

Michał PALICA, Lucyna WIĘCŁAW, Iwona ZIELIŃSKA
Politechnika Śląska, Gliwice

WPLYW FLOKULANTU „CARBAFLOCK F-106” NA FILTROWALNOŚĆ DWU NADAW ODPADOWYCH NA PRASY FILTRACYJNE

Streszczenie. Na podstawie testów filtracji ciśnieniowej prowadzonych w zakresie $\Delta P = 0.1 \div 1.1$ MPa dla nadaw na prasy filtracyjne I i II, oraz tych samych nadaw z dodatkiem flokulantu „CARBAFLOCK F-106” określono stałe równania filtracji i wyznaczono współczynniki ścisłości osadu. Określono doświadczalnie zmianę współczynnika ścisłości z dodatkiem flokulantu. Wykonano również szereg badań pomocniczych, wskazujących na trudną filtrowalność obydwu nadaw.

AN INFLUENCE OF THE FLOCCULENT „CARBAFLOCK F-106” ON FILTERABILITY OF TWO WASTE MATERIALS FEEDING THE FILTER- PRESS

Summary. On the basis of pressure filtration tests in the range $\Delta P = 0.1 \div 1.1$ MPa carried out for feeding materials for the filter-press I and II, and for the same feeding materials but with the addition of the flocculent „CARBAFLOCK F-106”, constants of filtration equations as well as compressibility coefficients of the filtration cake have been determined. A change of the compressibility coefficient in the case when the flocculent was added has been estimated experimentally. A few supportive experiments showing that the both tested materials were hard-to-filtered have been performed.

Wprowadzenie

Celem pracy było określenie wpływu flokulantu „CARBAFLOCK F-106” na stałe równania filtracji dla dwu zawiesin odpadowych kierowanych na prasy filtracyjne. Odwadnianie takich zawiesin jest bardzo trudne, a wynika to z bardzo małego uziarnienia ciała stałego w obydwu typach nadaw. W badaniach wykorzystano własne patenty Insytutu Inżynierii Che-

micznej i Procesowej dotyczące sposobu badania odwadniania zawiesiny ciała stałego w cieczy [1] przy użyciu testowego urządzenia do wyznaczania charakterystyk filtracji i współczynnika ściśliwości placka pofiltracyjnego [2].

Testom filtracji ciśnieniowej prowadzonym w zakresie $\Delta P = 0.1 \div 1.1$ MPa poddano następujące nadawy:

- nadawę pierwotną na prasy I,
- nadawę na prasy I z dodatkiem 10,25,50,100 g/m³ flokulantu „CARBAFLOCK F-106”,
- nadawę pierwotną na prasy II,
- nadawę na prasy II z dodatkiem 10,25,50,100,500 g/m³ flokulantu „CARBAFLOCK F-106”.

Flokulant ten używany jest w innych kopalniach, a idea badań sprostawała się do sprawdzenia, czy nadaje się on jako czynnik przyspieszający filtrację obydwu wspomnianych zawiesin.

Przeprowadzono również badania pomocnicze, w tym analizę ziarnową, testy sedymentacyjne, gęstość zawiesin, klarowność filtratu i wilgotności osadów, które pozwalają głębiej wnikać w mechanizm odwodnienia.

Badania wykonano przy użyciu tkaniny PP-2873 Polynowa i włókniny I/PE 5213 z biułą, które to przegrody dobrano na podstawie wcześniejszych badań prowadzonych z kopalnianymi produktami mułowymi oraz testów dla obydwu zawiesin [3÷8].

Sposób opracowania wyników badań

Testowy filtr ciśnieniowy [1] połączony z komputerem pozwala wyznaczać nie tylko ciągłą charakterystykę filtracji

$$V=f(\tau) \quad (1)$$

ale przeliczyć ją w trakcie doświadczeń na równanie:

$$\frac{V}{F} = K \frac{\tau}{V/F} + C \quad (2)$$

przy równoczesnym pomiarze ciśnienia w dnie tłoka.

