



NIEJEDNORODNOŚĆ KRYTYCZNEGO NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO ZWILŻANIA W ZBIORZE BARDZO DROBNYCH ZIARN WĘGLOWYCH

Jerzy SABLİK^{*)}

^{*)} Prof. dr hab.; Główny Instytut Górnictwa, Zakład Wzbogacania i Utylizacji Kopaliny; Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice;
tel.: (0-32) 259-22-85, faks: (0-32) 596-533, e-mail: buxjs@gig.katowice.pl

RECENZENCI: prof. dr hab. Andrzej ŚLĄCZKA; dr hab. inż. Jan DRZYMAŁA

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań niejednorodności krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania w zbiorach bardzo drobnych ziarn węgla kamiennych o różnym stopniu uwęglenia oraz tych samych węgla po zwilżeniu ich powierzchni różnego typu odczynnikami chemicznymi. Wykazano, że niejednorodność ta jest w danym zbiorze zależna od stopnia uwęglenia węgla kamiennego i maleje wraz ze wzrostem wartości tego parametru. Niejednorodność napięcia powierzchniowego zwilżania ziarn można zmienić przez pokrycie powierzchni odczynnikami. W przypadku badanych węgla kamiennych o najmniejszym stopniu uwęglenia uzyskać można pod wpływem odczynnika flotacyjnego tylko niewielkie zmniejszenie niejednorodności od wartości $12,5 \text{ mJ/m}^2$ (powierzchnia czysta) do wartości $11,1 \text{ mJ/m}^2$ (powierzchnia zwilżona odczynnikiem), zaś w przypadku węgla badanych o największym stopniu uwęglenia analogicznie od wartości $6,6 \text{ mJ/m}^2$ do wartości $3,5 \text{ mJ/m}^2$. W zbiorze ziarn o najmniejszym uwęgleniu zwilżonych odczynnikiem flotacyjnym różnica między energią powierzchni poszczególnych ziarn może wynosić do 22 mJ/m^2 podczas gdy w zbiorze ziarn najwyższej uwęglonych badanych węgla tylko 7 mJ/m^2 . Analiza uzyskanych wyników dowodzi, że obok średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania niejednorodność energetyczna powierzchni w zbiorze najdrobniejszych ziarn węglowych jest jednym z czynników decydujących o właściwościach technologicznych najdrobniejszych klas ziarnowych, a szczególnie o ich aktywności flotacyjnej.

1. Wstęp

Bardzo drobne ziarna węglowe powstają w wyniku procesów urabiania i transportu węgla, a także jego wzbogacania, a w rezultacie prowadzonych w zakładach przeróbki procesów technologicznych wydzielane są jako muł węglowy. Niektóre warianty opracowywanych w ostatnich latach technologii czystego węgla przewidują rozdrabnianie węgla do ziarn o rozmiarach mniejszych od $100 \mu\text{m}$ i wzbogacanie tej klasy ziarnowej [Blaschke 1994]. Wzbogacanie w przypadkach najdrobniejszych klas ziarnowych realizuje się metodami flotacji lub aglomeracji, a operacjami technologicznymi towarzyszącymi są sedymentacja, zagęszczanie i odwadnianie zawieszin mułowych. Przebieg tych operacji uwarunkowany jest właściwościami powierzchniowymi ziarn węglowych, a szczególnie ich hydrofobowością, której miarą może być krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania. Dobór optymalnych warunków technologicznych danego procesu jest tym skuteczniejszy im właściwości powierzchniowe ziarn są bardziej jednorodne.

Wykorzystując wyniki wcześniejszych badań w zakresie krytycznego napięcia powierzchniowego

zwilżania i flotacji, a szczególnie koncepcję krytycznego napięcia powierzchniowego ciała stałego Zismana [1964] oraz prace Hornsby'ego i Leji [1980, 1984] Fuerstenau i współpracownicy [Fuerstenau et al. 1991, Diao, Fuerstenau 1991] opracowali metodę frakcjonowanej flotacji powierzchniowej umożliwiającą nie tylko doświadczalne potwierdzenie niejednorodności napięcia powierzchniowego zwilżania ziarn węglowych w danym zbiorze, ale także opis ilościowy tego zjawiska. Opracowana została także metoda zwilżania powierzchni ziarn poza środowiskiem danego procesu substancjami chemicznymi stosowanymi w procesach przerobczych jako odczynniki stymulujące ten proces (np. odczynniki flotacyjne) [Sablik, Wierzchowski 1992, 1995]. Umożliwiło to pomiar ich wpływu na napięcie powierzchniowe zwilżania oraz na niejednorodność energetyczną powierzchni ziarn w danym zbiorze.

