



Odwadnianie osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej z zastosowaniem flokulantu Optifloc A-120HMW

Barbara Juraszka, Aleksandra Sumara
Politechnika Koszalińska

1. Wstęp

Odwadnianie mechaniczne polega na usuwaniu z zagęszczonego osadu wody wolnej i kapilarnej. W odwadnianiu mechanicznym wykorzystuje się [24, 25, 39]:

- siłę odśrodkową,
- filtrację cieczy przez warstwę osadu (prasy filtracyjne, prasy filtracyjno-taśmowe, prasy śrubowe, filtry próżniowe),
- procesy termiczne.

Na efekt odwadniania w wirówkach mają wpływ:

- średnica bębna i liczba obrotów (wyróżniki przyspieszenia),
- grubość osadu w bębnie,
- natężenie dopływu osadu,
- rodzaj i dawka polimeru.

W celu zwiększenia skuteczności, w procesach odwadniania i zagęszczania osadów stosuje się flokulanty (polielektrolity, polimery) [1–4, 19, 23].

Mechanizm działania polielektrolitu polega na jego adsorpcji na koloidzie lub cząstce zawiesiny z możliwością tworzenia sieci i mostków podczas flokulacji danych cząstek koloidalnych i zawiesinowych. Ponad-

to flokulanty mogą działać samodzielnie, redukując siły wzajemnego odpychania między cząstkami koloidalnymi.

Dobrze dobrany środek kondycjonujący wpływa na:

- neutralizację ładunku elektrycznego ziaren osadu, co umożliwia łączenie się ziaren osadu w większe cząstki łatwiej oddające wodę,
- łączenie cząstek, czyli aglomeracje (flokulację),
- niszczenie struktury kłaczką, co ułatwia oddawanie wody,
- zwiększenie odporności na ścinanie i ściskanie,
- zwiększenie suchej masy placka bez zwiększenia masy całkowitej osadu. Charakterystyczną cechą kondycjonowania z dodatkiem polimeru jest to, że zbyt duża dawka polimeru może pogorszyć zdolność osadu do odwadniania.

Celem niniejszej pracy była ocena skuteczności zastosowania flokulantu Optifloc A 120HMW do odwadniania osadów pokoagulacyjnych zawierających kleje organiczne na przykładzie ścieków poprodukcyjnych pochodzących z firmy Drewexim Sp. z o.o. w Nowych Bielicach.

Zakres pracy obejmował badania odwadniania osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej z zastosowaniem polimeru anionowego Optifloc A 120HMW. Wyznaczenie optymalnych parametrów prowadzenia procesu: dawki flokulanta, czasu wirowania oraz prędkości obrotowej.

2. Metodyka badań

Badania prowadzono z wykorzystaniem osadów po procesie koagulacji z zastosowaniem koagulantu PIX113, którego dawka wynosiła $1,5 \text{ g/dm}^3$. Proces sedymentacji wynosił dwie godziny. Ścieki wykorzystane do badań własnych pochodziły z procesu technologicznego Zakładu DREWEXiM [6]

W celu określenia wpływu dawki flokulantu na efekt odwadniania osadu w wirówce sedymentacyjnej wykonano serię badań przy stałym czasie wynoszącym 5 minut oraz stałej prędkości obrotowej $n = 2000 \text{ obr/min}$, kolejno dla zmiennej dawki flokulantu od 0,0 do ok. $4,0 \text{ g/kg s.m.o.}$ W efekcie wykonanej serii badań ustalono optymalną dawkę dla omawianego procesu odwadniania osadów pokoagulacyjnych.

Oznaczenia wskaźnika wilgotności osadów i zagęszczenia odcieku wykonano wg Polskiej Normy: PN-EN 12880:2004 [5, 28].

W kolejnym etapie badań dla ustalonej prędkości obrotowej $n = 2000$ obr/min oraz dawki flokulanta $D_F = 1,0$ g/kg s.m.o, wykonano próby odwirowania osadu przy różnych czasach wirowania 0,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; 15 min, oraz zbadano efekt odwadniania osadów w wirówce sedymentacyjnej na podstawie parametrów: zagęszczenia odcieku i wilgotności osadów.

Badając wpływ prędkości wirowania na parametry osadów po procesie sedymentacji odśrodkowej, jako parametr stały niezależny przyjęto czas wirowania ($t = 5$ min) oraz dawkę flokulanta ($D_F = 1,0$ g/kg s.m.o), Jako parametr zmienny niezależny przyjęto prędkość wirowania $n = 1000; 2000; 3000; 4000; 4500$ obr/min.