Stała K stanowi o filtrowalności zawiesin, podczas której powstaje osad ściśliwy.

$$K = \frac{2\Delta P^{1-s}}{\alpha' \eta C_A} \quad (3)$$

przy czym zależność współczynnika oporu właściwego α od ciśnienia opisana jest wzorem Sperry'ego

$$\alpha = \alpha' \Delta P^s \quad (4)$$

Ponieważ koncentracja masowa ciała stałego w zawieszynie C_A wynosi:

$$C_A = \rho_z u_A \quad (5)$$

zaś testy filtracyjne mogą być prowadzone przy różnych ρ_z i u_A , zatem do wyznaczania współczynnika ściśliwości osadu s znacznie wygodniej jest użyć zmodyfikowanej stałej K' opisanej równaniem:

$$K' = K \rho_z u_A = \frac{2\Delta P^{1-s}}{\alpha' \eta} \quad (6)$$

Zgodnie z równaniem (2) dla $\Delta P = \text{idem}$ w zakresie, w którym spełnione są założenia teorii filtracji, uzyskuje się zależność liniową w układzie

$$V/F = f\left(\frac{\tau}{V/F}\right) \quad (7)$$

w której nachylenie prostej odpowiada

$$K = \text{tg } \beta \quad (8)$$

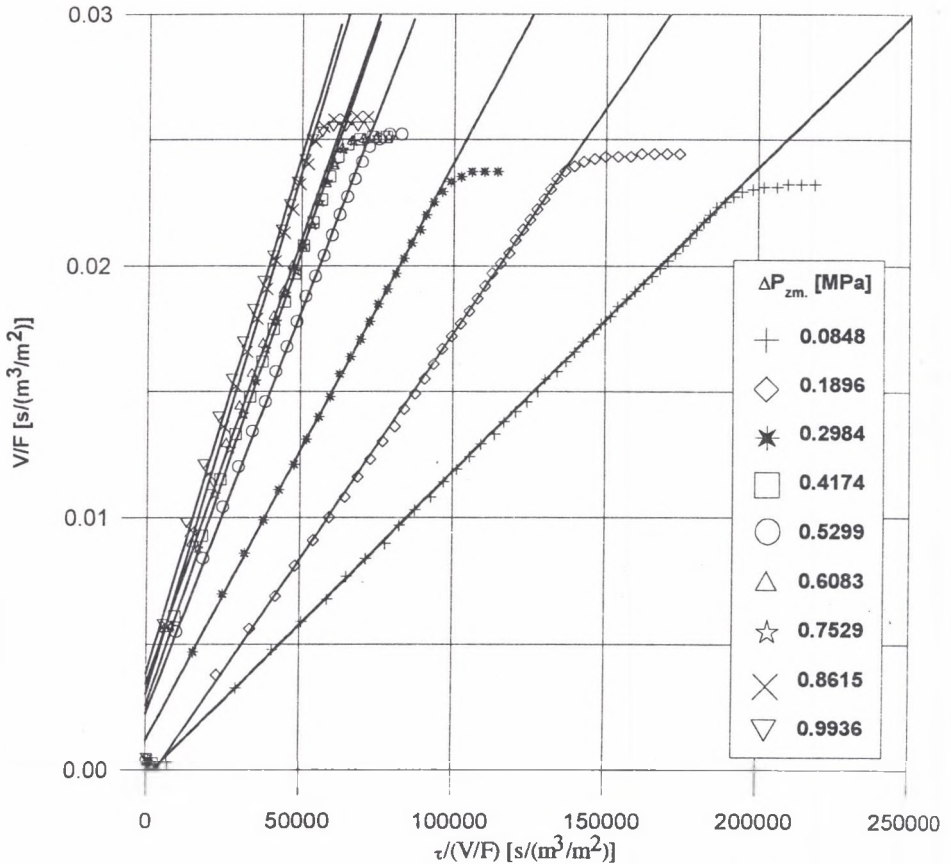
Przeliczając stałe K uzyskane dla różnych ΔP na wartości K' zgodnie z (6), w układzie podwójnie logarytmicznym

$$\log K' = f(\log \Delta P) \quad (9)$$

można oczekiwać liniowego przebiegu funkcji (9), przy czym nachylenie takiej linii odpowiada

$$1-s = \text{tg } \gamma \quad (10)$$

Ponieważ s jest parametrem czułym na dokładność metody, zatem o dokładności s stanowi nie tylko dokładność K' , ale również ilość takich stałych, wyznaczonych dla różnych ΔP . W niniejszych badaniach wartość s dla każdej z zawiesin oparto na 8÷9 pełnych testach filtracji ciśnieniowej.