W dalszej części opracowania przedstawiono wyniki badań niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn węgla o różnym stopniu uwęglenia oraz wpływu środków chemicznych stosowanych jako odczynniki flotacyjne na tę niejednorodność w danym zbiorze ziarn.

2. Podstawy metody frakcjonowanej flotacji powierzchniowej

Metoda frakcjonowanej flotacji powierzchniowej polega na rozdzieleniu zbioru ziarn umieszczonych na powierzchni cieczy o określonym napięciu powierzchniowym na frakcje o napięciu powierzchniowym większym od napięcia powierzchniowego cieczy, które toną oraz frakcje o napięciu powierzchniowym mniejszym od napięcia powierzchniowego cieczy, które utrzymują się na powierzchni. Stosując jako cieczy pomiarowe roztwory wodne metanolu o różnym udziale metanolu, a więc o różnym napięciu powierzchniowym, uzyskać można informacje o rozkładzie napięcia powierzchniowego ziarn w danym zbiorze. Wyniki uzyskane tą techniką przedstawia się przy pomocy skumulowanych krzywych rozdziału, na których wyznaczyć można napięcie powierzchniowe roztworu zwilżającego wszystkie ziarna ($\gamma_{cmin.}$), napięcie powierzchniowe roztworu nie zwilżającego żadnych ziarn ($\gamma_{cmax.}$), średnie krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania ziarn ($\bar{\gamma}_c$) oraz odchylenie standardowe od wartości średniej $\bar{\gamma}_c$ (σ_{γ_c}), które przyjęto stosować jako miarę niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn [Diao, Fuerstenau 1991]. Na rysunku 1 przedstawiono przykłady krzywych ilustrujących ziarna o powierzchniach energetycznie jednorodnych (krzywa 1) spełniająca warunki:

$$\gamma_{cmin.} = \gamma_{cmax.} = \bar{\gamma}_c \quad \text{oraz} \quad \sigma_{\gamma_c} = 0 \quad (1)$$

oraz ilustrujące zbiory ziarn o mniejszej (krzywa 2) i większej (krzywa 3) niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn w danych zbiorach.

Średnie krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania danego rozkładu obliczyć można z wykorzystaniem histogramu częstości z zależności

$$\bar{\gamma}_c = \int_{\gamma_{cmin.}}^{\gamma_{cmax.}} \gamma_c f(\gamma_c) d\gamma_c \quad (2)$$

gdzie:

γ_c – krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania powierzchni ziarn;

$f(\gamma_c)$ – funkcja gęstości (histogram) krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania;

Jako miarę niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn danego zbioru przyjęto stosować odchylenie standardowe funkcji gęstości krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania:

$$\sigma_{\gamma_c} = \sqrt{\int_{\gamma_{cmin.}}^{\gamma_{cmax.}} (\gamma_c - \bar{\gamma}_c)^2 f(\gamma_c) d\gamma_c} \quad (3)$$

