

Zygfryd NOWAK *

LEPKOŚĆ CIECZY CIĘŻKIEJ JAKO KRYTERIUM DOBORU OBCIĄŻNIKA DLA WZBOGACANIA WĘGLA

W pracy przedstawiono wpływ takich parametrów jak: skład ziarnowy, powierzchnia właściwa i kształt ziarn obciążnika na lepkość cieczy. Omówiono oddziaływanie parametru lepkości w metodzie T. Laskowskiego określania charakterystyki zawiesinowej cieczy ciężkiej. Podano znaczenie praktyczne tego parametru w procesach wzbogacania węgla.

1. Wprowadzenie

Badania w zakresie wzbogacania w zawiesinowych cieczach ciężkich podjęte przez Profesora Tadeusza Laskowskiego po 2-giej wojnie światowej i dotyczące podstaw tego procesu, rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych zostały podsumowane w książce pt. "Wzbogacanie w cieczach ciężkich" (Laskowski, 1958, 1979). Ta obszerna publikacja stała się wytyczną dla bogatej działalności badawczej i inwestycyjnej. Syntetyczny nomogram - rys. 1 zawarty w książce stanowi podstawę dla doboru obciążników.

Technologia wzbogacania w cieczach ciężkich jest dzisiaj podstawową technologią dla przeróbki węgla sortymentowych. Dla jej praktycznego wdrożenia opracowane zostały kolejne generacje wzbogacalników produkowanych w Polsce pod nazwą DISA. Wysoką sprawność technologiczną tego procesu potwierdziły liczne badania (Nowak, Winnicki, 1963, Ambroży, 1964). Pewnym ograniczeniem w rozpowszechnianiu tej technologii była zawsze konieczność importu obciążnika dla cieczy zawiesinowych z uwagi na brak krajowych złóż magnetytów, podstawowego obciążnika cieczy stosowanych w przeróbce węgla. Stąd od wielu lat do dzisiaj trwają

* Główny Instytut Górnictwa 40-951 Katowice

$$v_s = \frac{100 (r_c - 1000)}{r - 1000} < 32.5\% \quad (1)$$

gdzie:

r , r_c - odpowiednio gęstość obciążnika i cieczy ciężkiej. Graficzna postać tej zależności przedstawiono również na rys. 1. Badania laboratoryjne, analiza zależności - równ. 1 - wykazały, że wartość kryterialna v_s zależy również od innych parametrów zbioru ziarn (Dzieża, Nowak, 1981; Nowak, Dzieża, 1978).

2. Standardowa charakterystyka obciążnika i cieczy ciężkiej stosowanej w procesie wzbogacania węgla

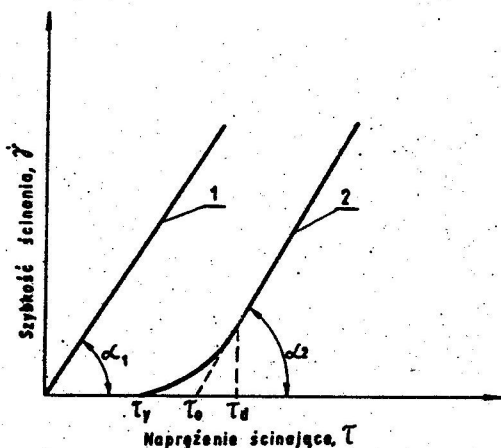
Znane są różn. zalecenia firm produkujących separatory cieczy ciężkiej jak i zalecenia w przemysłach węglowych różnych krajów odnośnie jakości obciążników oraz tworzenia z nich cieczy ciężkich. Choć występują tu różnice to nie są one bardzo znaczne.

Na podstawie analizy różnych poglądów w tym zakresie oraz wpływu charakterystyki obciążnika i cieczy ciężkiej na przebieg procesu wzbogacania przedstawiono w tabelicy 1 najważniejsze parametry charakteryzujące obciążniki i ciecze zawiesinowe oraz ich wartości graniczne.

Nowymi parametrami w tym zestawieniu w stosunku do przyjmowanych w Polsce są własności reologiczne cieczy zawiesinowej określane przez parametry krzywej płynięcia nienewtonowskiej cieczy - rys. 2.

