol oraz odczynniki techniczne: centifroth, montanol oraz oktanol.

Wszystkie te odczynniki wykazują właściwości zbierające i pianotwórcze [13, 14]. A zatem adsorbują się na granicy faz węgiel-roztwór oraz na granicy faz roztwór-powietrze. Zwiększają właściwości hydrofobowe ziaren węgla oraz między innymi zmniejszają prędkość wypływania pęcherzyków powietrza.

Średnie prędkości pęcherzyków powietrza wyznaczano, w roztworach odczynników flotacyjnych o różnych stężeniach, przy użyciu zestawu aparatury opisanej w literaturze [10, 11, 15]. Metoda ta oparta jest na pomiarze zmian prędkości wypływającego pęcherzyka powietrza wskutek obecności związków powierzchniowo czynnych w roztworze.

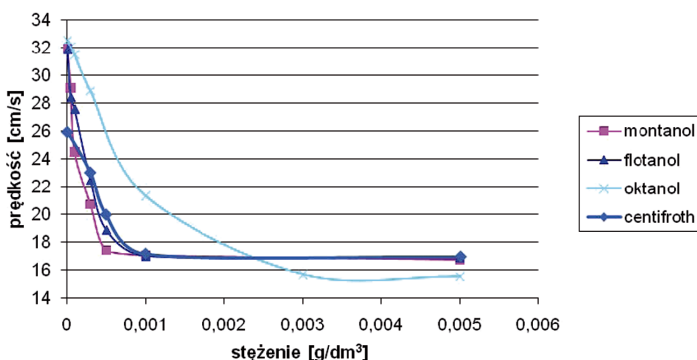
### 3. Omówienie wyników badań

W pracy zbadano jak prędkość pęcherzyków powietrza wpływa na wyniki flotacji węgla kamiennego. Na rysunku 1 przedstawiono zależności prędkości wznoszącego się pęcherzyka od ilości 1-heksanolu ( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$ ). Jak widać, prędkość pęcherzyka maleje wraz ze wzrostem stężenia roztworu. Nawet przy niewielkich ilościach 1-heksanolu spadek prędkości pęcherzyka powietrza jest znaczący, z wartości  $32,7 \pm 0,9 \text{ cm/s}$  w wodzie wodociągowej do wartości  $18,0 \pm 0,3 \text{ cm/s}$  dla ilości  $4 \cdot 10^{-2} \text{ [g/dm}^3\text{]}$  co odpowiada stężeniu  $3 \cdot 10^{-4} \text{ [mol/dm}^3\text{]}$ . Powyżej tej ilości prędkość pęcherzyka powietrza zmniejsza się nieznacznie i przyjmuje wartość stałą około  $16,0 \text{ cm/s}$  dla stężenia  $1 \cdot 10^{-3} \text{ [mol/dm}^3\text{]}$  co odpowiada  $2 \cdot 10^{-1} \text{ [g/dm}^3\text{]}$ .



Rys. 1. Zależność prędkości pęcherzyka powietrza od ilości 1-heksanolu

Na rysunku 2 przedstawiono zależności prędkości pęcherzyka w funkcji ilości dodanych odczynników technicznych. W przypadku wszystkich badanych odczynników technicznych wraz ze wzrostem ich stężenia prędkości pęcherzyków powietrza maleją. W przypadku montanolu, flotanolu i centifroth wyniki pomiaru prędkości są zbliżone i w roztworach o stężeniu powyżej  $1 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$  prędkości te pozostają na tym samym poziomie ok. 17 cm/s. Wyniki pomiarów w roztworach technicznego oktanolu są nieco inne. Prędkości są większe i dopiero po przekroczeniu ilości  $3 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$  osiągają stałą wartość równą  $15,7 \pm 0,2 \text{ cm/s}$ .



**Rys. 2.** Zależność prędkości pęcherzyka powietrza od ilości różnych odczynników

Z przedstawionych wyników widać, że obecność związków powierzchniowo czynnych znacząco wpływa na prędkość wypływających pęcherzyków. Wskutek adsorpcji związków powierzchniowo czynnych na powierzchni pęcherzyka jego prędkość maleje ze wzrostem ich stężenia aż do osiągnięcia wartości minimalnej związanej z zahamowaniem ruchliwości powierzchni międzyfazowej poruszającego się pęcherzyka [16–18]. Ilości odczynników, powyżej których prędkości pęcherzyków już nie zmieniają się podaje tabela 1.

