

Periodyczna filtracja wirowa zawiesiny zrzutowej po wirówkach BIRD'a, zawierającej dodatek flokulantu Magnaflog 336

*Michał Palica, Karolina Pęczek, Łukasz Kurowski, Jan Niemirowski
Politechnika Śląska, Gliwice*

1. Wprowadzenie

W artykule dot. filtracji ciśnieniowej [1] stwierdzono, że wskazaną tkaniną do prowadzenia separacji fazowej zawiesiny zrzutowej jest aktualnie używana w Zakładzie Przeróbczym na prasach tkanina PT-912. Ponieważ nie istniały przesłanki, że podczas periodycznej filtracji wirowej należałoby zastosować inną tkaninę, również w opisywanych tu badaniach użyto tkaniny PT-912, z której łatwo można zdejmować placek, a która ma nie tylko relatywnie mały opór hydrauliczny i zapewnia klarowny filtrat, ale charakteryzuje się też dobrymi parametrami mechanicznymi, odpornością chemiczną i możliwością wielokrotnego użycia. Celem niniejszego fragmentu badań było stwierdzenie, czy podczas periodycznej filtracji wirowej zawiesiny zrzutowej przy odpowiednio długich czasach wirowania [13] i przy stosowanych w praktyce przemysłowej simpleksach przyspieszeń (a/g) można uzyskać głębsze odwodnienie, niż podczas filtracji ciśnieniowej, jak również wykazanie, czy dodatek flokulantu Magnaflog 336 [2÷4] w ilości 1 [g/m^3 zaw.] (4 [$mg/4 dm^3$ zaw.] [1]) korzystnie wpływa na głębokość odwodnienia. Zawiesinę zrzutową stanowi ciecz odbierana z wirówki BIRD'a, przy czym do pierwotnej zawiesiny poflotacyjnej dodawany jest flokulantu w ilości 1,5 [g substancji suchej/ $1 m^3$ zawiesiny]. Zatem w niniejszych badaniach do zawiesiny zrzutowej dodawano powtórnie ten sam flokulantu w ilości 1 [g/m^3 zawiesiny]. Używana w Zakładzie Przeróbczym wirówka BIRD'a jest wirówką sedymentacyjną, zapewniającą uzyskanie simpleksu przyspieszeń $a/g = 1118$. Przemysłowe wirówki filtracyjne używane są w zakresie $a/g = 800\div 1000$ [12], zatem planowane badania przewidziano dla znacząco szerszego zakresu a/g , w którym zawierają się zalecane wartości $a/g =$

800÷1118. Należy tu podkreślić, że zasada działania wirówki sedymentacyjnej jest nieco inna, niż filtracyjnej, bowiem po sedymentacji wirowej odprowadzana jest zawiesina zrzutowa (tzw. sediment), zawierająca najdrobniejsze (mikro-nowe) frakcje ciała stałego, natomiast po filtracji wirowej przesącz praktycznie nie zawiera takich frakcji i można go przyjąć jako klarowny.

Opis idei działania dekanterów wirowych podano w [5]. Użycie takich dekanterów, najbardziej efektywnych urządzeń do odwadniania zawiesin o relatywnie niskich koncentracjach ciała stałego, powoduje, że w odprowadzonym i zawracanym powtórnie do obiegu przesączu narasta ilość najdrobniejszych ziaren ciała stałego, które bardzo trudno można oddzielić od cieczy. Ponadto zmusza to użytkowników takiego systemu odwadniania do okresowej wymiany cieczy obiegowej tylko z tego powodu, że nie jest ona w pełni klarowna. Natomiast tych najdrobniejszych frakcji wielokrotnie mniej występuje w filtracie po wirówkach filtracyjnych, dzięki czemu filtrat taki może na powrót być zawracany do obiegu, a jedynym uzupełnieniem cieczy obiegowej jest filtrat zawarty w osadzie pofiltracyjnym. Zatem użycie wirówek filtracyjnych ma uzasadnienie techniczne, jednak ze względu na dużą ilość takich wirówek (wynikającą z dużych strumieni zawiesin zrzutowych) oraz wysokie koszty jednostkowe wirówek rozwiązanie takie jest bardzo drogie inwestycyjnie. Istnieją jednak sposoby, by te koszty zmniejszyć, ograniczając liczbę wirówek w układzie odwadniającym. Jednym z nich jest kierowanie odsąca na odstojniki i filtracja wirowa zagęszczonej zawiesiny w znacznie mniejszych ilościach (ciecz klarowna byłaby kierowana powtórnie do obiegu). Innym, ciekawym rozwiązaniem, byłoby modyfikowanie składu ziarnowego w zawieszynie podekantacyjnej. Istnieją tu dwa sposoby takiej modyfikacji: tworzenie aglomeratów ziaren wskutek deponowania zawiesin i flokulacja, bowiem zarówno aglomeracja jak i flokulacja powodują powstawanie większych cząstek ciała stałego w zawieszinach, które wtedy znacznie łatwiej jest filtrować.