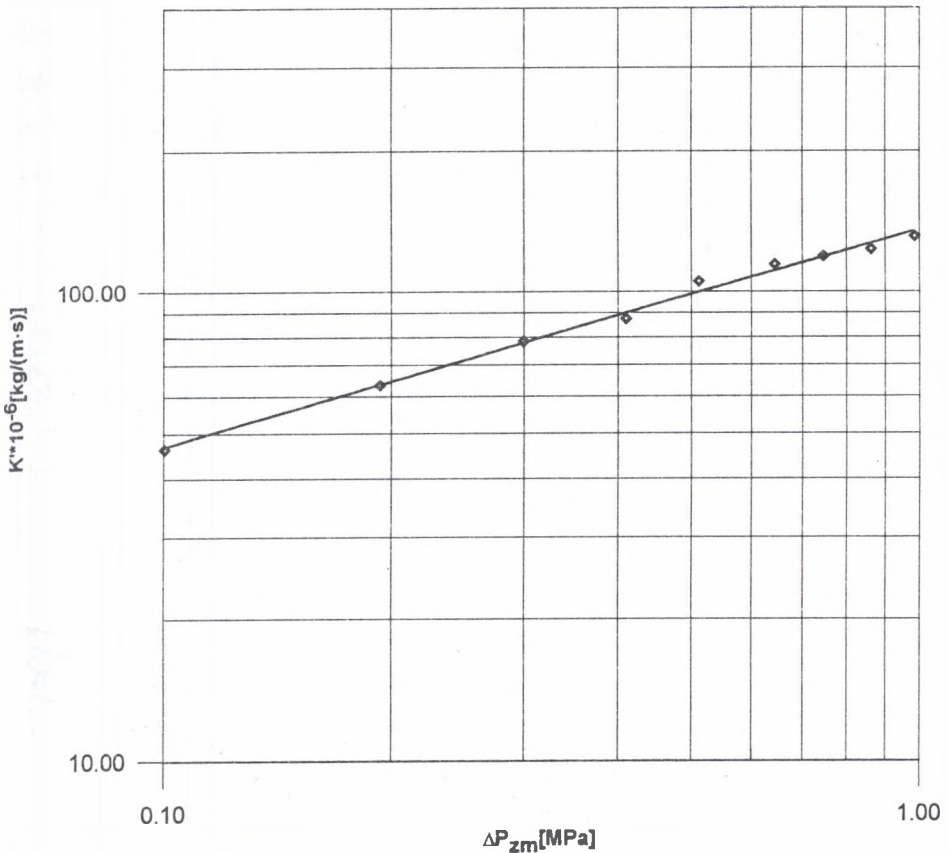


Rys.1. Przebieg filtracji ciśnieniowej zawiesiny I z flokulantem w ilości 25 g/m³ dla różnych ΔP_{zm}

Fig.1. A course of pressure filtration of the suspension I with the addition of 25 g/m³ of the flocculant and for various ΔP_{zm}

Pełny test obejmuje zakres filtracji, kompresji osadu i jego stabilizacji. Przykład zbioru charakterystyk (2) dla nadawy na prasy I z dodatkiem 25 g flokulantu „CARBAFLOCK F-106”/m³ nadawy pokazano na rys.1. Zakres filtracji odpowiada odcinkowi liniowemu charakterystyki, kompresji osadu - krzywoliniowemu, stabilizacji - linii poziomej. Dla każdej z badanych wykonano taki zbiór testów, a ich rezultatem było określenie dla każdego zbioru K wartości s - współczynnika ściśliwości osadu. Przykład przebiegu funkcji

$$\log K = A + (1-s) \log \Delta P \quad (11)$$



Rys. 2. Zależność $K' = f(\Delta P_{zm})$ dla zawiesiny II z dodatkiem flokulantu 25 g/m^3 o koncentracji $u_A = 0.3112 \text{ [kg/kg]}$

Fig. 2. A dependence of $K' = f(\Delta P_{zm})$ for the suspension II with the addition of 25 g/m^3 of the flocculent of the concentration $u_A = 0.3112 \text{ [kg/kg]}$.