Jak widać z danych przedstawionych w tabeli 1 dla heksanolu potrzeba największej jego ilości równej  $1 \cdot 10^{-1} \text{ g/dm}^3$ . W porównaniu z odczynnikami technicznymi odpowiada to ilości około 100 razy większej aby prędkości pęcherzyka powietrza osiągnęły wartości stałe. Trzeba dodać, że takie porównywanie nie jest najlepsze, gdyż powinno porównywać się względem ich stężeń molowych a nie dodanych ilości. Jednakże tylko heksanol jest odczynnikiem zdefiniowanym o znanym wzorze chemicznym, a pozostałe są odczynnikami technicznymi o zastrzeżonym składzie chemicznym. Heksanol jest o najmniejszej masie molarnej z badanych odczynników, czyli potrzebna jest jego większa ilość aby uzyskać zbliżone zmiany fizykochemiczne w układzie.

W celu zbadania wpływu prędkości pęcherzyków powietrza na proces flotacyjnego wzbogacania węgla kamiennego porównano wyniki flotacji węgla z prędkościami pęcherzyków w roztworach badanych odczynników w tabelach 2–5.

TABELA 1

Ilości odczynników powyżej których  
prędkość pęcherzyków powietrza przestaje zmniejszać się

Rodzaj odczynnika	Ilość, [g/dm <sup>3</sup> ]	Prędkość, [cm/s]	Odchylenie standardowe
Heksanol	$1 \cdot 10^{-1}$	16,4	0,3
Heksanol	$2 \cdot 10^{-1}$	15,9	0,2
Montanol	$5 \cdot 10^{-4}$	17,4	0,3
Montanol	$1 \cdot 10^{-3}$	17,1	0,3
Montanol	$5 \cdot 10^{-3}$	16,7	0,3
Flotanol	$1 \cdot 10^{-3}$	16,9	0,2
Flotanol	$5 \cdot 10^{-3}$	16,9	0,2
Oktanol	$3 \cdot 10^{-3}$	15,7	0,2
Oktanol	$5 \cdot 10^{-3}$	15,6	0,2
Centifroth	$1 \cdot 10^{-3}$	17,2	0,2
Centifroth	$5 \cdot 10^{-3}$	17,0	0,3

TABELA 2

Średnie prędkości pęcherzyków oraz wyniki flotacji dla różnych dawek odczynnika centifroth

Ilość, [g/Mg]	Stężenie, [g/dm <sup>3</sup> ]	Prędkość, [cm/s]	Uzysk $\epsilon$ [%] $t = 30$ s	Uzysk $\epsilon$ [%] $t = 60$ s
Woda destylowana		34,8±0,5	–	–
Woda wodociągowa		32,7±0,9	–	–
–	$1 \cdot 10^{-5}$	25,9±0,8	–	–
–	$5 \cdot 10^{-5}$	23,8±0,4	–	–
–	$1 \cdot 10^{-4}$	23,5±0,6	–	–
–	$3 \cdot 10^{-4}$	23,0±0,4	–	–
–	$5 \cdot 10^{-4}$	20,0±0,4	–	–
–	$1 \cdot 10^{-3}$	17,2±0,2	–	–
–	$5 \cdot 10^{-3}$	17,0±0,3	–	–
250	$2 \cdot 10^{-2}$	16,7±0,3	24	27
350	$2,8 \cdot 10^{-2}$	16,7±0,3	42,5	57
500	$4 \cdot 10^{-2}$	17,1±0,3	75	81
750	$6 \cdot 10^{-2}$	17,0±0,4	88	91,5
1000	$1 \cdot 10^{-1}$	17,3±0,3	90	94

Z wyników przedstawionych w tabeli 2 widać, że przy najmniejszej dawce odczynnika centifroth (250g/Mg węgla) zastosowanej do flotacji wartości prędkości pęcherzyków są już stałe rzędu  $17,0 \pm 0,3$  cm/s. Natomiast uzyski części palnych i lotnych w koncentratkach rosną wraz ze wzrostem ilości odczynnika od wartości 27 do 94% odpowiednio dla dawek 250 i 1000 g/Mg po jednej minucie flotacji.