Wreszcie można też zaproponować sposoby kombinowane, np. kierowanie zawiesiny podekantacyjnej na dodatkowy odstojnik, dodanie do zawiesiny flokulantu, deponowanie zawiesiny w odstojniku i poddawanie filtracji wirowej zagęszczonej zawiesiny o większych ziarnach ciała stałego, niż pierwotna zawiesina zrzutowa.

Pewnym wariantem takiej metody kombinowanej mogłoby być podawanie zawiesiny zagęszczonej o większych ziarnach na powrót do obiegu zawiesiny kierowanej na wirówki dekantacyjne BIRD'a. Każdy z zaproponowanych tu wariantów wymagałby sprawdzenia doświadczalnego.

2. Cel i zakres badań periodycznej filtracji wirowej

Celem badań było przeprowadzenie testów periodycznej filtracji wirowej zawiesiny zrzutowej z dekantera wirowego BIRD'a, charakteryzującej się drobnym uziarnieniem bez i z dodatkiem fokulantu Magnaflog 336 oraz zebranie dodatkowych informacji związanych ze zmianą wybranych właściwości fizycznych z czasem. Rezultaty testów, przeprowadzonych w zakresie $a/g = 251,3 \div 1786,8$ i czasów wirowania $\tau = 240 \div 1800$ s, zdecydowano opracować w postaci funkcji sprawdzonej dla odwadniania zawiesin flotokonzentratów węgla kamiennego m.in. w [2], [4], [6] i [7]:

$$w_{pl} = \exp \left[A \left(\frac{a}{g} \right)^B \tau^C \right] + D \quad (1)$$

Zdecydowano również, by ilość dodawanego do zawiesiny flokulantu była nieco mniejsza, niż zalecana w [2] i przez [4], a to ze względu na rezultaty badań dotyczące filtracji ciśnieniowej [1], z których wynika, że zmiana własności filtracyjnych zawiesiny dla ilości flokulantu przekraczającej ok. $1,5 \text{ [g/m}^3 \text{ zaw.]}$ jest nieznaczna. Informacjami dodatkowymi, które mogłyby potwierdzić m.in. wnioski zamieszczone w [5], były testy sedymentacyjne [8] i analizy ziarnowe. Zwłaszcza te ostatnie, dokonywane w określonych odstępach czasu od momentu pobrania próbek z obiegu, mogły udowodnić, że na skład ziarnowy separowanej zawiesiny ma wpływ zarówno czas deponowania, jak i ilość dodawanego flokulantu Magnaflog 336. Właściwości fizyczne zawiesiny poddawanej rozdzielowi, a więc gęstość zawiesiny ρ_z , gęstość filtratu ρ_f , gęstość ciała stałego ρ_s , wilgotność osadu po wirowaniu w_k , zawartość soli w filtracie u_s , wysokość strefy klarownej po sedymentacji h i niektóre inne, niezbędne w obliczeniach wielkości, wyznaczano sposobami opisanymi we wcześniejszych pracach, m.in. w [2] i [5].

3. Wyniki badań i obliczeń

Rezultaty badań zebrano w tabelach pomiarowo-obliczeniowych, zawierających częstość obrotów, simpleks przyspieszeń, czas wirowania, grubość osadu, ilość filtratu, wilgotność osadu i udział masowy ciała stałego w filtracie. Cztery ostatnie wielkości oznaczano niezależnie w każdym z wkładów wirówki, przy czym do analizy użyto trzech najbardziej zbliżonych.

Przykład zbioru danych liczbowych dla liczby obrotów wirówki 3500 [1/min] (co odpowiada $a/g = 1368$) zamieszczono w tabeli 1, przy czym wartości w_{pl}^* obliczano zależnością:

$$w_{pl}^* = \frac{w_{pl}}{1 - w_{pl} \frac{u_s}{1 - u_s}} \quad (2)$$

Tabela 1. Przykład tabeli pomiarowo-obliczeniowej testów filtracji wirowej zawiesiny bez flokulantu dla $(a/g) = 1368$

Table 1. Example of measurement and calculation table of centrifugal filtration tests of suspension without flocculent for $(a/g) = 1368$