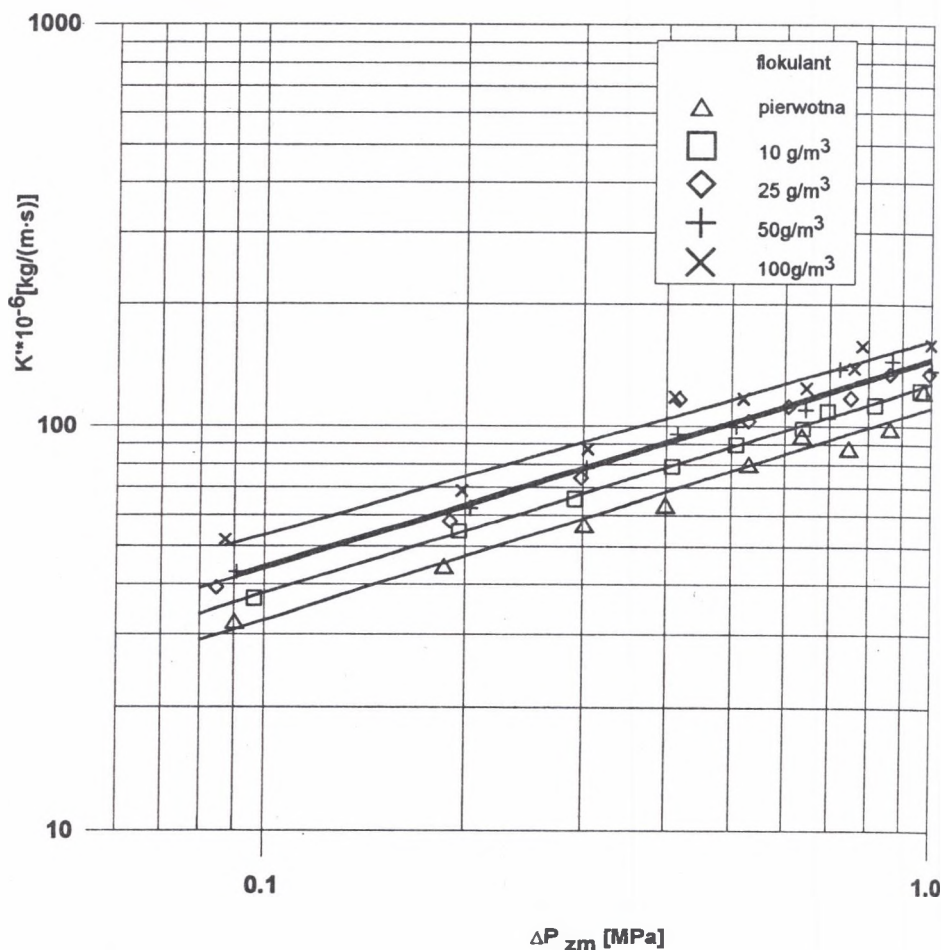
dla nadawy II z dodatkiem flokulantu 25 g/m^3 zamieszczono na rys.2. Pełny materiał pomiarowy znajduje się w niepublikowanej pracy [9]^{*}.

^{*} Autorzy publikacji pragną w tym miejscu podziękować mgr. inż. Katarzynie Marek za wyrażenie zgody na skorzystanie z wyników Jej pracy.

Opracowanie doświadczalnej zależności wpływu flokulantu „carba flock f-106” na filtrowalność badanych zawiesin

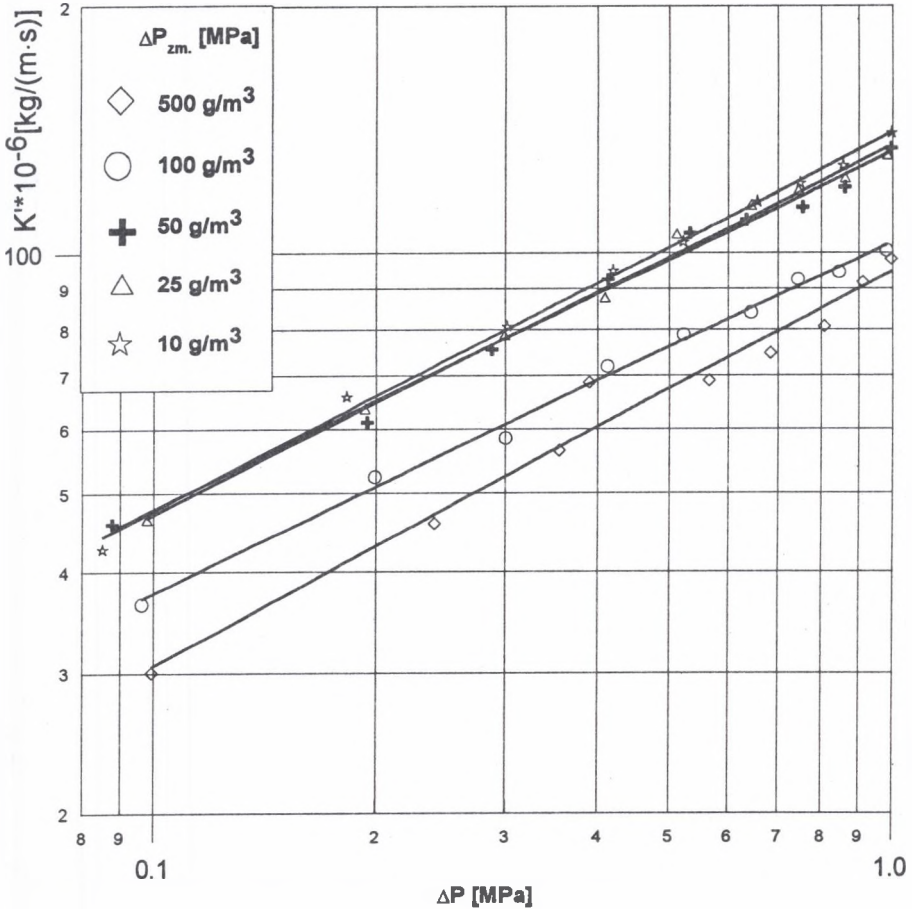
Na podstawie przeprowadzonych testów sporządzono zależność $K' = f(\Delta P)$ przy określonej ilości flokulantu „CARBAFLOCK F-106” dla nadawy na prasy I (rys.3) i II (rys.4). Stwierdzono, że dodatek flokulantu powoduje wzrost stałej K' , a więc przyspiesza filtrowalność obydwu zawiesin. Aby określić zmianę współczynnika ściśliwości osadu z dodatkiem flokulantu, sporządzono zależność (rys.5)

