

Wpływ dodatku flokulantu Magnafloc 919 na przebieg filtracji wirowej podekantacyjnej zawiesiny odpadowej

*Michał Palica, Agata Dolina, Andrzej Gierczycki, Stanisław Kolorz
Politechnika Śląska, Gliwice*

1. Wstęp

Niniejszy artykuł jest kontynuacją cyklu prac Palicy i współpracowników dotyczących separacji fazowej zawiesin zrzutowych po wirówkach DECANTER, na których odwadnia się flotokoncentraty węgla kamiennych [1÷12]. Wiele prac w tej problematyce począwszy od lat 70-tych prowadził Piecuch i współpracownicy [19÷32].

Generalna tendencja techniczna takich technologii sprowadza się do poszukiwania metod intensywnych i energooszczędnych. Stąd w praktyce odstąpiono (ewentualnie rezygnuje się) z filtrów próżniowych lub pras filtracyjnych na rzecz dekantacji wirowej, w tym wspomnianych wirówek DECANTER. Niestety wiąże się to zwykle z pojawieniem się pewnych problemów ruchowych, związanych z narastającą ilością bardzo drobnych ziaren w cieczy obiegowej. Po pewnym czasie zawiesinę taką trzeba odprowadzać z produkcji i wymieniać wodę obiegową, ponosząc nie tylko koszty wody i składowania uciążliwej zawiesiny odpadowej, ale również tracąc ciało stałe zawarte w zawieszynie, będące w ponad 81% węglem. Drugim mankamentem stosowania wirówek dekantacyjnych są ich wysokie koszty inwestycyjne, pomimo tego jednak coraz częściej spotyka się technologie oparte o dekantację wirową, bowiem jest ona jakościowo lepsza od porównywalnie odwadniania tych samych trudno filtrowalnych zawiesin w procesie filtracji wirowej [20, 25, 29].

Jak wynika z badań własnych, istnieje kilka sposobów rozwiązania separacji fazowej zrzutów po dekantacji flotokoncentratu, m.in. poprzez modyfikację składu ziarnowego (np. dzięki użyciu flokulantów lub poddaniu separacji zawiesin deponowanych), przez znaczące zmniejszenie strumieni poddawanych

separacji (np. dzięki klarowaniu takich zawiesin w odstojnikach, separacji szlamu i zwracanie cieczy klarownej do obiegu), wreszcie można użyć metod kombinowanych. Natomiast idea odwadniania wykorzystująca pole sił odśrodkowych pozwala znacząco przyspieszyć procesy rozdziału i użyć takiego sposobu dla dużych strumieni zawiesin.

2. Cel i zakres badań

Głównym celem badań prowadzonych dla zawiesiny zrzutowej po wirówkach DECANter pochodzącej z jednej z kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej było stwierdzenie, jaką dawkę flokulantu Magnafloc 919 należy dodawać do zrzutu, co ewentualnie umożliwiłoby w tych samych warunkach uzyskanie mniejszej wilgotności osadu po ich wirowaniu w stosunku do zawiesiny bez dodatku flokulantu. Nadana do procesu filtracji odśrodkowej zawiesina miała uziarnienie w przedziale głównie około od 8 do 10 mikrometrów przy rozkładzie normalnym.

Przyjmuje się powszechnie, że poprawnie dodana dawka flokulantu powoduje tworzenie się aglomeratów ziaren zawiesiny, co ułatwia jej odwodnienie. Jednak kompleksy takie charakteryzują się małą wytrzymałością mechaniczną i mogą pod działaniem dużych sił odśrodkowych ulegać degradacji. Wówczas drobne fragmenty kompleksów mogą zawierać w sobie filtrat, a efektem wirowania byłoby uzyskanie osadu charakteryzującego się w danych warunkach większą wilgotnością, niż w przypadku, gdy wirowaniu poddana byłaby zawiesina bez flokulantu. Potwierdzeniem takiej obserwacji byłyby rezultaty badań filtracji ciśnieniowej, obejmującej zarówno strefę filtracji jak i kompresji osadu – podczas filtracji ciśnieniowej należałoby oczekiwać niższych wilgotności osadów, niż w czasie filtracji wirowej. Badania takie zostały dla tej samej zawiesiny i tego samego flokulantu omówione w [13] i wykazały, że podczas filtracji ciśnieniowej prowadzonej dla ciśnienia najczęściej spotykanego w praktyce (tzn. ok. 0,8÷1,0 MPa) można oczekiwać znacznie mniejszej wilgotności osadów, niż podczas filtracji wirowej prowadzonej dla $a/g = 800\div 1200$ i czasów wirowania rzędu kilku-kilkunastu minut, a obserwacja ta dotyczy zawiesin bez i z dodatkiem flokulantu Magnafloc 919. Podobnie jak w poprzednich pracach badania takie prowadzono w skali laboratoryjnej na wirówce medycznej MPW 340 adaptowanej do badań periodycznej filtracji wirowej w zakresie uwielokrotnienia Φ [14]

$$\Phi = a/g = 251,3\div 1786,8$$

i czasów wirowania

$$\tau = 4\div 30 \text{ min } (280\div 1800 \text{ s}).$$

Pominięto tu w badaniach odniesienie do czasu rozruchu wirówki czyli czasu dojścia do obrotów zadanych oraz czasu hamowania, czyli czasu dojścia do prędkości obrotowej równej zero [16, 18, 23].