Badania prowadzono przy użyciu laboratoryjnej wirówki sedymentacyjnej typu MPW 341. Prezentowane wyniki są średnią arytmetyczną z pięciu prób.

W tym zakresie, praca stanowi kontynuację badań nad oczyszczaniem ścieków z przetwórstwa drewna prowadzonych od wielu lat [7–17] oraz [20–22, 26, 27]

Charakterystyka flokulantu użytego do badań

Flokulanta Optifloc A-120 HMW jest anionowym flokulantem stanowiącym kopolimer akrylamidu z przewagą zawartości grup akrylanu o wysokiej masie cząsteczkowej (HMW – high-molecular-weight), które w roztworze wodnym nadają polimerowi ładunki ujemne. Dzięki temu polimer jest skuteczny w kondycjonowaniu osadów, w których przeważają cząstki o ładunku dodatnim [18].

3. Wyniki badań

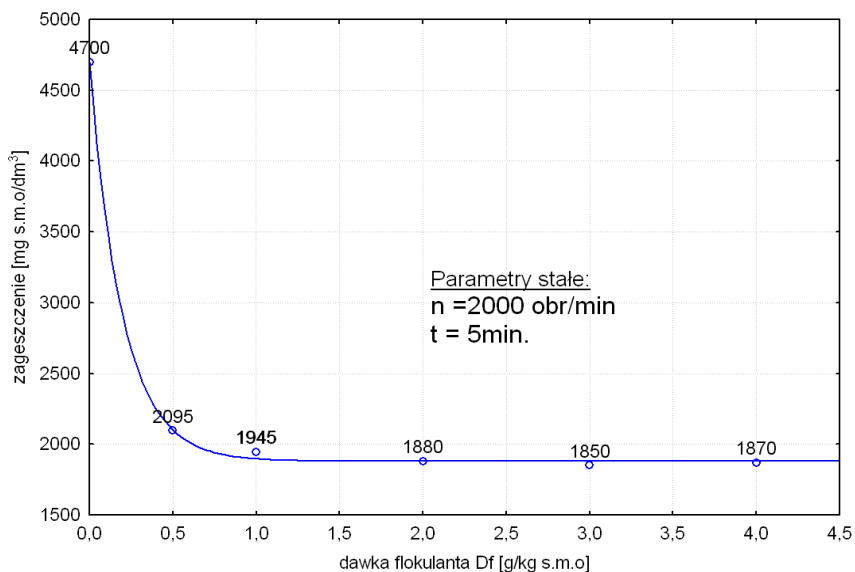
3.1. Wpływ dawki flokulantu na parametry osadów po procesie

Wyniki badań wpływu dawki flokulantu anionowego Optifloc A-120 HMW przedstawiono w tabeli 1 oraz na rys.1 i 2.

Tabela 1. Wpływ dawki flokulantu na uwodnienie osadów i zagęszczenie odcieku**Table 1.** Influence of anionic flocculant on water content in sediments and on solids concentration in eluate

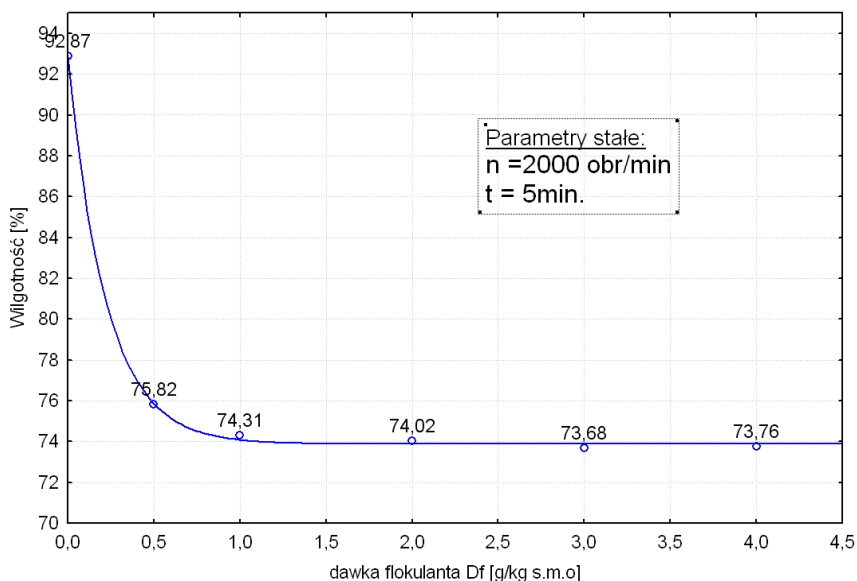
Dawka flokulantu D_F [g/kg s.m.o.]	Zagęszczenie β [mg s.m.o./dm ³]	Wilgotność W [%]
0,0	4700	92,87
0,5	2095	75,82
1,0	1945	74,31
2,0	1880	74,02
3,0	1850	73,68
4,0	1870	73,76