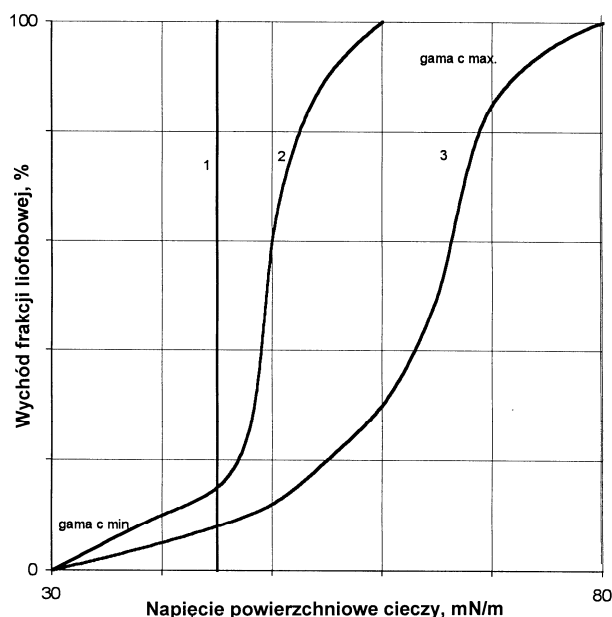
3. Materiały i metodyka badań

3.1. Próbkki węgla

Badania przeprowadzono na próbkach węgla kamiennego o różnym stopniu zmetamorfizowania pochodzących z różnych kopalń. Odpowiednio wyselekcjonowane próbki zawierające do kilku procent popiołu doprowadzano przez stopniowe rozdrabnianie i odsiewanie podziarna do ziarn o rozmiarach mniejszych od 300 μm , a następnie wydzielano klasę ziarnową 300 – 200 μm , która stanowiła przedmiot badań metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej.

3.2. Odczynniki chemiczne

Dla uzyskania informacji o wpływie różnych odczynników chemicznych na niejednorodność energetyczną powierzchni w zbiorze ziarn badanych węgla zwilżano je dodekanem (DD), olejem napędowym (ON), metyloizobutylokarbinolem (MIBC) i alkoholami ciężkimi (AC). Odczynniki ON i DD stosuje się jako kolektory w procesie flotacji węgla, zaś MIBC i AC jako substancje pianotwórcze. Badano także wpływ środków flotacyjnych o składzie 90% ON i 10% AC oraz 70% ON i 30% AC, a także odczynniki które wzbudzały optymalną aktywność flotacyjną danego węgla [Sablik 1998].



Rys. 1. Krzywe ilustrujące rozkład napięcia powierzchniowego zwilżania w zbiorze drobnych ziarn:
1 – zbiór ziarn o powierzchniach jednorodnych
2 – zbiór ziarn o mniejszej niejednorodności
3 – zbiór ziarn o większej niejednorodności.

3.3. Oznaczenie niejednorodności energetycznej powierzchni w zbiorze ziarn

Niejednorodność energetyczną powierzchni w zbiorze ziarn wyliczano według zależności (3).

Aby to umożliwić określano wartość średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania dla zbiorów ziarn badanych węgla zgodnie z metodyką opracowaną przez Fuerstenau'a i współpracowników [1991] i polegającą na rozdzieleniu próbek ziarn o masie 0.2 g na powierzchniach cieczy o różnych napięciach powierzchniowych na części tonące i pływające. Malejącemu napięciu powierzchniowemu cieczy pomiarowej towarzyszy zmniejszanie się masy frakcji pływającej. Wykorzystując uzyskane w ten sposób wyniki podziału zbiorów ziarn na frakcje pływające i tonące, obliczono wartości średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania badanych węgla według zależności (2), a następnie niejednorodność energetyczną powierzchni w danym zbiorze ziarn. Oznaczenia prowadzono na ziarnach niezwilżonych („czystych”) i pokrytych odczynnikami. Zwilżanie ziarn węglowych odczynnikami prowadzono zgodnie z metodyką opracowaną przez Sablika i Wierzchowskiego [1992,1995] i polegającą na umieszczeniu monowarstwy ziarn między dwoma arkuszami papieru kopiowego nasyczonego do z góry określonego stopnia danym odczynnikiem i poddanie tego układu małemu naciskowi. Przygotowane w ten sposób ziarna po pewnym okresie leżakowania w zamkniętym naczyniu niezbędnym dla uzyskania równowagi na zwilżonych odczynnikami powierzchniach poddano opisanym wyżej badaniom.