$$s = f(\text{stężenie flokulantu})$$

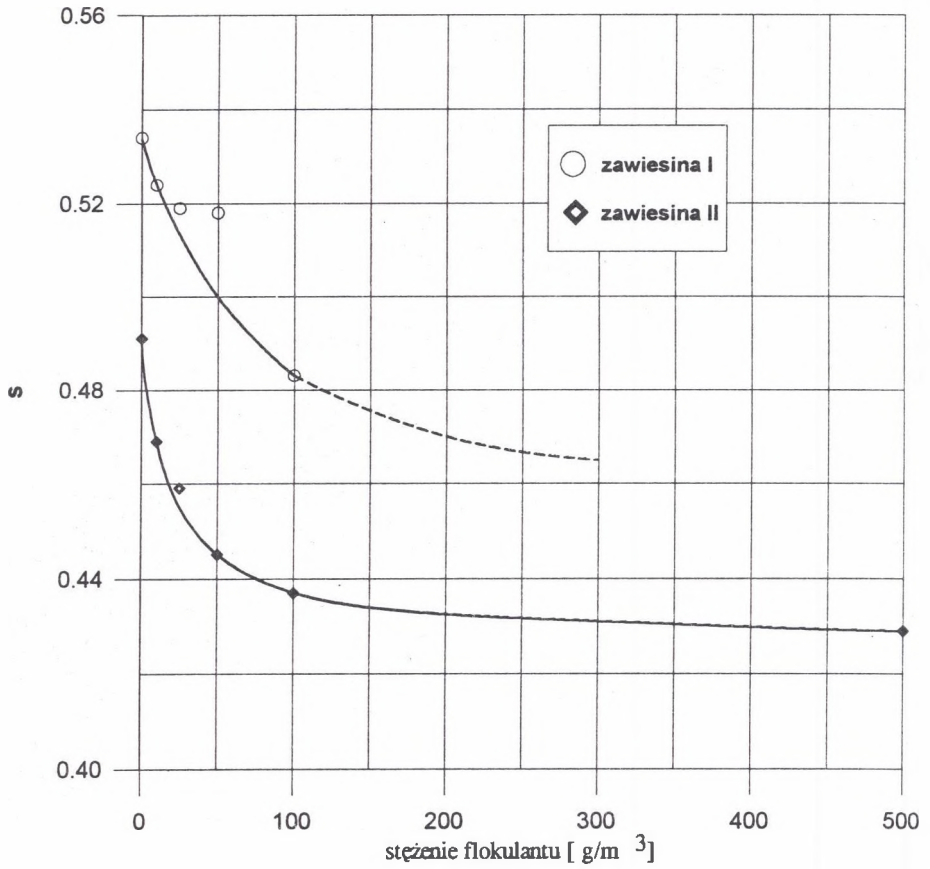


Rys. 3. Zależność stałej K' od wartości zmierzonej ciśnienia dla różnych stężeń flokulantu w zawieszynie I
Fig.3. The constant K' versus the pressure measured for various flocculent concentrations in the suspension I

którą przeniesiono na wykres w układzie podwójnie logarytmicznym (rys.6), w którym takie funkcje stają się w przybliżeniu liniowe. Z obydwu ostatnich wykresów wynika, że s maleje z dodawaniem flokulantu, a więc zachodzi mniejsza ściśliwość osadu, czyli przyspieszenie filtracji.