Dolna granica parametrów wynikała z możliwości niepełnego odwodnienia zawiesiny, górna z maksymalnej liczby obrotów wirówki i realnych czasów, jakie mogłyby być użyte w praktyce. Wątro tu wspomnieć, że szereg informacji dotyczących przebiegu separacji fazowej podczas sedimentacji wirowej oraz filtracji wirowej podaje Piecuch i współpracownicy [15÷19, 23÷29].

Wiele prac T. Piecucha dotyczy także filtracji, ale próżniowej (m.in. praca doktorska Politechnika Śląska 1972, oraz praca habilitacyjna Politechnika Śląska 1975) oraz filtracji grawitacyjnej tu nie cytowanej.

W niniejszej publikowanej pracy przewidziano badania filtracji wirowej zawiesiny bez dodatku flokulantu oraz zawierającej dodatek flokulantu stosowany przez służby ruchowe (30 g suchego flokulantu/1 Mg suchego produktu), dodatek dwukrotnie mniejszy (15 g/1 Mg) i dwukrotnie większy (60 g/1 Mg). Sposób przygotowania flokulantu omówiono w [13]. Należy tu stwierdzić, że dodatek flokulantu był faktycznie dodatkiem powtórzoną, jako że dodawany jest on do flotokonzentratu przed wirówkami DECANTER, jednak zawiesina odpadowa, zawierająca bardzo drobne cząstki ciała stałego, nawet jeśli zawiera pewną ilość flokulantu, to w postaci zdegradowanej i można przyjąć, że jego ilość w pierwotnej zawieszynie odpadowej jest pomijalna.

Każda z serii pomiarowych (dla zawiesiny bez oraz z dodatkiem flokulantu Magnafloc 919) obejmowała 6 wartości a/g i 7 wartości τ , a więc 42 testy, przy czym na każdy z testów składały się 3÷4 oznaczenia wilgotności osadów. Wszystkie badania prowadzono zgodnie z wcześniej opisanymi procedurami (głównie metodą ważenia z suszeniem i piknometrycznie), oraz dodatkowo przeprowadzono szereg badań i analiz pomocniczych, w tym testy sedimentacyjne, analizy ziarnowe, pomiary pH zawiesin, zapopielenia ciała stałego, gęstości zawiesin i filtratu, zawartości soli w filtracie, itp., zaś wyniki te znajdują się w [13]. Zostały one zaczerpnięte z prac źródłowych [32÷34].

3. Wyniki badań i obliczeń

Badania wirowania poprzedzono testami kilku tkanin filtracyjnych, (w tym stosowanej w praktyce przemysłowej tkaniny PT – 912), prowadzonymi na testowym filtrze ciśnieniowym. Przyjęto trzy wskaźniki uwzględniane w ocenie przydatności: stałą filtracji K (czym jest ona większa, tym lepiej przebiega filtracja), stałą C (im bliższa jest ona zera, tym mniejsze opory ma tkanina) oraz klarowność filtratu. Nie uwzględniano w ocenie łatwości zdejmowania osadu z tkaniny, bowiem osad utworzony z ziaren węgla, praktycznie niezależnie od ilości dodanego flokulantu, łatwo zdejmować z każdej przegrody o ile jest to flokacyjny koncentrat lub muł surowy nie zailony m.in. prace Piecucha T. [30, 31].

Traktuje o tym np. tzw. wskaźnik Dahlstroma (profesora z Uniwersytetu Utah) utworzony dla oceny podatności filtracyjnej zawiesin mułów węglowych [31].

Jakość procesu filtracji, która odnosi się do zawartości wilgoci w osadzie (im mniejsza tym lepiej), oraz zagęszczenia filtratu (im mniejsze tym lepiej) zależy m.in. właśnie od stosownego doboru wielkości oczek siatki filtracyjnej wobec filtrowanej zawiesiny [30]. Najprościej ujmując to tzw. reguła wg Piecucha T. która brzmi następująco dla zawiesin surowców kopalnych powstających po procesie przeróbki mechanicznej kopalni, a mianowicie:

„Im gorszy jakościowo filtrat tym lepszy jakościowo osad”.