4. Wyniki badań

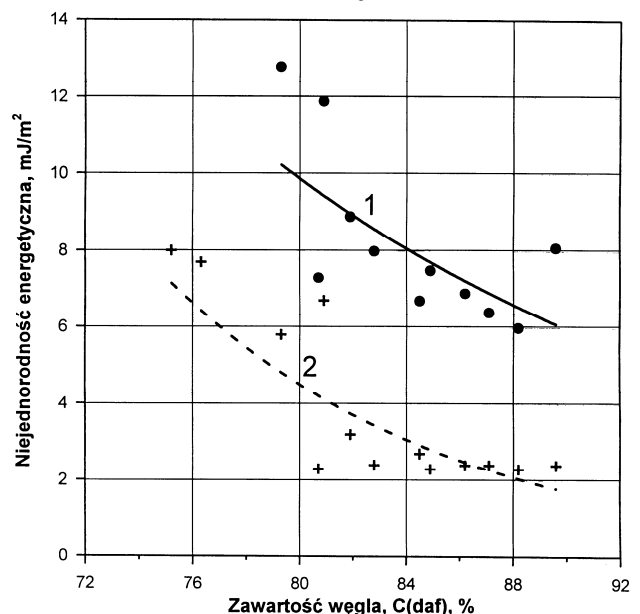
Na rysunku 2 przedstawiono zależność niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn w danym zbiorze od uwęglenia badanego węgla kamiennego oraz w tych samych zbiorach po zwilżeniu ziarn odczynnikami powodującymi największe zmniejszenie niejednorodności. Niejednorodność energetyczna powierzchni w zbiorze ziarn zależy w istotny sposób od stopnia zmetamorfizowania węgla i jest w przypadku węgla niskouwęglonych większa (około 12,5 mJ/m²), a przypadku węgla średniouwęglonych mniejsza (około 6 mJ/m²).

Właściwie dobrane odczynniki mogą zdecydowanie obniżyć niejednorodność energetyczną powierzchni ziarn w danym zbiorze, przy czym efekt ten zależy także od stopnia zmetamorfizowania węgla. W przypadku węgla niskouwęglonych wartość tego parametru można maksymalnie obniżyć z 12,5 mJ/m² do 5,3 mJ/m², zaś w przypadku węgla średniouwęglonego z 6,4 mJ/m² do 2,4 mJ/m².

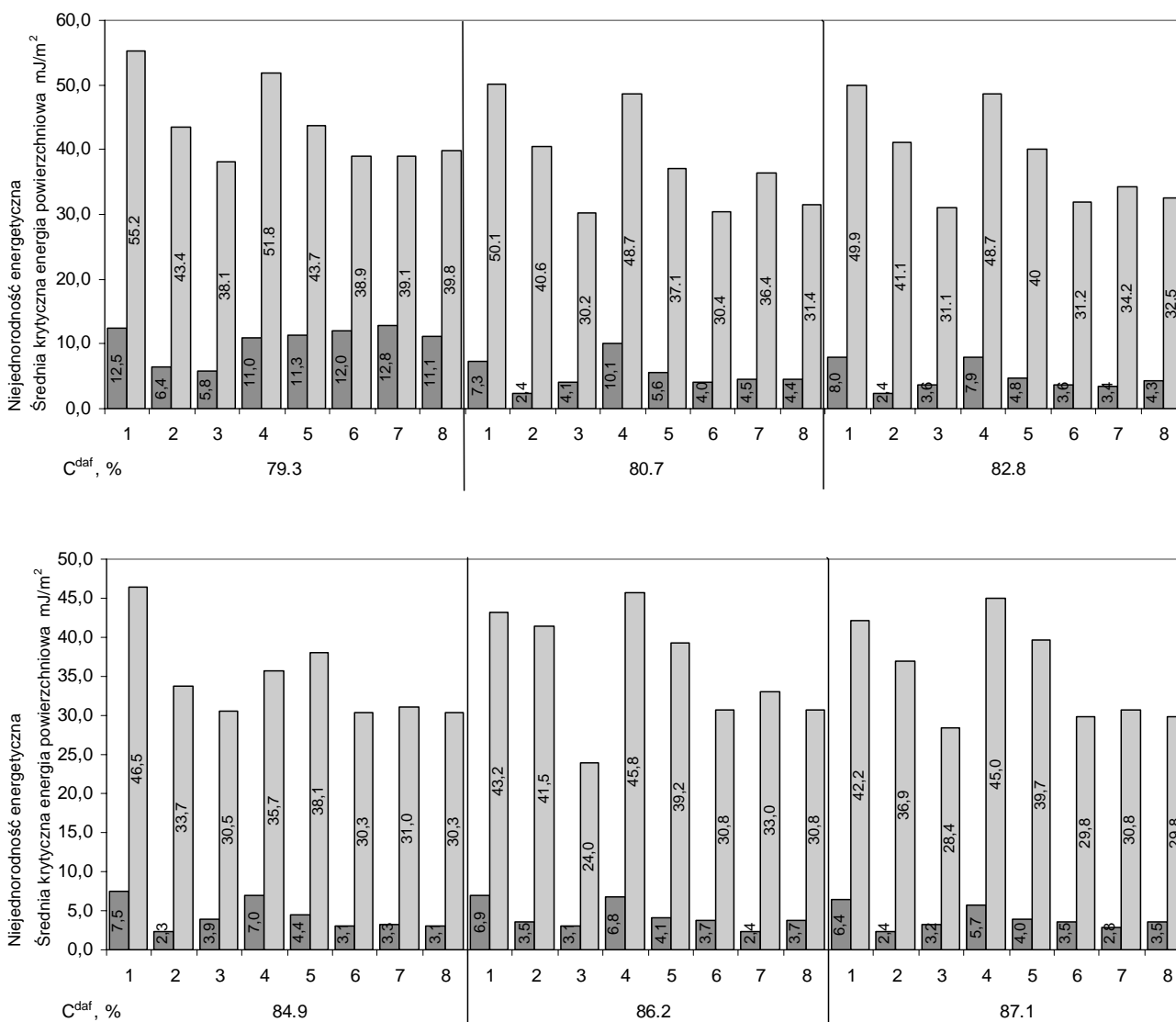
Wpływ różnych odczynników chemicznych na niejednorodność energetyczną powierzchni ziarn węgla przedstawiono na rysunku 3. Wartości tego parametru przedstawiono na tle średniego krytycznego napięcia powierzchniowego węgla zarówno