Jako parametry reologiczne cieczy ciężkiej przyjęto:

- granicę płynięcia cieczy τ_0 , stanowiącą tzw. binghamowską granicę płynięcia cieczy oraz
- lepkość plastyczną η_p określaną jako $\text{ctg} \alpha_2$ (rys. 2).



Rys. 2.
Charakterystyka reologiczna cieczy zawiesinowej.

- 1 - ciecz newtonowska
- 2 - ciecz nienewtonowska
- τ_y - rzeczywista granica płynięcia
- τ_0 - binghamowska granica płynięcia
- τ_d - dynamiczna granica płynięcia

Wszystkie wymienione w tabelicy 1 parametry (z wyjątkiem własności magnetycznych) wpływają bezpośrednio na wartość parametrów reologicznych cieczy. Oznacza to, że przyjęte w tabelicy 1 graniczne wartości lepkości plastycznej i granicy płynięcia mogą nie spełniać warunku o dopuszczalnej koncentracji objętościowej, v_s (równ. 1) np. w przypadku znacznego rozdrobnienia obciążnika. W tym przypadku oprócz gęstości obciążnika na dopuszczalną koncentrację v_s a tym samym na parametry reologiczne cieczy wpłynąć będzie również powierzchnia właściwa zbioru ziarn. Stąd wynika istotne znaczenie znajomości parametrów reologicznych cieczy ciężkiej.

Ilościowe ujęcie wszystkich czynników decydujących o własności cieczy ciężkiej jest trudne. Możliwe jest jednak określenie wartości kryterialnych jak to zrobiono w tabelicy 1 zarówno dla obciążnika jak i dla cieczy ciężkiej, które mogą stanowić wytyczną do doboru obciążnika.

Tab. 1. Standardowa charakterystyka obciążników i cieczy zawieszinowej

Parametr	Wartość dopuszczalna
Ciecz zawieszinowa	
1. Parametry reologiczne:	
- granica płynięcia (τ_0)	3.0 (N/m ²)
- lepkość plastyczna (η_p)	$7.0 \cdot 10^{-3}$ (Pa·s)
2. Trwałość cieczy	
wysokość słupa wody sklarowanej po 5 minutach	25-40% całego słupa zawiesziny
a) po flokulacji magnetycznej	12-25% " "
b) po demagnetyzacji	" "
Obciążnik magnetytowy	
1. Gęstość minimalna obciążnika zapewniająca uzyskanie żądanej gęstości cieczy przy zachowaniu warunku dopuszczalnej koncentracji objętościowej v_s (1)	$v_s \leq 32.5\%$
2. Skład ziarnowy	
kl. 0.15 mm	0 - 10%
kl. 0.06 mm	60 - 80%
kl. 0.04 mm	40 - 50%
3. Zawartość części magnetycznych	90%

Technolog prowadzący (lub projektujący) sekcję wzbogacania w cieczach ciężkich ma zazwyczaj wyznaczoną z góry charakterystykę nadawy i parametry procesu:

- skład ziarnowy nadawy; niezwykle ważna jest dolna granica wymiaru ziarn wzbogacanego węgla,
- żadaną zawartość popiołu w produktach wzbogacania, dla której trzeba dobierać ciężar właściwy rozdziału, który ściśle związany jest z wymaganą gęstością stosowanej cieczy ciężkiej,
- własności skał towarzyszących; głównie ich rozmywalność w wodzie z uwagi na bardzo znaczące oddziaływanie powstających w wodzie zawieszin

ilastycznych na własności reologiczne roboczej cieczy ciężkiej.