Nr testu	Czas wirowania τ [s]	Grubość placka $s \cdot 10^3$ [m]	Ilość filtratu [cm ³]	Wilgotność placka w_{pl} [kg/kg]	Skorygowana wilg. placka w_{pl}^* [kg/kg]	Udział masy soli w filtracie u_s [kg/kg]
1	240	2,7	51,0	0,43596	0,43674	0,0041
		2,5	52,0	0,43686	0,43765	0,0041
		2,3	50,0	0,43698	0,43771	0,0038
		średnia	51,0	0,43660	0,43740	0,0040
2	420	2,5	55,0	0,42966	0,43044	0,0042
		2,2	54,0	0,43016	0,43010	0,0044
		2,3	53,0	0,42928	0,43023	0,0051
		średnia	54,0	0,42970	0,43030	0,0046
3	600	1,5	55,0	0,41871	0,41963	0,0052
		1,7	52,0	0,41796	0,41875	0,0045
		1,5	51,0	0,41823	0,41897	0,0042
		średnia	52,7	0,41830	0,41910	0,0046
4	900	1,5	47,5	0,40592	0,40655	0,0038
		1,7	48,0	0,40599	0,40664	0,0039
		1,5	47,5	0,40609	0,40695	0,0041
		średnia	47,7	0,40600	0,40670	0,0039
5	1200	2,2	46,5	0,39415	0,39484	0,0044
		2,2	48,0	0,39408	0,39478	0,0045
		2,3	47,0	0,39407	0,39482	0,0048
		średnia	47,2	0,39410	0,39480	0,0046
6	1500	2,0	54,0	0,38407	0,38473	0,0045
		2,3	51,0	0,38411	0,38482	0,0048
		1,9	49,5	0,38412	0,38482	0,0047
		średnia	51,5	0,38410	0,38480	0,0047
7	1800	1,9	52,0	0,37511	0,37569	0,0041
		2,0	51,0	0,37520	0,37572	0,0037
		2,0	52,0	0,37530	0,37584	0,0038
		średnia	51,7	0,37520	0,37570	0,0039

Testy takie przeprowadzono dla $a/g = 251.3, 446.7, 698, 1005, 1368$ i 1786.8 i siedmiu czasów wirowania w zakresie $240 \div 1800$ s. Uśrednione wartości w_{pl} dla określonych τ i (a/g) (odrębnie dla zawiesiny bez flokulantu i dla zawiesiny zawierającej ok. $1 \text{ [g/m}^3 \text{ zaw.]}$ flokulantu Magnaflog 336) użyto do wyrównania zależności (1), zaś rezultaty tych obliczeń (stałe i wykładniki) zestawiono w tabeli 2. Wysokie wartości R uzyskane podczas wyrównywania danych zależnością (1) dla obydwu zawiesin świadczą, że postać tej funkcji w zakresie zmienności parametrów ruchowych wirówki filtracyjnej została dobrana poprawnie, a potwierdzeniem tego są rysunki 1 i 2 dla zawiesiny bez flokulantu i z dodatkiem flokulantu. Można z nich odczytać, że najgłębsze odwodnienie zawiesiny zawierającej ok. $0,045 \text{ [kg ciała stałego/kg zawiesiny]}$ można osiągnąć dla najwyższych (a/g) i τ stosowanych w badaniach, a wilgotność placków wynosi wówczas ok. $37,2 \div 37,6\%$ (dla zawiesiny bez i z dodatkiem flokulantu).

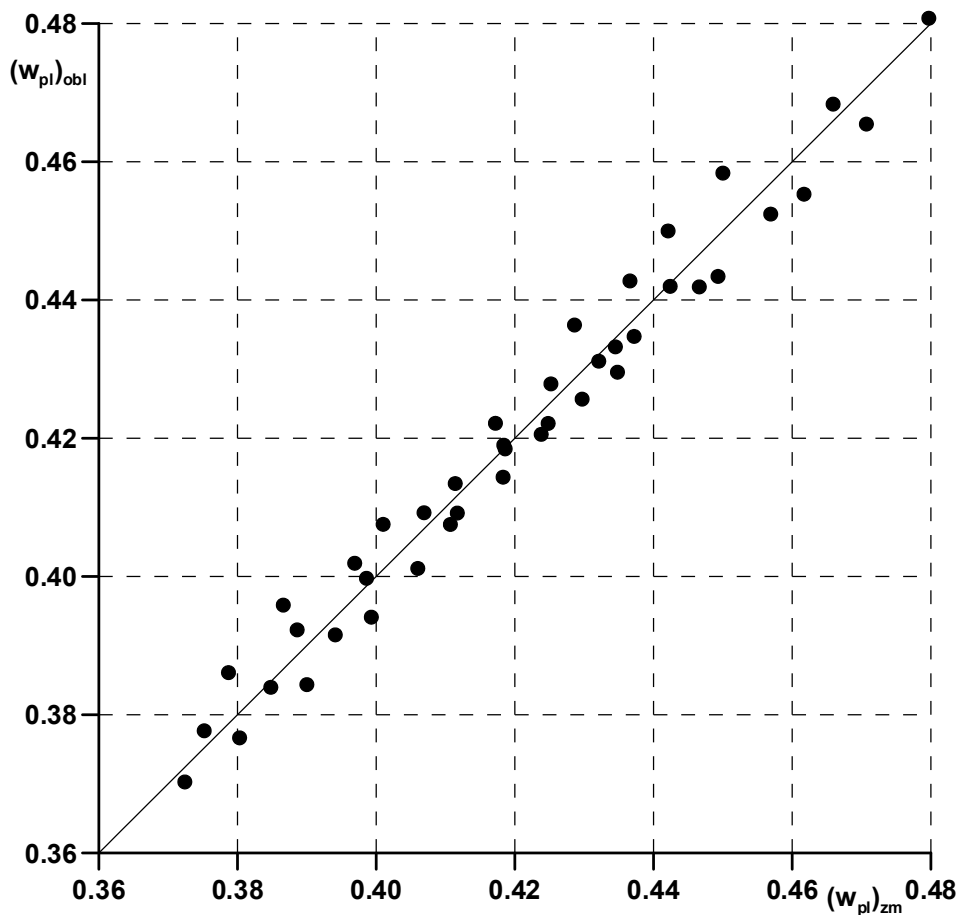
Tabela 2. Zestawienie współczynników liczbowych funkcji