Odczynnik centifroth pełni funkcję zbieracza i spieniaacza w procesie flotacji, czyli adsorbuje się na ziarnach wzbogaczanych i na powierzchni pęcherzyków. Odczynnik ten zawiera do 90% węglowodorów a około 10% alkoholi alifatycznych i odczynników pieniających [19]. Głównie węglowodory adsorbują się na ziarnach węglowych o powierzchniach hydrofobowych, alkohole i odczynniki pieniające na pęcherzykach. Przy najmniejszej dawce odczynnika 250 g/Mg prędkość pęcherzyka osiąga już wartość minimalną równą  $16,7$  cm/s, której odpowiada całkowicie unieruchomienie powierzchni międzyfazowej poruszającego się pęcherzyka. Dalsze zwiększanie dawki odczynnika nie zwiększa adsorpcji na pęcherzyku, gdyż jego powierzchnia jest nasycona i dlatego nie zmienia się prędkość pęcherzyka, ale rośnie adsorpcja odczynnika (węglowodory) na ziarnach węgla. Czyli następuje zwiększenie hydrofobizacji powierzchni ziaren i stąd wzrost uzysków części palnych i lotnych w koncentratkach węgla wraz ze wzrostem ilości odczynnika.

Podobne wyniki otrzymano dla flotanolu, przy czym przy zastosowaniu tego odczynnika otrzymano gorsze wyniki flotacji, co wskazuje na jego gorsze właściwości zbierające.

TABELA 3

**Średnie prędkości pęcherzyków oraz wyniki flotacji dla różnych dawek odczynnika flotanolu**

Ilość, [g/Mg]	Stężenie, [g/dm <sup>3</sup> ]	Prędkość, [cm/s]	Uzysk $\epsilon$ [%] $t = 30$ s	Uzysk $\epsilon$ [%] $t = 60$ s
Woda destylowana		$34,8 \pm 0,5$	–	–
Woda wodociągowa		$32,7 \pm 0,9$	–	–
–	$1 \cdot 10^{-5}$	$31,9 \pm 1,2$	–	–
–	$5 \cdot 10^{-5}$	$28,4 \pm 0,6$	–	–
–	$1 \cdot 10^{-4}$	$27,6 \pm 0,5$	–	–
–	$2 \cdot 10^{-4}$	$22,5 \pm 0,6$	–	–
–	$3 \cdot 10^{-4}$	$18,9 \pm 0,5$	–	–
–	$5 \cdot 10^{-4}$	$17,0 \pm 0,2$	–	–
–	$1 \cdot 10^{-3}$	$16,9 \pm 0,2$	–	–
250	$2 \cdot 10^{-2}$	$16,7 \pm 0,3$	19,5	27
350	$2,8 \cdot 10^{-2}$	–	45	56
500	$4 \cdot 10^{-2}$	–	40	54
750	$6 \cdot 10^{-2}$	–	44	61
1000	$1 \cdot 10^{-1}$	–	66	79

W procesie flotacji w roztworach montanolu i oktanolu odpowiadających dawkom od 250 do 1000 g/Mg prędkości pęcherzyków powietrza osiągają najniższe wartości rzędu 16 cm/s. Uzyski części palnych i lotnych w koncentratkach flotacyjnych także mają wartości nie zmienne rzędu ponad 80% po jednej minucie trwania procesu (tab. 3, 4). Wynika z tego, że w przypadku tych odczynników już przy dawce 250 g/Mg na powierzchniach międzyfazowych zaadsorbowała się maksymalna ilość odczynnika, stąd stała najniższa prędkość pęcherzyka powietrza i stałe wyniki flotacji. Odczynniki te nie zawierają węglowodorów tylko alkohole i estry, czyli są w pewnym sensie słabo polarne, dlatego adsorbują się na powierzchni pęcherzyków i ziarnach mineralnych.