Na podstawie wykonanej serii badań odwadniania osadów przy stałym czasie wynoszącym 5 minut oraz stałej prędkości obrotowej $n = 2000$ obr/min określono optymalną dawkę flokulantu. Otrzymane wyniki przedstawione w tabeli 1 oraz na – rys. 1 i 2 pozwoliły określić optymalną dawkę flokulantu równą $D_F = 1,0$ [g/kg s.m.o.]. Analiza wyników badań pozwala na stwierdzenie, że im większa dawka flokulantu, tym mniejsza zawartość wilgoci w osadzie. Dla największej dawki $D_F = 4,0$ g/kg s.m.o. odnotowano wilgotność $W = 73,76\%$. Kształt krzywych przedstawionych na wykresach (rys. 1 i 2) pozwala również stwierdzić, że zwiększenie dawki flokulantu powyżej 1,0 g/kg s.m.o. nie wpływa znacząco na spadek wilgotności w osadzie oraz na zagęszczenia fazy stałej w odcieku. Zauważalny spadek wilgotności osadów następuje w wyniku działania flokulantu, który łączy mniejsze, trudno sedymentujące cząstki zawiesiny w większe, cięższe, dające większą wartość oddziaływania siły odśrodkowej na kłaczkowate aglomeraty. Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, że im większa dawka flokulantu, tym mniejsze zagęszczenie fazy stałej w odcieku, dzięki łączeniu mniejszych, trudno sedymentujących ziaren zawiesiny w większe, cięższe aglomeraty – znacznie łatwiej podlegające oddziaływaniu siły odśrodkowej. Dla największej dawki równej 4 g/kg s.m.o. odnotowano $\beta = 1870$ mg/dm³. Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, że flokulant wpływa na zmniejszenie wartości uwodnienia w osadzie oraz zagęszczenia fazy stałej w odcieku.



Rys. 1. Wpływ dawki flokulantu na zagęszczenie odcieku

Fig. 1. Influence of anionic flocculant on solids concentration in eluate



Rys. 2. Wpływ dawki flokulantu na wilgotność osadu

Fig. 2. Influence of anionic flocculant on water content in sediments

Na podstawie wyników badań przedstawionych w pracy [17], można stwierdzić, że skuteczniejszym flokulantem w procesie odwadniania osadów pokoagulacyjnych jest flokulant średnio anionowy o nazwie handlowej Praestol 2440. W pracy [17] zbadano również efekty odwadniania osadów za pomocą flokulantu słabo kationowego o nazwie PRAESTOL 610 BC. Warto tutaj zaznaczyć, że osady wykorzystane we wcześniejszych badaniach [17] oraz badaniach opisanych w niniejszej publikacji były osadami pokoagulacyjnymi pochodzącymi z oczyszczania ścieków. W procesie koagulacji zastosowano jako koagulant wodorotlenku wapnia, a jego dawka wynosiła $2,0 \text{ g/dm}^3$ [17]. W niniejszej publikacji zaprezentowano wyniki badań odwadniania osadów, powstałych w procesie koagulacji z zastosowaniem koagulantu – PIX113, którego dawka wynosiła $1,5 \text{ g/dm}^3$ [16]. Na podstawie powyższych informacji można stwierdzić, że bardzo ważną rolę w procesie odwadniania osadów pokoagulacyjnych odgrywa rodzaj zastosowanego koagulantu w procesie koagulacji.