$$w_{pl} = f\left(\frac{a}{g}, \tau\right) = \exp\left[A\left(\frac{a}{g}\right)^B \tau^C\right] + D \quad \text{dla zawiesiny bez i z dodatkiem flokulantu}$$

Magnaflog 336 w ilości ok. $1 \text{ [g/m}^3 \text{ zawiesiny]}$

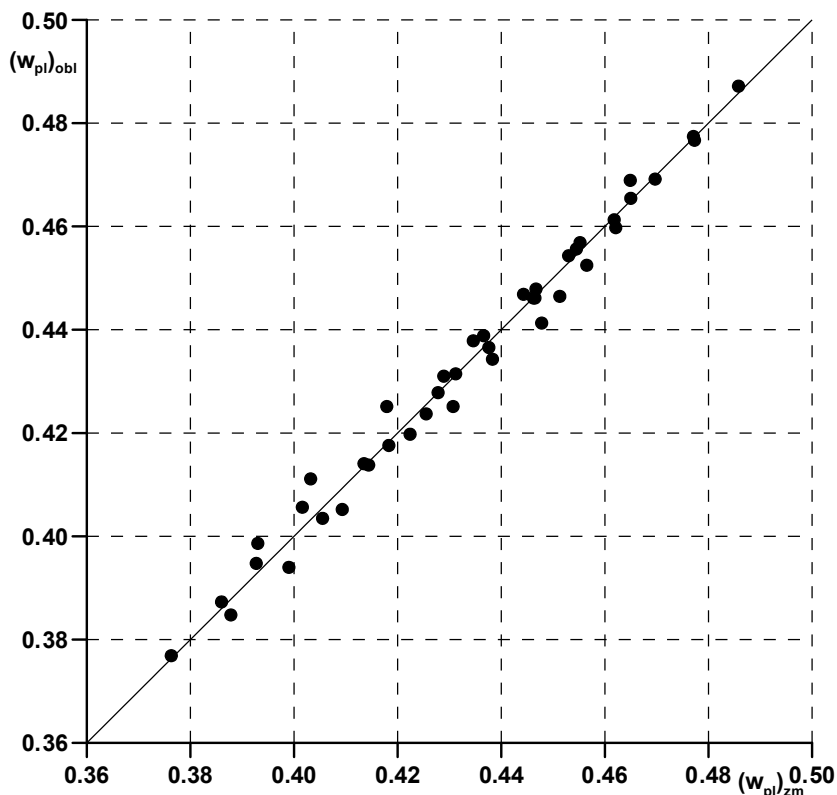
Table 2. List of numerical coefficients of function $w_{pl} = f\left(\frac{a}{g}, \tau\right) = \exp\left[A\left(\frac{a}{g}\right)^B \tau^C\right] + D$ for suspension with and without addition of magnaflog 336 flocculent in dose $1 \text{ [g/m}^3 \text{ of suspension]}$

Parametr	A	B	C	D	n	R
Zawiesina						
bez flokulantu	- 0,8761	0,09698	0,1223	- 0,2655	42	0,9860
z flokulantem	- 0,003598	0,2527	0,2783	- 0,4482	42	0,9932



Rys. 1. Porównanie zmierzonych i obliczonych zależnością (1) wartości w_{pl} dla zawiesiny nie zawierającej flokulantu

Fig. 1. Comparison of w_{pl} values for suspension without flocculent measured and calculated using eq. (1)



Rys. 2. Porównanie zmierzonych i obliczonych zależnością (1) wartości w_{pl} dla zawiesiny zawierającej ok. 1 [g flokulantu Magnaflog 336/m³ zawiesiny]
Fig. 2. Comparison of w_{pl} values for suspension with 1 g of Magnaflog 336 flocculent per m³ of suspension measured and calculated using eq. (1)