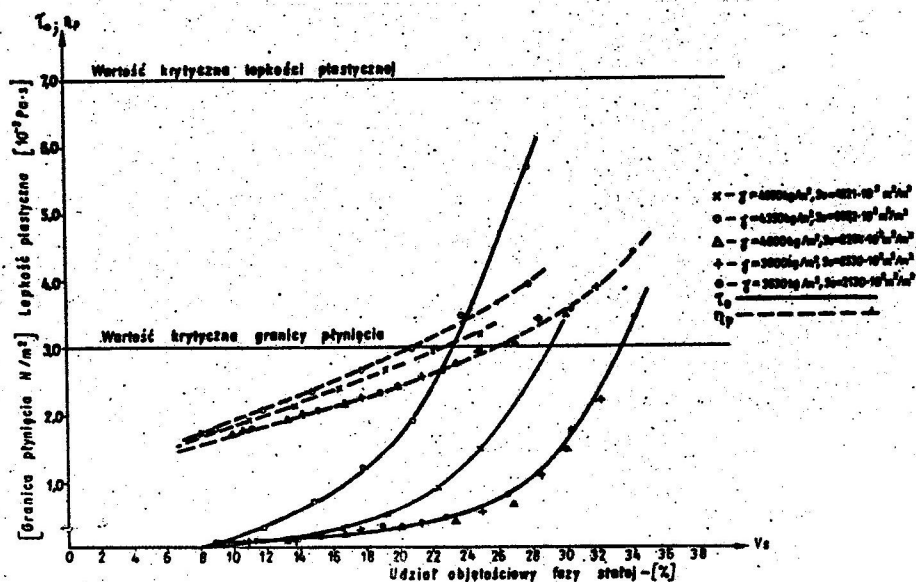
W zasadzie dla każdego z tych czynników powinna być dobrana charakterystyka cieczy ciężkiej i tak:

- im niższa dolna granica wzbogacania ziarn, tym niższa powinna być lepkość i granica płynięcia cieczy ciężkiej,
- im wyższy ciężar właściwy rozdziálu w procesie wzbogacania tym wyższa powinna być gęstość stosowanego obciążnika, aby nie przekroczyć granicznej wartości τ_0 , η_p , które są funkcją koncentracji obciążnika w cieczy ciężkiej,
- im wyższą rozmywalność posiadają skały towarzyszące, tym niższe powinny być τ , η czystej cieczy ciężkiej; niezależnie od stosowania określonych zabiegów w procesie regeneracji.

3. Własności reologiczne cieczy ciężkich stosowanych w Polsce

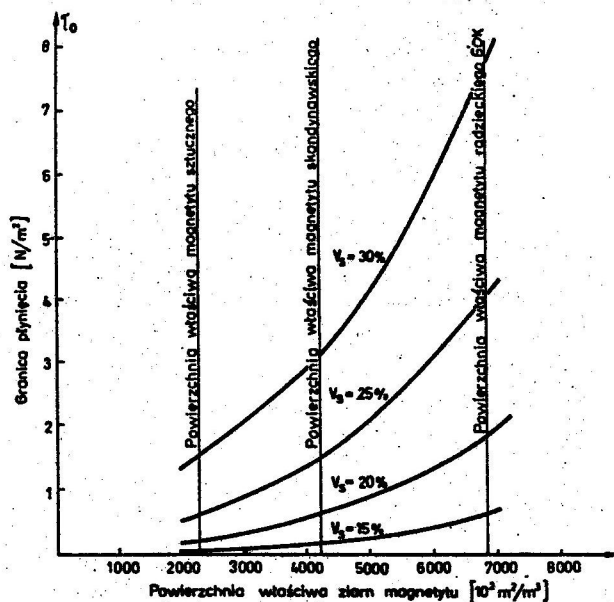
Kształtowanie się własności reologicznych przedstawiono na przykładzie 3 rodzajów obciążników: skandynawskich, radzieckich starego typu i sztucznego z popiołów lotnych. Obciążniki te różnią się między sobą zarówno gęstością jak i uziarnieniem. Sporządzone z tych obciążników cieczy ciężkie posiadają różne krzywe płynięcia o ogólnej postaci przedstawionej na rys. 2 oraz wyznaczone na tej podstawie różne wartości parametrów reologicznych τ_0 , η_p . Na rys. 3 zestawiono wyniki badań własności reologicznych tych cieczy przedstawiając wykreślone funkcje

$$\tau_0 = f(v_s) \quad \text{oraz} \quad \eta_p = f(v_s).$$



Rys. 3. Zależność wartości parametrów reologicznych cieczy do udziału objętościowego i rodzaju obciążnika.