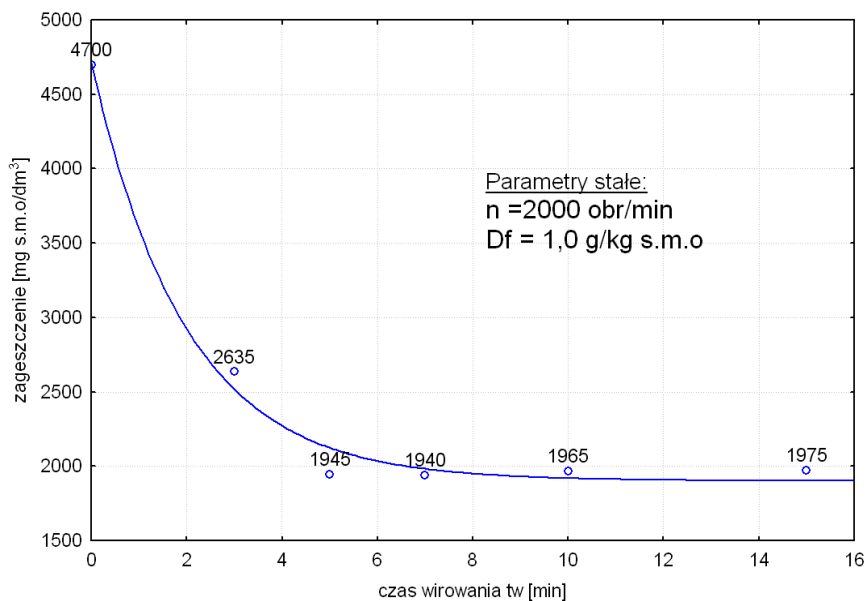
3.2. Wpływ czasu wirowania na parametry osadów po procesie

W tabeli 2 oraz na rys. 3 i 4 – przedstawiono wyniki badań nad wpływem czasu wirowania na uwodnienie osadów i zagęszczenie odcieku przy stałych obrotach ($n = 2000 \text{ obr/min}$), oraz stałej dawce flokulantu Optifloc A-120 HMW $D_F = 1,0 \text{ g/kg s.m.o.}$

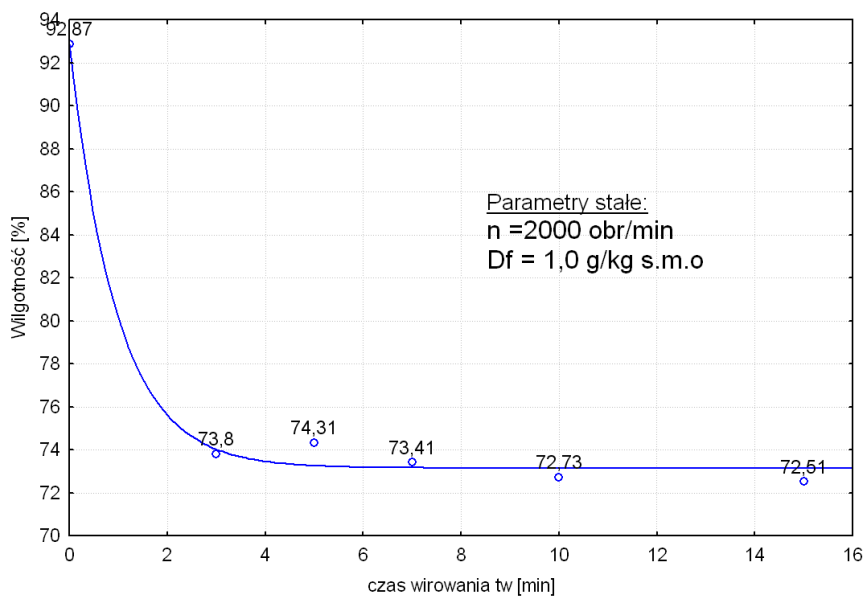
Tabela 2. Wpływ czasu wirowania na uwodnienie osadów i zagęszczenie odcieku

Table 2. Influence of rotation time on water content in sediments and on solids concentration in eluate

Czas wirowania tw [min]	Zagęszczenie β [mg s.m.o./dm ³]	Wilgotność W [%]
0,0	4700	92,87
3,0	2635	73,80
5,0	1945	74,31
7,0	1940	73,41
10,0	1965	72,73
15,0	1975	72,51



Rys. 3. Wpływ czasu wirowania t_w na zagęszczenie w odcieku
Fig. 3. Influence of rotation time on solids concentration in eluate



Rys. 4. Wpływ czasu wirowania t_w na wilgotność osadów
Fig. 4. Influence of rotation time on water content in sediments