Bardzo ciekawych danych dostarcza tabela 3, w której podano niektóre informacje związane ze składem ziarnowym dwu zawiesin świeżych, zawiesin deponowanych oraz zawierających dodatek flokulantu w ilości ok. 1 [g/m³ zawiesiny]. Analiza tych danych w większości przypadków wskazuje, że wzrost czasu deponowania zawiesin zmniejsza ilość drobnych ziaren, co wiąże się ze wzrostem średniej arytmetycznej średnicy ziaren. Również dodanie flokulantu powoduje aglomerację cząstek ciała stałego, co w konsekwencji wiąże się z łatwiejszą, w stosunku do zawiesiny bez flokulantu, filtracją. Należy tu jednak zaznaczyć, że w tendencjach tych pojawiały się wyjątki, które nie stosowały się do podanej reguły, a ich przyczyną mogło być zbyt intensywne mieszanie zawiesin w mieszalniku przed pobraniem próbek do analizy ziarnowej. Pełne dane związane z badaniami uziarnienia znajdują się w [6], [9] i [10].

Tabela 3. Zmiana uziarnienia zawiesiny zrzutowej z czasem i po dodaniu flokulantu Magnaflog 336 w ilości ok. 1 [g/m³ zawiesiny]

Table 3. Changes of dump suspension granulation along with the time and after addition of Magnaflog 336 flocculent in dose 1 [g/m³ of suspension]

Rodzaj zawiesiny	Ilość ziaren o średnicy w [%]				(d _{sr}) _{arytm.} [μm]	Pow. rozw. [m ² /cm ³]
	<1[μm]	<5[μm]	<10[μm]	<20[μm]		
Zawiesina I świeża	3,94	53,07	93,95	100,00	5,070	1,89
Zawiesina I po 1 tygodniu stabilizacji	2,17	42,66	68,33	95,41	8,322	1,35
Zawiesina I po 2 tygodniach stabilizacji	2,38	33,08	64,79	96,69	8,423	1,35
Zawiesina I po 5 tygodniach stabilizacji	3,92	27,16	48,67	89,93	9,026	1,34
Zawiesina II świeża	4,51	45,07	87,57	100,00	5,803	1,85
Zawiesina II po 2 tygodniach stabilizacji	3,34	29,96	58,57	91,77	9,748	1,35
Zawiesina II po 6 tygodniach stabilizacji	1,89	22,60	46,10	79,84	12,660	1,07
Zawiesina II po 2 tygodniach stabilizacji z dodatkiem flokulantu Magnaflog 336	2,06	29,86	48,63	82,87	11,806	1,13

Wśród badań dodatkowych były również testy sedymentacyjne, prowadzone w trzech cylindrach o średnicy 30 [mm] i w trzech o średnicy 35 [mm] i wysokości czynnej $h_0 = 700$ [mm]. Wykazały one, że punkt krytyczny sedymentacji osiągany jest dla zawiesiny bez flokulantu po upływie czasu ponad 18000 [s], natomiast dla zawierającej flokulant po czasie nieco krótszym. Przykład przebiegu krzywej sedymentacyjnej w układzie Fausta [8] pokazano na rys. 3 dla zawiesiny II z flokulantem, a skonstruowano go w oparciu o dane pomiarowe zamieszczone w tabeli 4.

Ponieważ równocześnie zachodzi aglomeracja cząstek ciała stałego w wyniku zagęszczania strefy osadu, zmian składu ziarnowego nie można przypisać wyłącznie działaniu flokulantu. Istotne natomiast jest, że po upływie ok. 120 [min] (7200 [s]) granica mętności znacząco się obniża, a ciecz klarowna zawiera minimalną ilość ciała stałego. Można bezpiecznie przyjąć, że poziom granicy mętności opada w tym czasie co najmniej 5-krotnie. W związku z tym, gdyby poddać filtracji szlam posedymentacyjny, zamiast jak w zawieszynie pierwotnej mieć udział ciała stałego $u_z \approx 0,045$, miałby on udział u'_z , który można obliczyć następująco ([11]):