O przebiegu tych krzywych zdecydował kształt ziarn oraz stopień rozdrobnienia. Obserwacje mikroskopowe wykazały ostrokrawędzisty i nieregularny kształt obciążników naturalnych oraz bardzo owalny kształt ziarn sztucznych magnetytów co wpłynęło na ich korzystniejsze parametry reologiczne niż by to wynikało z powierzchni właściwej. Wpływ składu ziarnowego badanych obciążników wyrażony powierzchnią właściwą zbioru ziarn przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Wpływ powierzchni właściwej zbioru ziarn obciążnika na wartość granicy płynięcia cieczy ciężkiej

Dla sztucznych magnetytów naniesiono punkty pomiarowe trzech próbek różniących się gęstością ($3630 - 4000 \text{ kg/m}^3$) oraz powierzchnią właściwą ($2130 \cdot 10^2 - 2530 \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{m}^3$).

Na podstawie rys. 3 można określić dopuszczalną koncentrację objętościową obciążnika w cieczy v_e . Wynosi ona dla badanych obciążników:

- około 23% dla obciążnika radzieckiego GOK,
- około 29% dla obciążnika skandynawskiego oraz
- około 33% dla obciążników sztucznych.

Wartości te spełniają warunki:

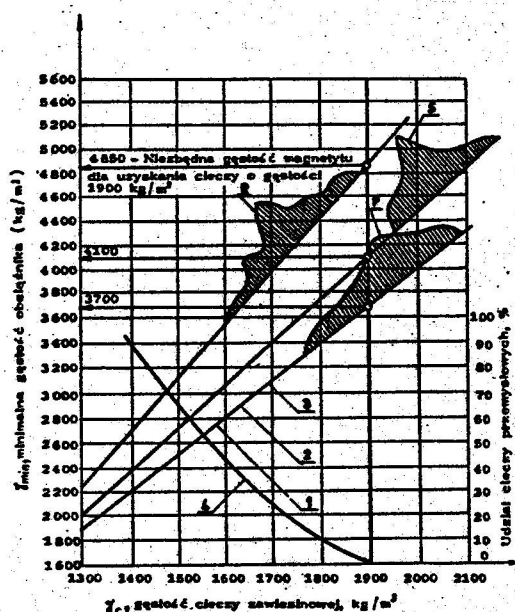
$$\tau_0 < 3 \quad \text{N/m}^2 \quad \text{oraz} \\ \eta_p < 7 \quad \text{Pa}\cdot\text{s}.$$

4. Kryteria stosowania sztucznych magnetytów do sporządzania cieczy ciężkich

Na podstawie równania 1 - oraz znajomości maksymalnych dopuszczalnych wartości v , można opracować nomogramy pozwalające na określenie kryteriów jakim powinny odpowiadać dowolnie wybrane obciążniki stosowane do sporządzania cieczy ciężkiej o żądanej gęstości. Przykład takiego nomogramu wykonano na podstawie wyników badań przykładowych magnetytów - rys. 3 i 4 - przedstawiono na rys. 5.

Rys. 5. Nomogram dla określenia minimalnej gęstości obciążnika

1, 2, 3 - przebieg funkcji $\gamma_{\min} = f(\gamma_c)$ dla magnetytów: radzieckiego 1, skandynawskiego 2, sztucznego 3.
4 - krzywa udziału cieczy ciężkich o różnej gęstości w zakładach wzbogacania węgla.



Nomogram służy do określania minimalnej gęstości obciążnika $\gamma_{\min}$ dla trzech rodzajów obciążnika 1, 2, 3 w zależności od żądanej gęstości cieczy ciężkiej γ_c przy spełnieniu warunku, aby parametry reologiczne cieczy nie przekraczały wartości przyjętych w tabelicy 1. Dla celów praktycznych na nomogramie naniesiono również rozkłady gęstości obciążnika stwierdzonej w praktyce R, S, P jak również udziały gęstości cieczy 4, stosowanych w sekcjach wzbogacania w zakładach przerobczych. Jak wynika z histogramów naniesionych na rys. 5 magnetyty skandynawskie były w przedziale gęstości od 4300 do 5100 kg/m^3 natomiast sztuczne magnetyty posiadały gęstość od 3300 do 4300 kg/m^3 . Zgodnie z nomogramem magnetyt posiadający gęstość leżącą powyżej wykreślonej prostej $\gamma_{\min} = f(\gamma_c)$ - daje przy danej gęstości cieczy γ_c - zawiesziny o wartościach parametrów reologicznych niższych od wartości krytycznych. W przypadku magnetytu o gęstości leżącej poniżej prostej otrzyma się