w przypadkach węgla zwilżonych jak i nie zwilżonych danym odczynnikiem. Odczynniki o właściwościach kolektorów (apolarne) obniżają zarówno krytyczne napięcie powierzchniowe węgla jak i niejednorodność energetyczną powierzchni w zbiorze ziarn. W przypadku węgla o stosunkowo małym uwęgleniu ($C^{daf} = 79,3\%$) olej napędowy powoduje obniżenie niejednorodności energetycznej o siedem jednostek. W przypadku węgla wyżej uwęglonych najbardziej zmniejsza tę niejednorodność dodekan. Minimalna stwierdzona wartość wynosi w tym przypadku 2,3 mJ/m² (węgiel o zawartości $C^{daf} = 84,9\%$).

Odczynniki o właściwościach pianotwórczych (polarne) wpływają na niejednorodność energetyczną powierzchni ziarn w różny sposób w zależności od typu węgla oraz rodzaju odczynnika. W przypadku węgla o małym stopniu uwęglenia odczynniki obniżają tę niejednorodność tylko nieznacznie. W przypadkach pozostałych badanych węgla metyloizobutylokarbinol powodować może zwiększenie niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn (węgiel o zawartości $C^{daf} = 80,7\%$) lub zmniejszenie wartości tego parametru, zaś alkohole AC, stanowiące mieszaninę wyższych alkoholi z domieszką estrów zmniejszają niejednorodność energetyczną powierzchni ziarn o 2 – 3 jednostki z wyjątkiem węgla o małym uwęgleniu. Mieszaniny kolektorów i substancji pianotwórczych (ON i AC) zmniejszają niejednorodność energetyczną powierzchni w zbiorze ziarn znacząco od około 45% do



Rys. 2. Zależność niejednorodności energetycznej powierzchni w zbiorze drobnych ziarn węglowych od stopnia zmetamorfizowania węgla:
 1 – zbiór ziarn „czystych” (nie zwilżonych odczynnikami);
 2 – zbiór ziarn zwilżonych odczynnikami zmniejszającym maksymalnie niejednorodność energetyczną powierzchni.