Na podstawie wyników badań przedstawionych w tabeli 2 oraz na rys. 3 i 4 można stwierdzić, że wydłużanie czasu wirowania powoduje zmniejszenie zagęszczenia odcieku. Dla najdłuższego czasu wirowania wynoszącego 15 minut zanotowano redukcję zagęszczenia z 4700 mg/dm³ do wartości 1975 mg/dm³. Kształt krzywych pozwala stwierdzić, że wydłużanie czasu wirowania powyżej 5 minut nie wpływa znacząco na poprawę procesu. Im dłuższy czas wirowania tym dłużej siły oddziaływują na ziarna zawiesiny. Kształt krzywych pozwala również stwierdzić, że wydłużanie czasu wirowania powyżej 5 minut nie wpłynie znacząco na spadek wilgotności osadu. Najniższa odnotowana wartość wilgotności przy czasie wirowania 15 minut wynosi – 72,51%. Spadek wilgotności można tłumaczyć podobnie jak spadek zagęszczenia odcieku, im dłuższy jest czas wirowania, tym dłużej siły oddziaływują na odwadniany osad, powodując sedymentację i zagęszczenie coraz mniejszych ziarenek osadu.

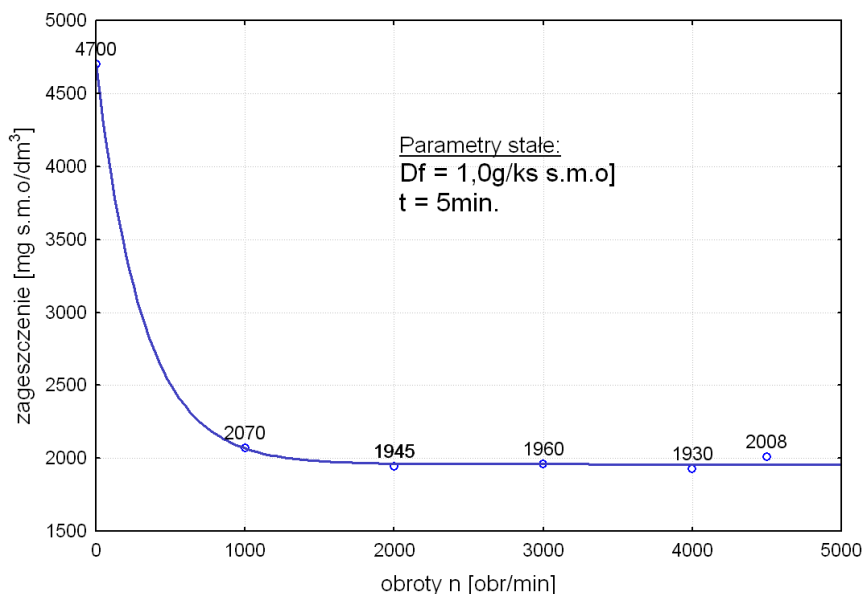
3.3. Wpływ prędkości wirowania na parametry osadów po procesie

W tabeli 3 oraz na rys. 5 i 6 – przedstawiono wyniki badań nad wpływem prędkości wirowania na uwodnienie osadów i zagęszczenie odcieku przy stałym czasie wirowania $t_w = 5$ min, oraz stałej dawce flokulantu Optifloc A-120 HMW $D_F = 1,0$ g/kg s.m.o.

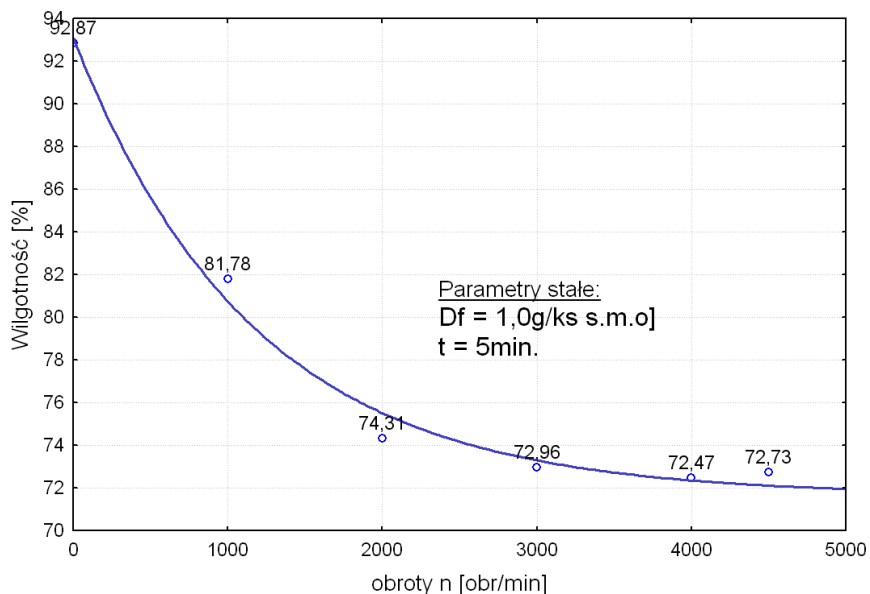
Tabela 3. Wpływ prędkości wirowania na uwodnienie osadów i zagęszczenie odcieku przy stałych: $t_w = 5$ min, $D_F = 1,0$ g/kg s.m.o.