Wyjaśnienie tej reguły, a zarazem wyjaśnienie mechanizmu tego procesu przez Piecucha T. jest takie, iż dobierając siatkę filtracyjną o większych oczkach do filtratu przechodzi więcej cząstek stałych, najdrobniejszych, ilastych, a więc hydrofilnych, które w przypadku surowców kopalnych gdyby zostały zatrzymane w osadzie filtracyjnym podniosłyby jego zawartość w wilgoci. Tym samym im mniej jest tych ilów w placku filtracyjnym tym łatwiejsze jest jego odwadnianie, czyli odsączanie wody z porów tego osadu. Równocześnie ily pozostawione w placku filtracyjnym jako substancja nieorganiczna w przypadku filtracji zawiesin węglowych obniżają wartość kaloryczną osadu, gdyż zwiększa się tym samym zawartość substancji mineralnej, która po spaleniu placka filtracyjnego stanowi tzw. popiół [31].

Powyższe wyniki badań opisał Piecuch równaniami analityczno-empirycznymi traktując w tym przypadku umiejętnie prowadzony proces filtracji jako quasi proces wzbogacania szlamów węglowych.

Wyniki testów prowadzonych przy $\Delta P = 0,45$ MPa dla zawiesiny o udziale ciała stałego $u_z = 0,080$ [kg/kg] zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki testów dla wybranych tkanin dla $\Delta P = 0,45$ MPa

Table 1. Test results for selected filtration cloths at $\Delta P = 0.45$ MPa

Tkanina	w_k [kg/kg]	u_f [kg/kg]	h [m]	$K \cdot 10^5$ [m ² /s]	$C \cdot 10^3$ [m ³ /m ²]	Klarowność filtratu
PT – 911	0,3430	0,0069	0,0080	7,329	-1,263	klarowny
PT – 912	0,3222	0,0064	0,0070	10,615	-3,977	klarowny
PT – 912s	0,3270	0,0064	0,0080	6,106	-6,850	klarowny
PT – 950s	0,3350	0,0067	0,0080	7,229	-5,094	b. mętny
ET – 2081	0,3180	0,0068	0,0085	11,675	-2,800	mętny

Jak wynika z danych tabeli 1, użycie tkaniny PT – 912 przez służby eksploatacyjne jest w pełni zasadne.

Testy filtracji ciśnieniowej, a zwłaszcza uzyskane na ich podstawie charakterystyki filtracji [15] wykazały również, że zawiesina odwadniana jest zgodnie z modelem filtracji osadowej [35] (bez blokowania porów osadu i po-

rów tkaniny). Wynika to prawdopodobnie z drobnego uziarnienia ciała stałego. Zbiornicze zestawienie wyników badań filtracji ciśnieniowej dla zawiesiny zrzutowej bez dodatku flokulantu pokazano w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki badań filtracji ciśnieniowej zawiesiny zrzutowej bez dodatku flokulantu (tkanina PT – 912, $u_z = 0,079$, $u_s = 0,0062$, $\rho_z = 1015,96$ [kg/m³])

Table 2. Pressure filtration experimental results for dump suspension without flocculant (cloth PT – 912, $u_z = 0.079$, $u_s = 0.0062$, $\rho_z = 1015.96$ [kg/m³])

Lp.	ΔP [MPa]	w_k (po kompresji) [kg/kg]	h [m]	$K \cdot 10^5$ [m ² /s]	$K' \cdot 10^3$ [kg/(m ³ ·s)]	$C \cdot 10^3$ [m ³ /m ²]
1	0,2186	0,3847	0,0100	1,697	1,362	-0,535
2	0,2744	0,3596	0,0095	2,395	1,931	-1,006
3	0,4672	0,3557	0,0095	3,183	2,566	-1,247
4	0,6182	0,3503	0,0090	3,664	2,942	-0,666
5	0,8497	0,3323	0,0090	4,586	3,681	-0,949
6	0,9588	0,3311	0,0090	5,626	4,515	-1,610
7	1,2168	0,3287	0,0085	6,391	5,129	-1,207
8	1,3792	0,3286	0,0085	7,100	5,698	-1,390

przy czym

$$K' = u_z \cdot \rho_z \cdot K \quad (1)$$

Dane tabeli 2 pozwoliły wyznaczyć współczynnik ściśliwości osadu s_s wg Sperry'ego, bowiem

$$K' = A \cdot \Delta P^{1-s_s} \quad (2)$$

i $(1 - s_s)$ jest nachyleniem prostej w układzie podwójnie logarytmicznym funkcji (2). Wynosi on $s_s = 0,271$ i świadczy o średniej podatności osadu na kompresję. Jak stwierdzono w [15], dodatek flokulantu w zakresie 10÷80 g/1 Mg suchego osadu tylko w niewielkim stopniu wpływa na s_s , przy czym najwyższą wartość s_s uzyskano dla dodatku 20 g/1 Mg ($s_s = 0,3184$). Dla pozostałych dodatków (10, 30, 40, 60 i 80 g/1 Mg) uzyskano $s_s = 0,276 \div 0,295$. Wydaje się, że nieco wyższa wartość s_s dla dodatku 20 g/1 Mg wynika z błędów pomiarowych, a nie ma związku z jakąś tendencją. Wyniki badań filtracji wirowej znajdują się w [34]. Korzystając z wcześniej prowadzonych prac, opracowano dla każdej z zawiesin funkcje:

$$w = f(a/g) = e^{A_1 \cdot (a/g)^{B_1}} + C_1 \quad \text{dla } \tau = \text{idem} \quad (3)$$

a następnie funkcje odwrócone:

$$w = f(\tau) = e^{A_2 \cdot \tau^{B_2}} + C_2 \quad \text{dla (a/g) = idem} \quad (4)$$

uzyskując w każdym przypadku wysokie współczynniki regresji R^2 (prawie we wszystkich przypadkach R^2 przekracza 0,98). Dlatego zaproponowano dla poszczególnych serii (zawiesin) funkcję trójparametrową opisującą wilgotność osadu w zależności od zmiennych ruchowych:

$$w = f(a/g, \tau) = e^{A(a/g)^B \cdot \tau^C} + D \quad (5)$$

Zestawienie stałych tej funkcji podano w tabeli 3.

Tabela 3. Stałe funkcji (5) dla poszczególnych serii pomiarowych

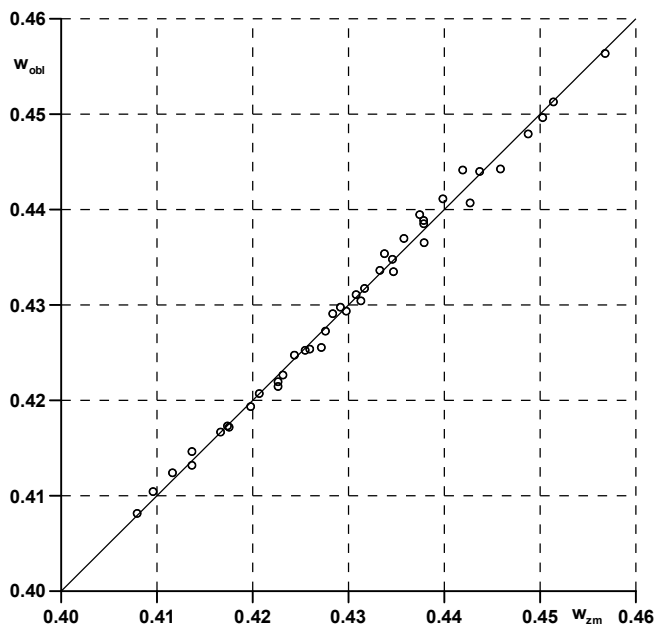
Table 3. Constants in Eq. (5) for different experimental runs

Zawiesina zrzutowa	A	B	C	D	R^2	Ilość punktów
bez dodatku flokulantu	-0,005142	0,2055	0,1969	-0,5135	0,9857	42
z dodatkiem 15 g/1 Mg	-0,038939	0,1183	0,0953	-0,4307	0,9879	42
z dodatkiem 30 g/1 Mg	-0,013156	0,2183	0,1762	-0,3909	0,9895	42
z dodatkiem 60 g/1 Mg	-0,035416	0,1153	0,0902	-0,4397	0,9835	42

Stosowalność równania (5) jest ograniczona dla zawiesiny użytej w badaniach o określonej charakterystyce technologicznej – co determinuje przede wszystkim wartość liczbowa stałej D.

Zgodność danych doświadczalnych z obliczonymi dla jednej z zawiesin pokazano na rys. 1. Mimo, iż do porównania w_{zm} i w_{obl} wybrano zawiesinę z najniższą wartością R^2 (tabela 3), zgodność danych jest zaskakująco dobra, choć forma zależności (5) nie ma uzasadnienia teoretycznego, a jest typową funkcją eksperymentalną. Podobną funkcję (oczywiście z innymi stałymi) używano nie tylko dla zawiesin zrzutowych lub zawiesin flotokonzentratu węgla koksującego, ale też dla innych suspensji. Jak widać z rys. 2, najniższa wartość wilgotności (przy najwyższych a/g i τ) wynosiła nieco poniżej 41%, tymczasem z danych tabeli 1 i 2 dla testów filtracji ciśnieniowej wynika, że wilgotności osadów po ich kompresji są znacznie niższe. Podobny wykres jak rys. 1, sporządzony dla zawiesiny bez dodatku flokulantu, a poddanej filtracji wirowej wskazuje, że najniższa wartość wilgotności (dla a/g = 1786,8 i τ = 30 min) wynosi $w = 0,3876$. Żeby ocenić wpływ dodatku flokulantu Magnafloc 919 na