TABELA 4

**Średnie prędkości pęcherzyków oraz wyniki flotacji dla różnych dawek odczynnika montanolu**

Ilość, [g/Mg]	Stężenie, [g/dm <sup>3</sup> ]	Prędkość, [cm/s]	Uzysk ε [%] t = 30 s	Uzysk ε [%] t = 60 s
Woda destylowana		34,8±0,5		
Woda wodociągowa		32,7±0,9		
–	1 · 10 <sup>-5</sup>	31,9±1,1	–	–
–	5 · 10 <sup>-5</sup>	29,1±1,1	–	–
–	1 · 10 <sup>-4</sup>	24,5±1,2	–	–
–	2 · 10 <sup>-4</sup>	20,7±1,1	–	–
–	3 · 10 <sup>-4</sup>	17,4±0,3	–	–
–	5 · 10 <sup>-4</sup>	17,1±0,3	–	–
–	1 · 10 <sup>-3</sup>	16,7±0,3	–	–
250	2 · 10 <sup>-2</sup>	16,6±0,3	70	87
350	2,8 · 10 <sup>-2</sup>	–	67	86
500	4 · 10 <sup>-2</sup>	–	76	88
750	6 · 10 <sup>-2</sup>	–	66	87
1000	1 · 10 <sup>-1</sup>	–	77	92

Wyniki pomiarów prędkości pęcherzyków powietrza i wyniki flotacji dla 1-heksanolu zestawiono w tabeli 6. Z danych tych widać, że w przypadku tego zdefiniowanego odczynnika zachodzi korelacja między prędkością pęcherzyka powietrza a wynikami flotacji. Wraz ze wzrostem stężenia 1-heksanolu maleją prędkości pęcherzyków i równocześnie rosną uzyski części lotnych i palnych w koncentratkach węglowych. Jeżeli maleje prędkość pęcherzyka powietrza to zwiększa się jego czas przebywania w komorze, czyli rośnie prawdopodobieństwo zderzenia się pęcherzyka z ziarnem stąd wyższe wychody koncentratów węglowych.

TABELA 5

Średnie prędkości pęcherzyków oraz wyniki flotacji dla różnych dawek odczynnika oktanolu

Ilość, [g/Mg]	Stężenie, [g/dm <sup>3</sup> ]	Prędkość, [cm/s]	Uzysk ε [%] t = 30 s	Uzysk ε [%] t = 60 s
Woda destylowana		34,8±0,5		
Woda wodociągowa		32,7±0,9		
–	1 · 10 <sup>-5</sup>	32,5±0,8	–	–
–	5 · 10 <sup>-5</sup>	32,1±0,7	–	–
–	1 · 10 <sup>-4</sup>	31,5±0,7	–	–
–	3 · 10 <sup>-4</sup>	28,9±0,5	–	–
–	5 · 10 <sup>-4</sup>	27,6±0,5	–	–
–	1 · 10 <sup>-3</sup>	21,3±0,6	–	–
–	3 · 10 <sup>-3</sup>	15,7±0,2	–	–
–	5 · 10 <sup>-3</sup>	15,6±0,2	–	–
250	2 · 10 <sup>-2</sup>	15,8±0,2	72	80
350	2,8 · 10 <sup>-2</sup>	–	76	82
500	4 · 10 <sup>-2</sup>	–	77	86
750	6 · 10 <sup>-2</sup>	–	70	84
1000	1 · 10 <sup>-1</sup>	–	70	85

TABELA 6

Średnie prędkości pęcherzyków oraz wyniki flotacji dla różnych dawek odczynnika 1-heksanol

Ilość, [g/Mg]	Stężenie, [g/dm <sup>3</sup> ]	Prędkość, [cm/s]	Uzysk ε [%] t = 30 s	Uzysk ε [%] t = 60 s
Woda destylowana		34,8±0,5		
Woda wodociągowa		32,7±0,9		
	1 · 10 <sup>-3</sup>	30,3±1,2		
	5 · 10 <sup>-3</sup>	29,2±0,6		
	1 · 10 <sup>-2</sup>	27,7±0,6		
250	2 · 10 <sup>-2</sup>	25,4±0,5	33	44
350	2,8 · 10 <sup>-2</sup>	22,3±0,4	36,5	47
500	4 · 10 <sup>-2</sup>	18,0±0,3	46	56
750	6 · 10 <sup>-2</sup>	17,8±0,4	51	64
1000	1 · 10 <sup>-1</sup>	16,4±0,3	61	74
–	2 · 10 <sup>-1</sup>	15,9±0,2	–	–