zawiesinę o własnościach reologicznych niezgodnych z wymaganiami jakościowymi. Dla przykładu minimalna gęstość sztucznego magnetytu niezbędna dla uzyskania czystej cieczy ciężkiej, odpowiadającej wymaganiom jakościowym oraz gęstości nie większej, jak 1900 kg/m^3 wynosi 3700 kg/m^3 . Dla magnetytu skandynawskiego i radzieckiego wynosi ona odpowiednio 4100 i 4850 kg/m^3 . Odpowiada to kryterium udziału objętościowego v_c wg. równ. 1: 33% dla obciążnika sztucznego, 29% dla skandynawskiego i jedynie 23%, dla GOK. Dostarczane do zakładów przerobczych magnetyty skandynawskie powyższy warunek spełniały w całości, w przypadku magnetytu sztucznego jest on spełniony dla około 75% dostaw, natomiast żadna z dostaw magnetytu radzieckiego typu GOK nie spełniała powyższego wymogu. Tłumaczy to przyczynę dla której obciążniki stopniowo wycofano z przemysłu. Tym nie mniej magnetyty radzieckie GOK w całości stanowią dobry obciążnik czystych cieczy o gęstościach poniżej 1600 kg/m^3 . Można również stwierdzić, że inne magnetyty radzieckie spełniają wymagania w podobnym zakresie jak skandynawskie. Również magnetyty sztuczne w całości stanowią dobry obciążnik czystych cieczy o ile gęstość tych cieczy nie przekracza 1700 kg/m^3 , co ma miejsce dla około 75% separatorów z cieczą zawiesinową zainstalowanych w przemyśle. Zróżumiałe jest, że w związku z obecnością w cieczach roboczych błędnego obciążnika, minimalna gęstość obciążnika magnetytowego musi ulec odpowiedniemu podwyższeniu.

5. Literatura

Ambroży J., Ocena działania płuczek z cieczą ciężką zawiesinową. Dokumentacja badań GIG, 1984.

Dzieża J., Nowak Z., Naturalne i sztuczne obciążniki magnetytowe w ich zastosowaniu do zawiesinowych cieczy ciężkich. Komunikat Głównego Instytutu Górnictwa, Seria dodatkowa, 1981.

Kembiowski Z., Reometria płynów nienewtonowskich, WNT, Warszawa, 1974.

Laskowski T., Wzbogacanie kopalin w cieczach ciężkich, Wydawn. Śląsk, Katowice, 1958, 1972.

Nowak Z., Dzieża J., Metoda pomiaru własności reologicznych zawiesinowych cieczy ciężkich. Archiwum Górnictwa, t. 23, Z-4, 1978.

Nowak Z., Winnicki J., Płuczka zawiesinowa DISA 250 - 31,5 mm. Kop. Bytom - "Separator", 1963.

SUMMARY

Nowak, Z., 1988. Heavy liquid viscosity as a criterion of selection of heavy medium for coal processing. Phisicochemical Problems of Mineral Processing 20; 17- 25, (polish text).

The influence of particle size distribution, specific surface area, and shape of heavy medium particles on heavy liquid viscosity was presented. The role of viscosity in the T. Laskowski method of heavy liquids characterization was discussed. The practical importance of that parameter of coal preparation was described.

СОДЕРЖАНИЕ

З.Новак, 1988. Вязкость тяжелой жидкости как критерий подбора утяжелителя для обогащения угля. Физикохимические вопросы обогащения, 20; 17-25,

В работе представлено влияние таких параметров как: состав зерен, свойственная поверхность и форма зерен утяжелителя на вязкость жидкости. Обсуждено влияние параметра вязкости в методе Т.Ляковского определения характеристики суспензной тяжелой жидкости. Приведены практические значения этого параметра в процессах обогащения угля.