Rys. 3 Średnie krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania i niejednorodność energetyczna powierzchni w zbiorach ziarn różnych typów węgla „czystych” i pokrytych odczynnikami:

1 – ziarna nie pokryte odczynnikami; 2 – ziarna pokryte dodekanem (DD); 3 – ziarna pokryte olejem napędowym (ON); 4 – ziarna pokryte metyloizobutylokarbinolem (MIBC); 5 – ziarna pokryte wyższymi alkoholami (AC); 6 – ziarna pokryte mieszaniną o składzie 90% ON i 10%AC; 7 – ziarna pokryte mieszaniną o składzie 70% ON i 30%AC; 8 – ziarna pokryte odczynnikami flotacyjnym wzbudzającym optymalną aktywność flotacyjną danego węgla.

około 76%. Odczynniki flotacyjne wzbudzające optymalną aktywność flotacyjną danego węgla obniżają również istotnie wartość niejednorodności energetycznej powierzchni w zbiorze ziarn (od około 40% do około 60%) dla wszystkich węgli z wyjątkiem węgla najniższej uwęglonego (około 11%).

6. Omówienie wyników badań

Przebieg złożonych z teoretycznego punktu widzenia procesów wodno-mułowych w zakładach przerobczych, szczególnie procesów wzbogacania

mułu węglowego metodami flotacji lub aglomeracji uzależniony jest w pierwszej kolejności od właściwości powierzchniowych ziarn tworzących muł węglowy, a przede wszystkim od hydrofobowości ich powierzchni a więc napięcia powierzchniowego zwilżania. Jeszcze w początkach lat osiemdziesiątych hydrofobowość powierzchni węgla określano na podstawie pomiarów granicznego kąta zwilżania, uzyskując jedynie wartości średnie napięcia powierzchniowego dla danego węgla [Gutierrez-Rodriguez et al. 1984, Wójcik et al.1976, Sablik 1980]. Wyjaśnienie różnic aktywności flotacyjnej

różnych typów węgla kamiennego było w takiej sytuacji ograniczone, a w niektórych przypadkach niemożliwe. Wdrożenie do praktyki badawczej metody frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (film flotation) umożliwiło pogłębienie wiedzy o właściwościach powierzchniowych ziarn węglowych w danym zbiorze. Wykazano, że w przypadku polskich węgla kamiennych średnie krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania mieści się w przedziale od około 56 mJ/m² dla węgla o małym stopniu uwęglenia (energetycznych) do około 42 mJ/m² dla węgla o średnim uwęgleniu (koksowych) [Wierzchowski, Sablik 1991]. Udział ziarn o małym napięciu powierzchniowym w danym zbiorze jest znacznie większy w przypadku węgla o większym stopniu zmetamorfizowania, zaś udział ziarn o większym napięciu powierzchniowym jest większy w zbiorze ziarn węgla o mniejszym stopniu uwęglenia [Sablik 1997].

Stosując odpowiednie odczynniki chemiczne można w danym zbiorze ziarn zmniejszyć średnie krytyczne napięcie powierzchniowe ziarn węgla średnio uwęglonych do około 30 mJ/m² zaś najmniej uwęglonych do około 38 mJ/m² [Sablik, Wierzchowski 1994]. Stwierdzono także, że zarówno naturalna jak i standardowa aktywność flotacyjna węgla [Wierzchowski, Sablik 1994, Sablik 1997], a także flotowalność mułów węglowych [Sablik, Brzezina 1992] jest funkcją średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania. Dla węgla kamiennych o najmniejszym stopniu uwęglenia zarówno aktywność flotacyjna naturalna jak i standardowa zbliżone są do zera.

Na podstawie przedstawionych wyników badań można wnioskować, że omówione wyżej uogólnienia dotyczące aktywności flotacyjnej węgla uwarunkowane są nie tylko średnim krytycznym napięciem powierzchniowym węgla ale także niejednorodnością energetyczną powierzchni ziarn w danym zbiorze. Niejednorodność energetyczna powierzchni ziarn zależy istotnie od stopnia zmetamorfizowania węgla zarówno w przypadku ziarn niepokrytych jak i pokrytych odczynnikiem. W tym pierwszym przypadku dla badanych węgla kamiennych o najmniejszym uwęgleniu ($C^{\text{daf}} = 79,3\%$) wynosi ona około 12,5 mJ/m², co oznacza, że różnice krytycznego napięcia między powierzchniami poszczególnych ziarn mogą wynosić do około 25 mJ/m². Świadczy to o dużym zróżnicowaniu właściwości powierzchniowych, a co za tym idzie technologicznych ziarn tego typu węgla. Zwilżanie powierzchni ziarn takiego węgla odczynnikiem apolarnym powoduje zmniejszenie niejednorodności energetycznej powierzchni do wartości 5,8 mJ/m², jednak pokrycie tych samych powierzchni odczynnikiem flotacyjnym zawierają-