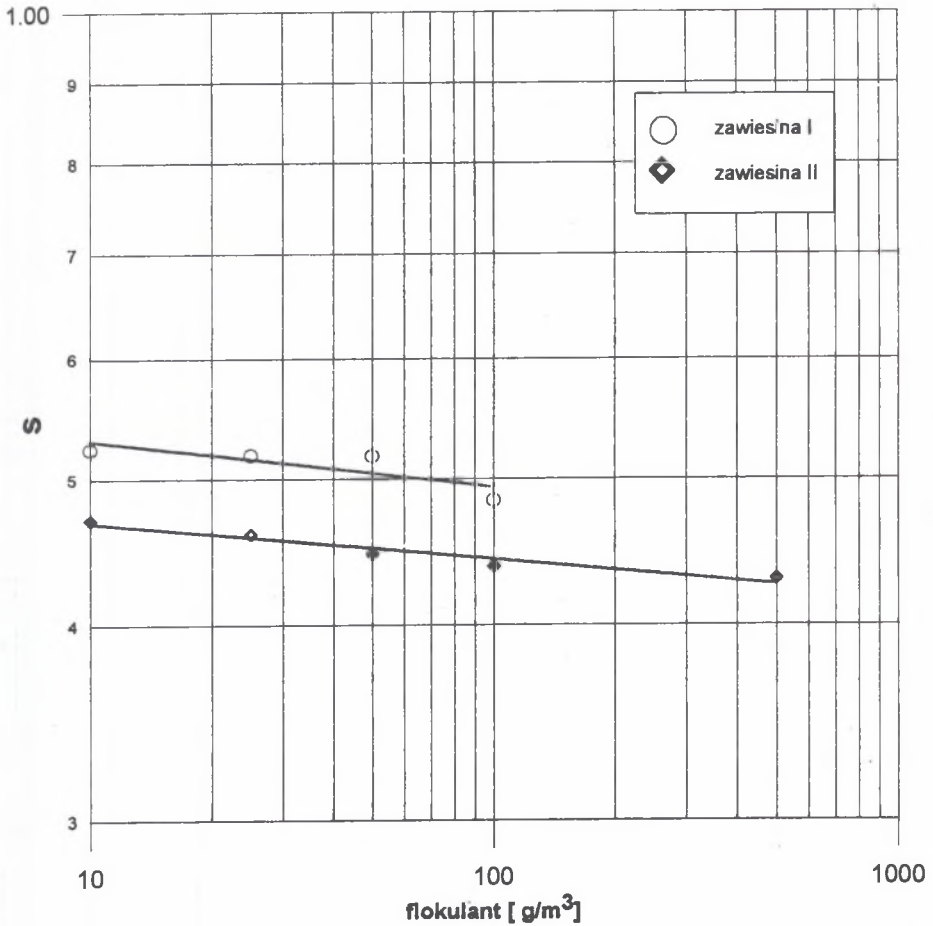


Rys. 4. Zależność stałej K' od ciśnienia dla różnych stężeń flokulantu w zawiesinie II
 Fig.4. The constant K' versus the pressure measured for various flocculent concentrations in the suspension II



Rys. 5. Zależność współczynnika ściśliwości od stężenia flokulantu dla zawiesin I i II

Fig.5. The compressibility coefficient versus flocculent concentrations for the suspensions I and II