$$u'_z = \frac{1 - w_{pl}}{1 + \frac{1 - w_{pl}}{k} \frac{G_f}{G_s}} \quad (3)$$

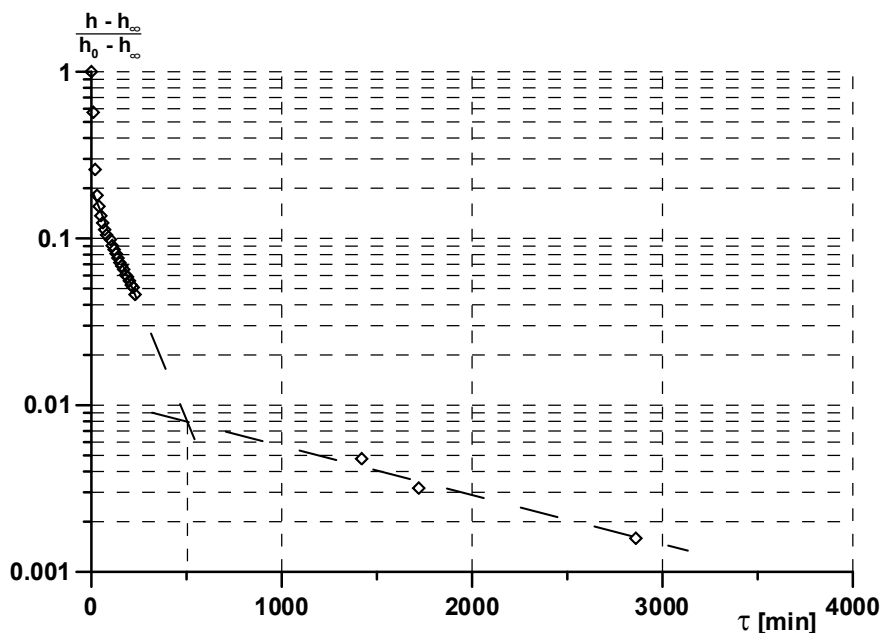
gdzie:

k – krotność zmniejszania ilości zawiesiny zagęszczonej (szlamu) poddawanej rozdzielaniu.

Tabela 4. Zestawienie wyników testów sedimentacyjnych dla zawiesiny zawierającej flokulant Magnaflog 336 w ilości ok. 1 [g/m³ zawiesiny] – przykład

Table 4. Results of sedimentation tests for suspension containing Magnaflog 336 flocculent in dose 1 [g/m³ of suspension] – example

Czas τ [min]	$\ln \frac{h - h_{\infty}}{h_0 - h_{\infty}}$	h [mm]
0	1,000000	700
10	0,570747	430
20	0,259141	234
30	0,181240	185
40	0,155803	169
50	0,136725	157
60	0,124006	149
70	0,112878	142
80	0,104928	137
100	0,098569	133
110	0,090620	128
120	0,085851	125
130	0,081081	122
140	0,076312	119
150	0,071542	116
160	0,068362	114
170	0,065183	112
180	0,060413	109
190	0,058824	108
200	0,055644	106
210	0,052464	104
220	0,050874	103
230	0,046105	100
1420	0,004769	74
1720	0,003180	73
2860	0,001590	72
3160	0,000000	71



Rys. 3. Zredukowana charakterystyka sedymentacji zawiesiny z dodatkiem flokulantu Magnaflog 336 w ilości ok. 1 [g/m³ zawiesiny]

Fig. 3. Reduced characteristics of sedimentation of suspension with addition of Magnaflog 336 flocculent in dose 1 [g/m³ of suspension]

Zależność ta wynika z przekształcenia wzoru na G_f/G_s zamieszczonego w [11]. Ponieważ po odprowadzeniu cieczy klarownej powstałej podczas sedymentacji w pozostałej zawartości zawiesiny ilość ciała stałego się nie zmienia, można oszacować, jaki będzie udział masowy ciała stałego w zawieszynie zagęszczonej. Korzystając z zależności [11]:

$$\frac{G_f}{G_s} = \frac{1}{u_z} - \frac{1}{1 - w_{pl}} \quad (4)$$

dla $u_z \approx 0,045$ i $w_{pl} \approx 0,40$ wartość G_f/G_s wyniesie $G_f/G_s = 20,55$.

Podstawiając w zależności (3) $k = 5$ oraz wyliczoną wartość G_f/G_s uzyskuje się:

$$u'_z = \frac{1 - 0,4}{1 + \frac{1 - 0,4}{5} \cdot 20,55} \approx 0,173 \left[\frac{\text{kg c. st.}}{\text{kg zaw.}} \right]$$

Wynika stąd, że odstanie zawiesiny na ok. 2 godz. pozwala zmniejszyć jej ilość co najmniej 5-krotnie, natomiast powstały szlam zagęszczony będzie miał zamiast $u_z \approx 0,045$ [kg c. st./kg zaw.] udział masowy $u'_z = 0,173$ [kg c. st./kg zaw.]. Szlam taki łatwiej ulega aglomeracji i działaniu flokulantu, a także znacznie łatwiej go filtrować.

Testy filtracji wirowej oraz badania pomocnicze wykazały więc, że wstępna separacja sedimentu w odstojniku jest ze wszech miar wskazana, bo pozwala zmniejszyć po 2 godzinnym odstaniu ok. 5-krotnie ilość zawiesiny poddawanej rozdzielowi, zawracać ciecz klarowną do obiegu i filtrować zawieszinę zagęszczoną.