cym w składzie substancje polarne zmniejsza niejednorodność tylko do wartości 11,1 mJ/m². Można sądzić, że przy równoczesnym stosunkowo dużym średnim napięciu powierzchniowym zwilżania (38,8 mJ/m²) niejednorodność energetyczna jest znaczącym czynnikiem powodującym, że aktywność flotacyjna naturalna i standardowa tego węgla oraz flotowalność mułu węglowego zbliżone są do zera. [Sablik, Brzezina 1992, Wierzchowski 1993, Sablik 1997].

Ze wzrostem uwęglenia węgla kamiennego maleje niejednorodność energetyczna powierzchni w zbiorze ziarn osiągając najmniejszą wartość 6,4 mJ/m² dla badanych węgla średnio uwęglonych ($C^{\text{daf}} = 87,1\%$). Oznacza to, że zróżnicowanie krytycznego napięcia powierzchniowego w zbiorze ziarn mieści się w przedziale 12,8 mJ/m². Pokrycie powierzchni takich ziarn odczynnikiem flotacyjnym powoduje zmniejszenie niejednorodności energetycznej powierzchni ziarn do 3,5 mJ/m². Większość zatem ziarn ma napięcie powierzchniowe zawarte w przedziale 7 mJ/m². Przy stosunkowo małym średnim krytycznym napięciu powierzchniowym zwilżania (29,8 mJ/m²) tworzą się korzystne właściwości technologiczne dla najdrobniejszych ziarn takiego węgla. Aktywność flotacyjna naturalna i standardowa oraz flotowalność mułu węglowego (uzysk substancji palnej w koncentracji flotacyjnej) mogą być w tym przypadku większe od 90% [Sablik, Brzezina 1992, Wierzchowski 1993, Sablik 1997].

Pozostałe badane węgle o uwęgleniu pośrednim w stosunku do omówionych wyżej wykazują także pośrednie wartości niejednorodności energetycznej powierzchni w zbiorze najdrobniejszych ziarn oraz proporcjonalną aktywność flotacyjną węgla i flotowalność mułu węglowego [Sablik, Brzezina 1992, Sablik 1997].

Z przeprowadzonych badań wynika zatem, że obok średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania czynnikiem istotnie wpływającym na aktywność flotacyjną węgla jest niejednorodność energetyczna powierzchni ziarn w danym zbiorze.

7. Wnioski

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- niejednorodność energetyczna powierzchni w zbiorze bardzo drobnych ziarn węglowych jest funkcją stopnia zmetamorfizowania węgla i maleje wraz ze wzrostem wartości tego parametru;
- niejednorodność energetyczną powierzchni ziarn w danym zbiorze można zmniejszyć

przez zwilżanie ich powierzchni odpowiednim odczynnikiem chemicznym; w przypadku węgla badanych o najmniejszym uwęgleniu uzyskać można pod wpływem odczynnika flotacyjnego tylko niewielkie zmniejszenie niejednorodności od wartości 12,5 mJ/m² (powierzchnia niezwilżona) do wartości 11,1 mJ/m² (powierzchnia pokryta odczynnikiem), a w przypadku węgla badanych o największym uwęgleniu analogicznie od wartości 6,4 mJ/m² do wartości 3,5 mJ/m².