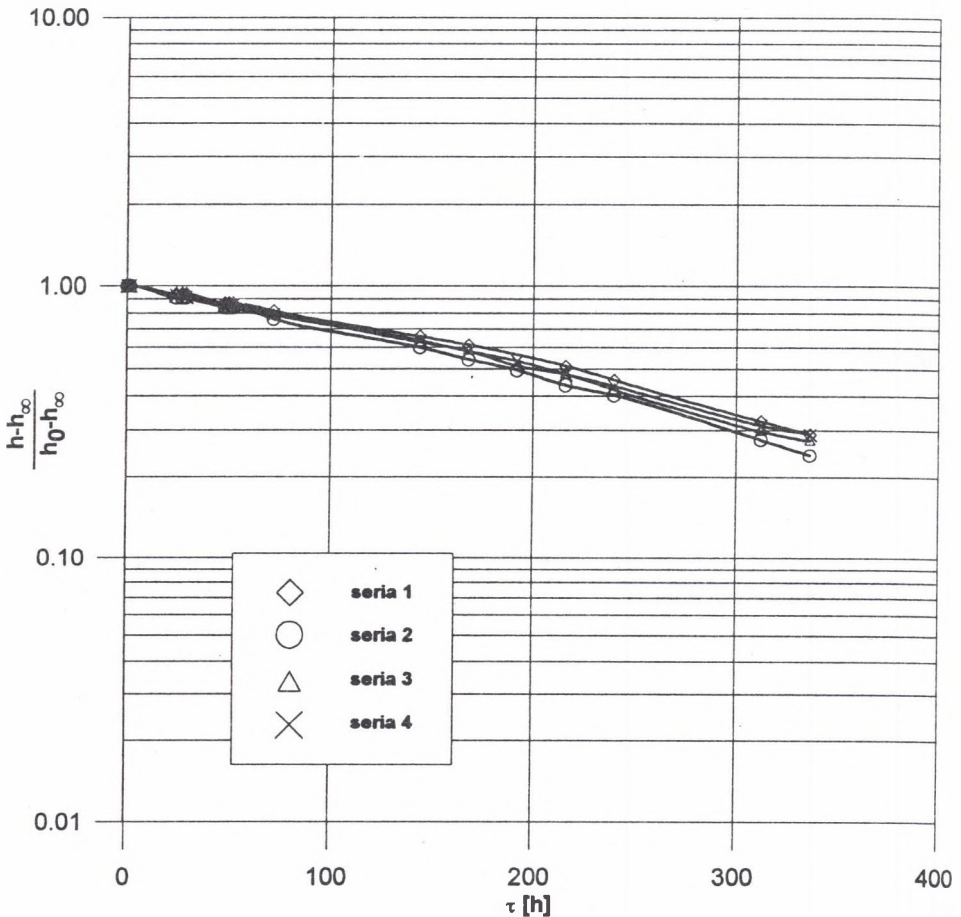


Rys. 6. Zależność współczynnika ściśliwości od stężenia flokulantu dla zawiesin I i II

Fig.6. The compressibility coefficient *versus* flocculent concentrations for the suspensions I and II

Wybrane badania pomocnicze

Dla obydwu zawiesin pierwotnych wykonano również testy sedymentacyjne. Przykład testu dla zawiesiny pierwotnej II opracowanej metodą FOUStA [10] pokazano na rys.7. Pomimo bardzo długiego czasu testów (ok. 330 godzin) nie stwierdzono wystąpienia czasu



Rys. 7. Krzywe sedymentacyjne FOUSTa dla zawiesiny II
 Fig.7. The FOUST's sedimentation curves for the suspension II

krytycznego sedymentacji. Potwierdzeniem przewidywanych trudności w filtracji takich zawiesin były analizy ziarnowe, które przeprowadzono na analizatorze laserowym ANALYSETTE 22 firmy FRITSCH.

W tabeli 1. zestawiono wybrane wyniki takich analiz dla obydwu nadaw pierwotnych i z dodatkiem flokulantu w ilości 50 g/m^3 .

Tabela 1

Zestawienie wyników analiz ziarnowych dla zawiesin I i II (pierwotnych) oraz z dodatkiem flokulantu w ilości 50 g/m³

Rodzaj zawiesiny	Zawiesina I pierwotna	Zawiesina I z dodatkiem flo- kulantu 50 g/m ³	Zawiesina II pierwotna	Zawiesina II z dodatkiem flo- kulantu 50 g/m ³
Udział	µm	µm	µm	µm
10 % <	0.61	0.90	1.40	36.13
20 % <	0.89	1.37	2.52	53.60
30 % <	1.16	1.83	4.23	64.28
40 % <	1.44	2.30	9.17	73.12
50 % <	1.74	2.82	25.45	82.04
60 % <	2.06	3.41	40.96	91.77
70 % <	2.44	4.11	61.77	103.00
80 % <	2.92	5.04	88.08	117.59
90 % <	3.61	6.51	125.82	142.23
95 % <	4.21	7.98	154.45	165.99
99 % <	5.41	11.03	203.91	224.40

Określono ponadto pH zawiesin. Stwierdzono, że dla obydwu zawiesin są one zbliżone (7.93 dla nadawy I i 8.16 dla nadawy II), a dodatek flokulantu nie wpływa na zmianę pH.

Zmienność gęstości zawiesin i udziału ciała stałego w zawiesinach w trakcie prowadzenia badań były pomijalne, choć parametry te były mierzone. Wynikało to z faktu pobierania zawiesin do badań z dużych pojemników, napełnionych losowo i mieszania ich wolnoobrotowym mieszadłem w mieszalniku, z którego pobierano próbki do napełniania filtru testowego.

Dla dobranych w badaniach wstępnych przegród filtracyjnych we wszystkich przypadkach uzyskano klarowny przesącz (o zawartości ciała stałego rzędu 0.2%). W badaniach stosowano standardowe metody oznaczania gęstości, udziału masowego, wilgotności osadów i klarowności filtratu.