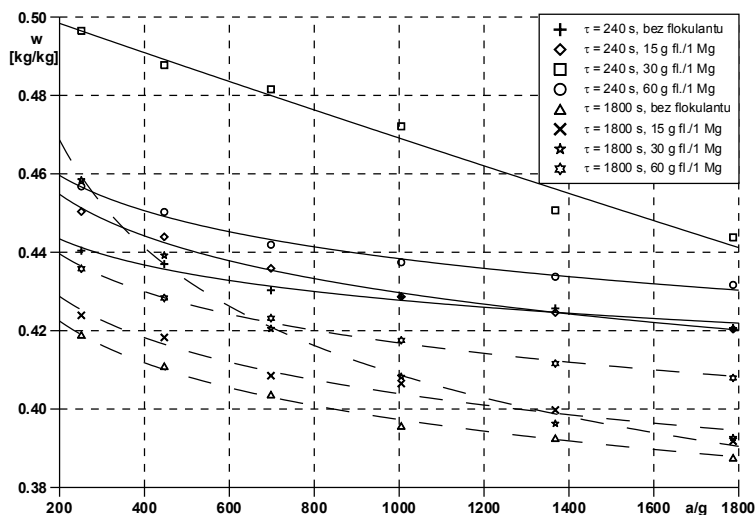
wilgotność przy tych samych parametrach ruchowych wirówki, sporządzono dwa kolejne wykresy (rys. 2 i 3) skonstruowane wg zależności (3) i (4).



Rys. 1. Porównanie w_{zm} z w_{obl} wg zależności (5) dla zawiesiny zrzutowej z dodatkiem flokulantu w ilości 60 g/l Mg suchego produktu

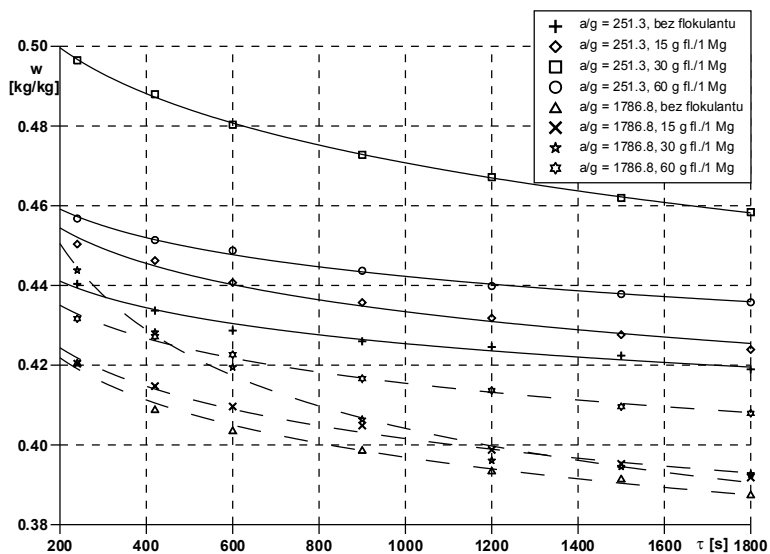
Fig. 1. Comparison between w_{zm} and w_{obl} according to Eq. (5) for dump suspension with flocculant dosage of 60 g/l Mg of dry product

Pierwszy z nich dotyczy wszystkich badanych zawiesin dla maksymalnego i minimalnego czasu wirowania, drugi dla minimalnej i maksymalnej wartości Φ . Obydwa wykresy mają podobny charakter – ze wzrostem zmiennych niezależnych (czyli a/g i τ) wilgotność osadu maleje. Natomiast widoczny jest tu ciekawy efekt – najniższą wilgotność osadu uzyskuje się po wirowaniu zawiesiny pierwotnej. Dla funkcji (3) i (4) niewielkie dodatki flokulantu w nieznacznym stopniu przekładają się na wzrost wilgotności, przy dużych dodatkach obserwuje się znacznie większy wpływ parametrów ruchowych na wzrost wilgotności. Fizykalnie można taki efekt wyjaśnić zatrzymywaniem cieczy w przestrzeni międzyziarnowej usieciowionych flokuł, wymagającego podczas lepszego odwodnienia użycia znacznie większych sił odśrodkowych i dłuższych czasów wirowania, czego technicznie się nie stosuje. Ponieważ dodatek flokulantu sprzyja przyspieszeniu sedimentacji, pojawia się problem, czy należy dodawać w ogóle flokulant do zawiesin zrzutowych.



Rys. 2. Zależność $w = f(a/g)$ dla $\tau = 240$ [s] i $\tau = 1800$ [s] przy różnych dodatkach flokulantu Magnafloc 919

Fig. 2. Dependence of $w = f(a/g)$ for $\tau = 240$ [s] and $\tau = 1800$ [s] for various Magnafloc 919 flocculant doses



Rys. 3. Zależność $w = f(\tau)$ dla $a/g = 251,3$ i $a/g = 1786,8$ przy różnych dodatkach flokulantu Magnafloc 919

Fig. 3. Dependence of $w = f(\tau)$ for $a/g = 251,3$ and $a/g = 1786,8$ for various Magnafloc 919 flocculant doses

Gdyby stosować dla zawiesin zrzutowych dodatkowy odstojnik pozwalający radykalnie zmniejszyć ilość takich zrzutów i szlam po odstojnikach kierować do strumienia flotokonzentratu przed wirówkami DECANter, użycie flokulantu Magnafloc 919 w ilości ok. 30 g/1 Mg suchego produktu byłoby w pełni uzasadnione. Gdyby jednak zawiesinę zrzutową kierować na specjalnie przeznaczone do odwadniania zrzutów wirówki dekantacyjne, uzyskanoby po użyciu flokulantu wyższe wilgotności osadów i taki zabieg dałby odwrotny do oczekiwanego skutek.