Ponadto dla dawki  $1 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$  1-heksanolu prędkość pęcherzyka powietrza obniża się tylko o 2,4 cm/s w stosunku do wody wodociągowej (tab. 6), podczas gdy dla tej ilości centifroth, flotanól, montanol i oktanol osiągają prawie już wartość minimalną (tab. 2–5). A zatem odczynniki techniczne są bardziej aktywne powierzchniowo w stosunku do 1-heksanolu. Heksanol (odczynnik polarny) adsorbuje się głównie na granicy faz roztwór-powietrze a w mniejszym stopniu na granicy ziarno-roztwór, podczas gdy odczynniki techniczne są mieszaniną różnych związków np. centifroth jest mieszaniną głównie związków apolarnych węglowodorów, które mają zdolność adsorbowania na powierzchni apolarnej.

#### 4. Podsumowanie

W celu określenia wpływu zmian prędkości wypływających pęcherzyków na wyniki flotacji wykonano wzbogacanie węgla kamiennego w roztworach odczynników, w których pomierzono prędkości pęcherzyków powietrza. Prędkości pęcherzyków w roztworach wyznaczono stosując prostą metodę detekcji obecności związków powierzchniowo czynnych (PMDZ). Zastosowano zdefiniowany 1-heksanol oraz odczynniki techniczne centifroth, flotanól, montanol i oktanol. Wszystkie te odczynniki są związkami powierzchniowo czynnymi. Adsorbują się na granicach faz ziarno-roztwór oraz pęcherzyk-roztwór powodując zmianę ich właściwości fizykochemicznych. Zwiększają hydrofobowość powierzchni ziaren oraz istotnie wpływają na prędkość pęcherzyków powietrza i ich wielkość. Wskutek ich adsorpcji na powierzchni pęcherzyka jego prędkość maleje ze wzrostem ich stężenia aż do osiągnięcia minimalnej wartości prędkości równej  $16 \div 17 \text{ cm/s}$  związanej z całkowitym unieruchomieniem powierzchni międzyfazowej poruszającego się pęcherzyka. Ilości tych odczynników są różne w zależności od ich rodzaju. Dla odczynników technicznych te ilości są rzędu  $10^{-3} \text{ g/dm}^3$ , podczas gdy potrzeba około 100 razy więcej 1-heksanolu aby uzyskać najmniejszą stałą prędkość pęcherzyków powietrza.

W przypadku zastosowania centifroth analiza wyników nie wykazała zależności wyników flotacji węgla od prędkości pęcherzyków powietrza. Przy najmniejszej zastosowanej jego ilości 250 g/Mg, prędkość pęcherzyka powietrza osiąga już wartość stałą. Powyżej tej ilości odczynnika uzyski części palnych i lotnych w koncentratkach węglowych rosną do wartości 94% przy dawce 1000 g/Mg i jest to najprawdopodobniej związane ze zwiększoną adsorpcją tego odczynnika na powierzchni ziaren i stąd wzrost uzysków. Podobne wyniki uzyskano w roztworach flotanolu.

Pęcherzyki powietrza w roztworach montanolu i oktanolu w całym zakresie dawek użytych do flotacji poruszają się z jednakową, najmniejszą prędkością równą 16 cm/s. Wyniki flotacji także nie zmieniają się i osiągają wartości maksymalne, rzędu 80% uzysków części palnych i lotnych w koncentratkach węglowych, już przy najniższych ich dawkach. Najprawdopodobniej już przy najniższej dawce tych związków powstają już maksymalne pokrycia adsorpcyjne i dlatego zwiększenie dawek nie powoduje poprawy wyników flotacji.