- należy sądzić, że obok średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania niejednorodność energetyczna powierzchni ziarn w zbiorze najdrobniejszych ziarn węglowych jest jednym z ważnych czynników decydujących o właściwościach technologicznych najdrobniejszych klas ziarnowych, a szczególnie ich aktywności flotacyjnej

Literatura

1. Blaschke Z., 1994: *Oil Agglomeration and Selective Flocculation of Coal Slurries, New Trends in Coal Preparation Technologies and Equipment, Proceedings of the 12th International Coal Preparation Congress, Ed. W.S. Blaschke, Cracow.*
2. Diao J., Fuerstenau D.W. 1991: *Characterization of wettability of solid particles by film flotation II. Theoretical analysis, Colloids and Surfaces, 60, 145-160.*
3. Fuerstenau D.W., Diao J., Williams M.C. 1991: *Characterization of wettability of solid particles by film flotation I. Experimental investigation, Colloids and Surfaces, 60, 127-144.*
4. Gutierrez-J.A., Purcel R.J., Aplan F.F. 1984: *Estimating the hydrophobicity of coal. Colloid and Surfaces, Vol. 1, No 12.*
5. Hornsby D.T., Leja J, 1980: *Critical Surface Tension and the Selective Separation of Inherently Hydrophobic Solids, Colloids and Surfaces, 1, 425.*
6. Hornsby D.T., Leja J, 1984: *A technique for evaluating floatability of coal fines using methanol solution, Coal Preparation 1.*
7. Sablik J. 1980: *Flotowalność polskich węgla kamiennych jako funkcje stopnia ich uwęglenia. Prace GIG, seria dodatkowa, Katowice.*
8. Sablik J. 1997: *Flotowalność mułów węglowych jako funkcja krytycznej energii powierzchniowej zwilżania, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 31, 235-240.*
9. Sablik J. 1998: *Flotacja węgla kamiennych, Wyd. GIG.*
10. Sablik J., Brzezina R. 1992: *Aktywność flotacyjna mułów węglowych w warunkach standardowych i technologicznie optymalnych. Przegląd Górniczy 48, 4/22-28/.*
11. Sablik J., Wierzchowski K. 1992: *Evaluation of the influence of flotation reagents on the hydrophobicity of coal using the film flotation method. Fuel 71, 4/474-475/.*
12. Sablik J., Wierzchowski K. 1994: *The Effect of Pre-Wetting With Flotation Reagents on the Surface Energy of Coals. Coal Preparation Vol 15, s. 1-10.*
13. Sablik J., Wierzchowski K. 1995: *The film flotation method applied to determine surface energy of coal wetted with flotation reagents. Archives of Mining Sciences Vol. 40 No 1.*
14. Wierzchowski K., Sablik J. 1991: *Wartości krytyczne swobodnej energii powierzchni polskich węgla kamiennych określone metodą "film flotation". Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 24, s. 173-178.*
15. Wierzchowski K. 1993: *Praca doktorska, GIG, Katowice.*
16. Wójcik W., Waksrudzki A., Jańczuk B. 1976: *Wyznaczanie energii powierzchniowej ciał stałych z pomiarów granicznego kąta zwilżania, Wiadomości chemiczne 30.*
17. Zisman W.A. 1964: *Relation of the equilibrium contact angle to liquid and solid constitution."Contact Angle, Wettability and Adhesion". ACS Advances in Chem. Ser., Washington D.C., 43.*

Nonhomogeneity of critical surface tension of wetting in a set of very small coal particles.

Distribution of critical surface tension of wetting for very small coal particles of different coalification grade and the same coal particles after coating their surfaces with reagents of different types is presented. It was shown that the nonhomogeneity of coal particle surface tension depended on the coalification grade of coal and decreased with the increase of the coalification grade value. The energy nonhomogeneity of coal particle surfaces can be changed by coating their surfaces with chemical reagents. In the case of coal of low coalification grade only a small decrease of nonhomogeneity from 12.5 mJ/m² (clean coal surface) to 11.1 mJ/m² (surface coated with reagent) under the influence of flotation reagent has been achieved, whereas in the case of the high coalified coal a decrease from 6.6 mJ/m² to 3.5 mJ/m² has been found. For a set of coal particles of low coalification degree coated with a flotation reagent a difference of about 22 mJ/m² between surface tension of particular particles can appear and for a set of the high coalified coals only of 7 mJ/m² respectively. A discussion of the investigation results has shown that by the mean critical surface tension of wetting, surface nonhomogeneity for a set of very small coal particles is one of the most important factor determining the technological properties of the smallest size fractions of coal particles and, first of all, their flotation response.