4. Wnioski i podsumowanie

Testy filtracji wirowej zawiesiny zrzutowej bez i z dodatkiem flokulantu Magnaflog 336 po wirówkach BIRD'a wykazały, że taką drogą można oddzielić ciało stałe (zawierające ok. 82% węgla) od cieczy i uzyskać filtrat o bardzo dobrej klarowności (który można zawracać do obiegu). Do opisu funkcji wilgotności ciała stałego od simpleksu przyspieszeń (dośrodkowego do ziemskiego) i czasu wirowania można użyć zależności (1), dla stałych A i D oraz wykładników B i C zestawionych w tabeli 2. Funkcje te, oparte na 42 niezależnych testach wirowania (przy czym każdy z testów jest średnią z trzech niezależnych oznaczeń) charakteryzują się bardzo dobrą zgodnością z doświadczeniami. Najkorzystniejsze rezultaty odwodnienia ($w_{pl} = 37,2 \div 37,6\%$) uzyskano dla najwyższych a/g i τ w badaniach ($a/g = 1786,8$ i $\tau = 1800$ [s]). Przyjmując stosowanie w praktyce przemysłowej $a/g = 1000$ oraz $\tau = 600$ [s] należy oczekiwać $w_{pl} = 43,67\%$.

Badania składu ziarnowego wykazały, że zarówno deponowanie zawiesiny pierwotnej, jak i dodawanie do niej flokulantu Magnaflog 336 w ilości ok. 1 [g/m³ zawiesiny] powoduje wzrost średniej średnicy arytmetycznej, a więc sprzyja aglomeracji cząstek ciała stałego, co przekłada się na przyspieszenie procesu rozdziału ([1]). Należy tu dodać, że do pierwotnej zawiesiny flotokonzentratu dodaje się ok. $1,7$ [g flokulantu/1 m³ zawiesiny], zatem powtórne jego dodanie wymaga nieco mniejszej dawki. Nie wszystkie analizy ziarnowe stosowały się do zasygnalizowanej tu prawidłowości, ale wyjątki, które nie stosowały się do podanej reguły, można wyjaśnić nadmierną intensywnością mieszania zawartości mieszalnika, którego pobierano próbki do analizy ziarnowej.

Testy sedymentacyjne wykazały natomiast, że po upływie ok. 2 godzin strefa mętności opada co najmniej 5-krotnie w stosunku do wysokości pierwotnej zawiesiny (jeszcze lepszy efekt uzyskuje się po dłuższym czasie odstania). Pozwala to na zawrót cieczy klarownej do obiegu i filtrację (np. wirową) szlamu posedymentacyjnego, lub skierowanie szlamu do strumienia zawiesiny

pierwotnej podawanej na wirówce BIRD'a. Stanowi to o możliwościach racjonalizacji technologii odwadniania, stosowanej w Zakładzie Przeróbczym, skąd pobierano zawiesinę do badań.

Spis symboli i oznaczeń

Symbols

- A, B, C, D – stałe równania (1)
– constans in Eq. (1)
- G_f – masa filtratu, [kg]
– filtrate mass, [kg]
- G_s – masa ciała stałego, [kg]
– solid phase mass, [kg]
- a – przyspieszenie dośrodkowe, [m/s^2]
– centripetal acceleration, [m/s^2]
- d – średnica, [m]
– diameter, [m]
- g – przyspieszenie ziemskie, [m/s^2]
– acceleration due to gravity, [m/s^2]
- h – wysokość strefy mętności, [m]
– height of a turbidity zone, [m]
- h_0 – wysokość czynna rury sedimentacyjnej, [m]
– active height of a sedimentation tube, [m]
- h_{∞} – wysokość strefy mętności po długim czasie, [m]
– height of a turbidity zone after long time, [m]
- n – liczba testów filtracji wirowej
– number of tests of centrifugal filtration
- s – grubość placka, [m]
– cake thickness, [m]
- u_s – udział masowy soli w filtracie, [kg/kg]
– salt mass concentration in filtrate, [kg/kg]
- u_z – udział masowy ciała stałego w zawieszynie, [kg/kg]
– solid phase mass concentration in suspension, [kg/kg]
- u'_z – udział masowy ciała stałego zmodyfikowany zgodnie z (3), [kg/kg]
– modified solid phase mass concentration according to (3), [kg/kg]
- w_{pl} – udział masowy wilgoci w placku, [kg/kg]
– moisture mass concentration in cake, [kg/kg]
- w_{pl}^* – udział masowy wilgoci w placku, zmodyfikowany o zawartość soli, [kg/kg]
– moisture mass concentration in cake modified due to salt content, [kg/kg]
- τ – czas wirowania
– centrifugal time

Indeksy

Subscripts

- f – dotyczy filtratu
– refers to filtrate
- obl – oznacza wartość obliczoną
– refers to a calculated value
- pl – dotyczy placka
– refers to cake
- s – oznacza sól lub ciało stałe
– refers to salt or solid phase
- śr – oznacza wartość średnią
– refers to an average value
- z – dotyczy zawiesiny
– refers to suspension
- zm – oznacza wartość zmierzoną
– refers to a measured value