Wynika stąd, że odwadnianie zawiesin zrzutowych po wirówkach DECANter jest zagadnieniem złożonym, wymagającym dla każdego rozwiązania indywidualnej analizy, bowiem zwykle dodatek flokulantu ułatwia sedymentację ziaren zawiesin, ale nie koniecznie odwadnianie osadu m.in. [30].

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Przedstawione w artykule wyniki badań filtracji wirowej zawiesiny zrzutowej po wirówkach DECANter pozwalają przedstawić ogólne wnioski:

1. Podczas filtracji ciśnieniowej z towarzyszącą kompresją osadu można oczekiwać niższych wilgotności osadu pofiltracyjnego, niż po filtracji wirowej. – co potwierdzają m.in. badania Anielak i Piecucha [16, 17, 23, 28].
2. Dodatek flokulantu do zawiesin zrzutowych powoduje, że przy tych samych parametrach ruchowych uzyskuje się wyższe wilgotności osadów po wirowaniu, niż dla zawiesiny pierwotnej.
3. Dodawanie flokulantu Magnafloc 919 jest niekorzystne pod względem jakości odwadniania osadu użytej do badań filtracji zawiesiny.
4. Ponieważ jednak flokulant Magnafloc 919 przyspiesza znacząco sedymentację, co udowodniono w [13], w wypadku zmiany obecnej technologii, polegającej na użyciu odstojnika dla zawiesiny zrzutowej, zawracaniu cieczy klarownej do obiegu technologicznego i kierowanie szlamu po odstojniku do flotokonzentratu, dodatek flokulantu Magnafloc 919 byłby uzasadniony.
5. Rezultaty badań wskazują ponadto, że dodawanie określonego flokulantu i jego dawka winne być analizowane indywidualnie dla każdej zawiesiny.

Literatura

1. **Palica M.:** *Mechanical dewatering of the flotation concentrate of coking coal.* Chem. Eng. Proc., 33, 141, 1994.
2. **Palica M., Thullie J., Kocurek J., Zacharski G.:** *Modelowanie procesu filtracji ciśnieniowej zawiesiny pogałwanicznej.* Inż. Chem. Proc., 25, 3/3 1443, 2004.
3. **Malirz D., Kocurek J., Palica M.:** *Modelowanie filtracji ciśnieniowej zawiesiny flotokonzentratu węglowego.* Karbo, 1, 39, 2006.
4. **Palica M., Ryż M., Niemiec M.:** *Filtracja wirowa flotokonzentratu węgla kamiennego.* Karbo, 2, 121, 2006.

5. **Palica M.:** *Filtrowalność flotokonzentratów węgla kamiennego pochodzących z różnych źródeł.* Karbo, 3, 164, 2006.
6. **Palica M., Korcz Ł., Niemirowski J., Szeja W.:** *Filtracja wirowa zawiesiny zrzutowej po odwadnianiu flotokonzentratu na wirówkach BIRD'a.* Karbo, 1, 57.
7. **Kocurek J., Palica M.:** *Rozdzielanie zawiesiny ciał stałych w cieczach na drodze filtracji z kompresją tworzonego osadu, cz. II.* Rocznik Ochrony Środowiska, 5, 87, 2003.
8. **Palica M., Pudło W.:** *Modelowanie odwadniania zawiesiny flotokonzentratu węglowego na drodze filtracji ciśnieniowej.* Inż. Ap. Chem., 4, 22, 2005.
9. **Palica M., Kocurek J., Szymczyk S.:** *Modelowanie rozdziału flotokonzentratu węgla kamiennego na bazie parametrów filtracyjnych.* Rocznik Ochrony Środowiska, 8, 215, 2006.
10. **Palica M., Grotek A., Gruca M., Niemirowski J.:** *Opis odwadniania zawiesiny zrzutowej po wirówce filtracyjno-sedymentacyjnej BIRDa modelem SORENSENA.* Rocznik Ochrony Środowiska, 9, 133, 2007.
11. **Palica M., Kocy G., Kurowski Ł., Plawecka A.:** *Wpływ zawartości flokulantu MAGNAFLOC 336 na przebieg filtracji ciśnieniowej kopalnianej zawiesiny zrzutowej po wirówkach BIRD'a.* Rocznik Ochrony Środowiska, 10, 301, 2008.
12. **Palica M., Spyрка W.:** *Dobór dawki flokulantu MAGNAFLOC 336 do kopalnianej zawiesiny zrzutowej po wirówkach BIRD'a.* Karbo, 3, 142, 2008.
13. **Palica M., Salasowicz M., Spyрка W., Szczepańska J.:** *Zmiana właściwości filtracyjnych kopalnianej zawiesiny zrzutowej po dodaniu flokulantu Magnafloc 919.* Karbo, (w druku), 2009.
14. **Koch R., Noworyta A.:** *Procesy mechaniczne w inżynierii chemicznej.* WNT, Warszawa 1992.
15. **Piecuch T.:** *Analiza teoretyczna przepływu medium przez modelowe wirówki sito-we.* Wydawnictwo Polskiego Towarzystwa Nauk o Ziemi, s. 100, 1984.
16. **Piecuch T., Anielak A.M.:** *Analityczno-empiryczne kryterium filtracji ciśnieniowej i odśrodkowej zawiesiny poflotacyjnych odpadów cynku i ołowiu.* Zeszyty Naukowe Archiwum Górnictwa – PAN, Tom 29, z. 3, 405-422, 1984.
17. **Piecuch T.:** *Równanie czasu przepływu rotacyjnego ścieku przez wirówkę filtracyjną.* Zeszyty Naukowe Archiwum Ochrony Środowiska PAN, z. 3÷4, 27-45, 1985.
18. **Piecuch T., Anielak A.M.:** *Vergleich der Entwässerung bei Druck und Zentrifugalfiltration mit Statistischen Modellen.* Chemische Technik – Leipzig 3, 101-103, 1987.
19. **Piecuch T., Piekarski J.:** *Analysis of centrifugal sedimentation process of post-production suspension from timber processing company using floccel type flocculant.* Environment Protection Engineering (EPE) nr 2/2002.
20. **Piecuch T., Piekarski J.:** *Badanie procesu filtracji ciśnieniowej zawiesiny poprodukcyjnej z zakładu przetwórstwa drewna Polspan-Kronospan.* Monografia Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, Vol. 11, rok 2003.
21. **Piecuch T.:** *Ciśnieniowa filtracja koncentratów zawiesinowych flotacyjnych miedzi.* Rudy i Metale Nieżelazne 10, 485-492, 1978.
22. **Piecuch T.:** *Ciśnieniowa filtracja poflotacyjnych zawiesin odpadów miedzi.* Rudy i Metale Nieżelazne 12, 639-644, 1978.