W przypadku 1-heksanolu, czyli czystego odczynnika chemicznego nie będącego mieszaniną różnych składników, istnieje korelacja pomiędzy prędkościami pęcherzyka a wynikami flotacji. Adsorpcja następuje na obu granicach faz, powierzchni międzyfazowe nie są pokryte nasyconymi warstwami adsorpcyjnymi już przy najniższej dawce i dlatego w zakresach badanych stężeń obserwuje się korelację między prędkością pęcherzyka powietrza a wynikami flotacji. A zatem wraz ze wzrostem ilości heksanolu maleje prędkość pęcherzyka powietrza od wartości 25 do 17,8 cm/s odpowiednio dla dawek 250 i 750 g/Mg. Równocześnie rosną uzyski części palnych i lotnych w koncentratkach węglowych i osiągają wartość 80% dla dawki 1000 g/Mg.

#### LITERATURA

- [1] *Laskowski J.*: Wzbogacanie flotacyjne . Poradnik górnika tom V Katowice, Wyd. Śląsk, 1976, 409–411
- [2] *Drzymala J.*: Podstawy mineralurgii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001, 230–235
- [3] *Małysa E., Ociepa Z., Oruba E., Sanak-Rydlowska S.*: Ćwiczenia laboratoryjne z flotacji. Skrypt AGH nr 858, Kraków, 1981, 41, 78–98, 146
- [4] *Blaschke Z., Brożek M., Ociepa Z., Tumidański T.*: Górnictwo Cz. V. Zarys technologii procesów przerobczych. Kraków, Skrypt AGH nr 931, 1983, s. 158–170
- [5] *Laskowski J.*: Chemia fizyczna w procesach mechanicznej przeróbki kopalni. Katowice, Wyd. Śląsk, 1969, s. 149
- [6] *Klassen W.J.*: Flotacja węgla. Katowice, Wyd. Śląsk, 1966, s. 20
- [7] *Sablik J.*: Flotacja węgla kamiennych. GIG, Katowice, 1998
- [8] *Brzózka K., Ceglarska-Stefańska G., Małysa E., Marecka A., Orzechowska-Zięba A.*: Wybrane zagadnienia z fizykochemii węgla kamiennego. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2003, s. 71–84
- [9] *Krzan M., Małysa K.*: Influence of Frother Concentration on Bubble Dimensions and Rising Velocities. *Physicochem. Problems Mineral Process.*, 36, 2002, p. 65
- [10] *Małysa E., Iwańska A., Hanc A., Małysa K.*: Metoda monitorowania stężenia odczynników flotacyjnych w wodach obiegowych zakładów przerobczych węgla przez pomiar prędkości pęcherzyków powietrza. *Gospodarka Sur. Mineralnymi*. t. 25, z. 3, 2009, s.107–120
- [11] *Małysa E., Iwańska A.*: Wpływ różnych odczynników flotacyjnych na prędkości pęcherzyków powietrza. *Górnictwo i Geoinżynieria*, r. 33, z. 4, 2009, s. 189–199
- [12] *Małysa E., Hanc A.*: Wpływ rodzaju odczynników na skład fazowy piany w procesie flotacji węgla. *Przeгляд Górniczy*, 66, nr 3–4, 2010, s. 103–106
- [13] *Małysa E., Małysa K., Czarnecki J.*: A method of comparison of the frothing and collecting properties of frothers. *Colloids Surfaces*, No. 23, 1987, pp. 29–39
- [14] *Małysa E.*: Floatability of coals as a function of surface activity of the alcohols. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 16 z. 4, 2000, pp. 45–54
- [15] *Zawala J., Swiech K., Małysa K.*: A Simple Physicochemical Method for Detection of organic Contaminations in Water Reservoirs. *Colloids & Surfaces A.*, 302, 2007, pp. 293–300
- [16] *Levich V.G.*: *Physicochemical Hydrodynamics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1962
- [17] *Dukhin S.S., Kretzmar G., Miller R.*: *Dynamics of adsorption at liquid interfaces. Theory, Experiments, Application*, Elsevier, 1995
- [18] *Małysa K., Krasowska M., Krzan M.*: Influence of surface active substances on bubble motion and collision with various interfaces. *Advances Coll. Interface Sci.*, 114–115, 2005, pp. 205–225
- [19] *Prospekt Firmy Fuchs Oil Corporation* 2008