Literatura

1. **Palica M., Kocy G., Kurowski Ł., Pławecka A.:** *Wpływ zawartości flokulantu Magnaflog 336 na przebieg filtracji ciśnieniowej kopalnianej zawiesiny zrzutowej po wirówkach BIRD'a.* Rocznik Ochrony Środowiska Tom 10, 2008.
2. **Palica M., Grotek A., Gruca M., Niemirowski J.:** Rocznik Ochrony Środowiska Tom 9, 133 2007.
3. Ciba Speciality Chemicals, Zeta i Magnaflog, *Polielektrolity do ścieków komunalnych i przemysłowych.* informacja internetowa, 2006.
4. **Gierczycki A.:** *Informacja z pracy habilitacyjnej: Powstawanie i rozpad agregatów ciała stałego zawieszonoego w cieczy.* Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2005.
5. **Palica M., Korcz Ł., Niemirowski J., Szeja W.:** Karbo, 1, 57, 2007.
6. **Pęczek K.:** *Filtracja wirowa zrzutowej zawiesiny kopalnianej zawierającej flokulant.* praca dypl. mag. (do użytku wewnętrznego), Gliwice 2007.
7. **Korcz Ł.:** *Filtracja wirowa zawiesiny zrzutowej po wirówce filtracyjno-sedymentacyjnej.* praca dypl. mag. (do użytku wewnętrznego), Gliwice 2006.
8. **Bandrowski J., Merta H., Ziolo J.:** *Sedymentacja zawiesin. Zasady i projektowanie.* Wyd. II, Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2001.
9. **Kocy G.:** *Dobór i ustalenie dawki flokulantu dodawanego do zrzutowej zawiesiny kopalnianej poddawanej filtracji ciśnieniowej.* praca dypl. mag. (do użytku wewnętrznego), Gliwice 2007.
10. **Pławecka A.:** *Modelowanie filtracji zrzutowej zawiesiny kopalnianej zawierającej flokulantu.* praca dypl. mag. (do użytku wewnętrznego), Gliwice 2007.
11. **Kocurek J., Dzido G., Palica M.:** Karbo, 2, 66, 2002.
12. **Piecuch T.:** *Analiza teoretyczna przepływu medium przez modelowe wirówki sito-we.* Monografia P.T.P. No 2, Częstochowa, 1984.
13. **Piecuch T.:** *Równanie czasu przepływu rotacyjnego ścieku przez wirówkę filtracyjną.* Archiwum Ochrony Środowiska PAN, Z. 3÷4, rok 1985.

Batch Centrifugal Filtration of Dump Suspension Containing Magnaflog 336 Flocculant Obtained in the BIRD Centrifuge

Abstract

A course of centrifugal filtration of dump suspension with and without Magnaflog 336 flocculant of concentration 1 g/m^3 susp. was compared in the paper. In both cases the filter cloth PT 912 selected in batch filtration tests was used. Similarly, a flocculant dosage was chosen in additional tests in which an influence of the flocculant amount on pressure filtration was checked. It was proved that practically justifiable dosage should be slightly smaller than abovementioned (1.7 g/m^3 susp.). On basis of 42 tests for suspension without flocculant and 42 tests for suspension containing flocculant, two dependencies describing dewatering intensity (final moisture content in cake) as a function of the acceleration simplex and centrifugation time were found. They are as follows

$$w_{pl} = \exp \left[A \left(a/g \right)^B \tau^C \right] + D$$

where constants and exponents are given in Tab.2. The dependencies are valid with good accuracy. For most common values of (a/g) and τ used in experiments, and suspension with and without flocculant, the final moisture content of cake was in the range $w_{pl} = 37.2 - 37.6 \%$. Also, what was very important, filtrate was quite clear and could be turned backward to a process line.

Additional experiments, such as PSD analysis and sedimentation tests, proved that the deposition of suspension and addition of flocculant favour agglomeration thus facilitating (accelerating) phase separation. Selected data of PSD analyses performed in the particle size analyser Analysette 22 of Fritsch are gathered in Tab.3. The sedimentation tests proved a decrease of the turbidity zone after 2 hours to such extent that it is possible to reduce the amount of suspension at least 5 times. Roughly calculations indicated that solid phase fraction in post-sedimentation sludge increased from about $u_z = 0.045$ to $u_z = 0.173$. Therefore, such sludge can be easier separated, and moreover (very important), its amount is many times smaller than the amount of inlet suspension. This implies that the initial separation of inlet suspension is strongly advisable. On the other hand, no significant differences between sedimentation with and without addition of Magnaflog 336 flocculant were observed. It seems that the turn-back of clarified liquid to circulation and a supply of sludge from a settling tank to inlet suspension, or alternatively the filtration of sludge after a settling tank should be the relatively cheaper and advisable method of dewatering.