23. **Piecuch T., Anielak A.M:** *Analityczno-empiryczne kryterium filtracji ciśnieniowej i odśrodkowej zawiesiny poflotacyjnych odpadów rud miedzi.* Rudy i Metale Nieżelazne 3, 111-117, 1984.
24. **Piecuch T., Anielak A.M, Jasicki W.:** *Filtracja suspensji pochodzących z odpylaczy w wirówce filtracyjnej.* Zeszyty Naukowe Pol. Częstochowskiej 114, Nauki Podstawowe z. 21, 113-137, 1980.
25. **Piecuch T., Anielak A.M:** *Sedymentacja rotacyjna zawiesiny poflotacyjnych odpadów miedzi.* Zeszyty Naukowe Pol. Częstochowskiej, Nauki Podstawowe 22, 81-92, 1982.
26. **Piecuch T., Piekarski J.:** *Badania procesu sedymentacji odśrodkowej zawiesiny poprodukcyjnej Zakładu Przetwórstwa Drewna POLSPAN-KRONOSPAN.* Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej Seria Inżynierii Środowiska Nr 15, 323-346, 1998.
27. **Piecuch T., Anielak A.M:** *Zentrifugalsedimentation der Flotationssuspension von Kupferabfällen.* 16. Diskusstagung Mechanische Flüssigkeitsabtrennung. Magdeburg, październik 1979.
28. **Piecuch T., Anielak A.M:** *Vielstufige Druckfiltration.* 17. Diskusstagung Mechanische Flüssigkeitsabtrennung. Drezno, październik 1980.
29. **Piecuch T., Dąbrowski T.:** *Centrifugal dewatering of sediments from installation for pretreatment of wastewater from fish-processing plant.* Environment Protection Engineering, Vol. 33, 1/2007.
30. **Piecuch T., Nawrocki J., Sówka R.:** *Badania nad zastosowaniem różnych siatek filtracyjnych w procesie filtracji próżniowej zawiesin poflotacyjnych odpadów miedzianych.* Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr 472, Seria Górnictwo Nr 74/1976.
31. **Piecuch T.:** *Analityczno-empiryczne metody procesu filtracji próżniowej zawiesin mułów węglowych.* Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr 434, Seria Górnictwo Nr 67, (praca habilitacyjna) 1975.
32. **Szczepańska J.:** *Testy filtracji ciśnieniowej zrzutu po sedymentacji zawiesin węglowych pochodzących z KWK Borynia.* Prace Kat. Inż. Chem. Proc., Pol. Śl., (do użytku wewn.), Gliwice 2008.
33. **Salasowicz M.:** *Modelowanie filtracji wybranych zawiesin zrzutowych z KWK Borynia na bazie parametrów filtracji.* Prace Kat. Inż. Chem. Proc., Pol. Śl., (do użytku wewn.), Gliwice 2008.
34. **Dolina A.:** *Testy filtracji wirowej zrzutu po sedymentacji zawiesin węglowych pochodzących z KWK Borynia.* Prace Kat. Inż. Chem. Proc., Pol. Śl., (do użytku wewn.). Gliwice 2008.
35. **Żużikow W.A.:** *Filtracja. Teoria i praktyka rozdzielania zawiesin.* WNT, Warszawa, 1985.