Podsumowanie i wnioski

1. Nadawy na prasy I i II należą do bardzo trudno filtrowalnych. Świadczą o tym niskie wartości K i K'.

2. Zdecydowanie gorzej filtruje się zawiesina I, pomimo że współczynniki ściśliwości dla obydwu zawiesin niewiele się różnią.
3. Potwierdzeniem obserwacji o trudnościach w filtracji obydwu zawiesin są testy sedymentacyjne i analizy ziarnowe.
4. Dodatek flokulantu „CARBAFLOCK F-106” poprawia filtrowalność zawiesin (podwyższa stałą K i K' filtracji) i obniża współczynnik ściśliwości osadu.
5. Uzyskane osady pofiltracyjne charakteryzowały się wilgotnością rzędu 21÷27%, zależnie od ciśnienia filtracji. Z dużym prawdopodobieństwem można przewidywać, że użycie przedmuchu tych osadów znacząco obniży ich wilgotność.
6. Zawiesiny filtrują się zgodnie z założeniami klasycznej teorii filtracji, tzn. zachodzi filtracja z tworzeniem osadu ściśliwego. Do opisu współczynnika ściśliwości bardzo dobrze nadają się zależności Sperry'ego.
7. Zdaniem autorów, należy poszukiwać odpowiedniego flokulantu indywidualnie dla każdej z badanych zawiesin.
8. Przedawkowanie ilości flokulantu (użycie 500 g/m³ „CARBAFLOCK F-106” dla zawiesiny I) powoduje powstanie zbyt rozbudowanej struktury przestrzennej, z której usunięcie wilgoci jest bardzo trudne. Jedynie bowiem dla tego przypadku nie przeprowadzono kompletu testów filtracji ciśnieniowej, ponieważ charakterystyki (2) stawały się nieregularne i określenie odcinka prostoliniowego takiej charakterystyki było dyskusyjne. Stąd nie przeprowadzono testów dla dodatku 500 g/m³ „CARBAFLOCK F-106” do zawiesiny II.
9. Znalezienie odpowiednich flokulantów do nadaw odpadowych na prasy filtracyjne rokuje dobre nadzieje na poprawę własności filtracyjnych takich nadaw, a więc na rozwiązanie problemu ich odwadniania. Wymaga to jednak kontynuowania badań.

LITERATURA

1. W. Mróz, M. Palica, J. Zabłocki: Patent PL – 52357.
2. W. Mróz, M. Palica, J. Zabłocki: Patent PL – 170504.
3. M. Palica, J. Raczek: Inż. Ap. Chem. , 1, 15 (1994).
4. M. Palica, A. Dynda: Karbo - Energochem. - Ekol. , 6, 209 (1996).
5. M. Palica, A. Dynda: Karbo - Energochem. - Ekol. , 7, 233 (1996).

6. M. Palica, J. Kocurek: Zesz. Nauk. Pol. Łódz. , **21**, 157 (1997).
7. M. Palica, G. Dzido: Karbo - Energochem. - Ekol. , **5**, 187 (1997).
8. M. Palica: Karbo - Energochem. - Ekol. , **11**, 355 (1997).
9. K. Marek: Wpływ flokulantu „FLOTNIK” na filtrowalność wybranych mułów kopalnianych, Praca dypl. mag. Inst. Inż. Chem i Proc. Pol. Śl., Gliwice 1998 (praca niepublikowana).
10. J. Bandrowski, H. Merta, J. Ziolo: Sedymentacja zawiesin. Zasady i projektowanie. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 1995.

Abstract

The aim of the experiments carried out by means of the pressure test filter in the range of $\Delta P = 0.1 \div 1.1$ MPa was the determination of filtration constants and the cake compressibility coefficient for suspensions with and without the addition of the flocculent „CARBAFLOCK F-106”, for two waste materials feeding the filter-press. In the case of the first suspension, 4 additives of the flocculent equal to 10,25,50,100 g/m³, while for the second one additionally the additive equal to 500 g/m³ were used.

Each of experimental run consisted of 8 ÷ 9 full tests (filtration characteristics). These runs were the basis (for suspensions with and without the flocculent „CARBAFLOCK F-106”) for the determination of the cake compressibility coefficient s . It was stated that an increase of the amount of the flocculent caused an increase of the filtration constant K in the filtration equation

$$\frac{V}{F} = K \frac{\tau}{V/F} + C$$

thus accelerating the filtration. A change of s caused by the change of the amount of the flocculent used has been also determined. It has been shown experimentally that both suspensions were very hard-to-filtered, which was connected mainly with the specific PSD. For some flocculent dosages the empirical equations describing the final cake moisture content as a function of the filtration pressure have been found. Additionally the selected sedimentation tests have

been performed in which after 400 hrs did not appear the critical sedimentation time in the FOUST and ROBERTS plots, thus supporting the statement that the tested suspensions were hard-to-filtered.