Spis symboli i oznaczeń

- A, A₁, A₂, B, B₁, B₂, C, C₁, C₂, D – stałe zależności empirycznych (3), (4) i (5)
– constants in Eq. (3), (4) and (5)
- C – stała filtracji, m³/m²
– filtration constant, m³/m²

K	– stała filtracji, m^2/s – <i>filtration constant, m^2/s</i>
K'	– zmodyfikowana stała filtracji, $kg/(m \cdot s)$ – <i>filtration constant, $kg/(m \cdot s)$</i>
ΔP	– różnica ciśnień, Pa – <i>pressure difference, Pa</i>
a	– przyspieszenie dośrodkowe, m/s^2 – <i>centripetal acceleration, m/s^2</i>
g	– przyspieszenie ziemskie, m/s^2 – <i>acceleration due to gravity, m/s^2</i>
h	– grubość osadu w filtracji wirowej, m – <i>cake thickness after centrifugal filtration, m</i>
s_s	– współczynnik ściśliwości wg Spery'ego – <i>compressibility coefficient according to Spery</i>
u_f	– udział masowy ciała stałego w filtracie, kg/kg – <i>mass concentration of solid phase in filtrate, kg/kg</i>
u_s	– udział masowy soli w filtracie, kg/kg – <i>salt mass fraction in filtrate, kg/kg</i>
u_z	– udział masowy ciała stałego w zawiesinie, kg/kg – <i>mass concentration of solid phase in suspension, kg/kg</i>
w	– wilgotność osadu pofiltracyjnego, kg/kg – <i>moisture content of post-filtration cake, kg/kg</i>
ρ_z	– gęstość zawiesiny, kg/m^3 – <i>density of suspension, kg/m^3</i>
τ	– czas filtracji, s, min – <i>filtration time, s, min</i>
Φ	– współczynnik uwielokrotnienia – <i>multiplication coefficient</i>

Influence of Magnafloc 919 Flocculant Dosage on Centrifugal Filtration of Post-Decantation Dump Suspension

Abstract

In the paper experimental results dealing with centrifugal filtration of post-decantation dump suspension after the DECANter centrifuge and obtained in a coal mine of “Jastrzębska Spółka Węglowa”. Magnafloc-919 flocculant, used by operating service, was added to suspension. The suspension is characterized by very fine grain-size increasing during subsequent cycles, what leads, in consequence, to its replacement. This is connected not only with water and deposition costs but also with the losses of solid phase which is about 81% coal. In the mentioned coal mine 30 g of dry Magnafloc-919 flocculant per 1 Mg of dry product is added to flotoconcentrate. Floccu-

lant is dosed in a form of 0.1% gel. Therefore it appears a question if during dewatering of dump suspension containing 7÷8% of solid phase (using e.g. centrifugal or pressure filtration) flocculant should be again added, and if an answer is positive – in what amount? As a measure of dewatering efficiency, the final moisture content in cake obtained during centrifugal filtration for defined parameters of the laboratory centrifuge (adapted to a filtration centrifuge) was assumed. The test were carried out in the range of multiplication coefficient $\Phi = a/g = 251.3 \div 1786.8$ and centrifugal time $\tau = 280 \div 1800$ s for dump suspension containing a base flocculant dose of 30 g/1 Mg, and doses of 15 and 60 g/1 Mg. Each experimental run consists of 6 values of Φ and 7 of τ (altogether 42x4 points). For each experimental run tri-parameter correlations in a form of $w = f(a/g, \tau) = \exp[A(a/g)^b \tau^c] + D$ with regression coefficient $R^2 > 0.983$ were elaborated. It should be noted that however the correlations quite well describe the process they have no theoretical bases. It was stated that the Magnaflog-919 flocculant dosage in the range 15÷60 g/1 Mg of dry product, for the same a/g and τ , produced an increase of moisture content in cake after centrifugation in comparison with values obtained for dump suspension. This, rather unexpected effect, can be explained by disruption of large flocs during decantation in DECANter centrifuges and deposition of filtrate in smaller fragments or newly created flocs, for which centrifugal forces were not sufficiently high to remove it from cake. It was proved by higher values of moisture content in cake after centrifugal filtration in comparison with pressure filtration with cake compression. It was also stated the a good usability of filter cloth PT 912 for filtration, while an additive of flocculant accelerated sedimentation. Taking these into account, it seems that dewatering of dump suspension should be carried on in two stages. In the first stage suspension (with 30 g of flocculant per 1 Mg) should be directed to a settling tank, clarified liquid from this apparatus should be used in recirculation. In the second stage post-sedimentation slurry should be directed to a mixing process unit with flotoconcentrate, situated before DECANter centrifuges.