Table 3. Influence of rotation speed on water content in sediments and on solids concentration in eluate; $t_w = 5$ min, $D_F = 1,0$ g/kg s.m.o.

Prędkość wirowania $n = [\text{obr}/\text{min}]$	Zagęszczenie odcieku $\beta [\text{mg s.m.o.}/\text{dm}^3]$	Wilgotność osadu $W [\%]$
–	4700	92,87
1000	2070	81,78
2000	1945	74,31
3000	1960	72,96
4000	1930	72,47
4500	2008	72,73



Rys. 5. Wpływ prędkości wirowania n , na zagęszczenie w odcieku
Fig. 5. Influence of rotation speed on solids concentration in eluate



Rys. 6. Wpływ prędkości wirowania n , na wilgotność osadów
Fig. 6. Influence of rotation speed on water content in sediments

Wyniki badań dotyczące wpływu prędkości wirowania na zagęszczenie fazy stałej w odcieku oraz uwodnienia osadów po procesie zaprezentowane w tabeli 3 oraz na rys. 5 i 6, wskazują, że wraz ze wzrostem prędkości wirowania maleje wartość zagęszczenia odcieku. Najlepszy wynik osiągnięto dla największej prędkości wirowania 4500 obr/min, gdzie osiągnięto obniżenie wartości zagęszczenia z 4700 mg s.m.o./dm³ na wejściu do 2008 mg s.m.o./dm³. W badaniach efektu odwadniania osadu w wirówce sedymentacyjnej określono również zależność między wilgotnością osadów po procesie a prędkością obrotową wirówki. Na podstawie wykonanej serii badań wirowania osadu przy stałym czasie wynoszącym 5 minut oraz dawce flokulantu $D_F = 1,0$ g/kg s.m.o i przy różnych prędkościach obrotowych określono optymalną prędkość wirowania, która zapewnia najniższe uwodnienie osadu. Optymalna prędkość wirowania wynosi $n = 2000$ obr/min. Kształt krzywej pozwala stwierdzić, że zwiększanie liczby obrotów powyżej 2000 obr/min nie wpływa w sposób istotny na spadek uwodnienia osadu. Najniższą wartość wilgotności osadu (72,73%) odnotowano przy $n = 4500$ obr/min. Można przyjąć, że wraz ze wzrostem prędkości obrotowej rośnie siła odśrodkowa działająca na ziarenka osadu, powodując ich sedymentację, a następnie zagęszczenie.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań określono optymalne parametry odwadniania osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej: dawka flokulantu ($D_F = 1,0$ g/kg s.m.o), czas wirowania ($t_w = 5$ min), oraz prędkość wirowania ($n = 2000$ obr/min).

Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, że im większa dawka flokulantu, tym mniejsze zagęszczenie cieczy nadosadowej.

Do osiągnięcia momentu stabilizacji (polimer nie wiąże większej ilości zawiesin), następuje wyraźna poprawa jakości odcieku.

W przeprowadzanych badaniach zaobserwowano obniżenie wilgotności osadów jakie powinno nastąpić w wyniku działania flokulantu, który łączy mniejsze, trudno sedymentujące cząstki zawiesiny w większe, cięższe, a więc dające większą wartość oddziaływania siły odśrodkowej na kłaczkowate aglomeraty.

Z przeprowadzonych badań wpływu czasu wirowania oraz obrotów na parametry osadu można stwierdzić, że w miarę wydłużania się czasu wirowania oraz większej liczby obrotów wilgotność osadów i zagęszczenie odcieku maleją do względnie stałej wartości.

Literatura

1. **Bartkiewicz B.:** *Oczyszczanie ścieków przemysłowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
2. **Bień J., Matysiak B., Wystalska K.:** *Stabilizacja i odwadnianie osadów ściekowych*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1999.
3. **Borkowski J.:** *Zastosowanie chemicznie wspomaganego procesu z osadem czynnym do oczyszczania wysokoobciążonych ścieków technologicznych z linii produkcji płyt drewnopochodnych MDF*. Sopot-Koscierzyna-Gdańsk Materiały na seminarium naukowo-techniczne Kemipol Sp. z o.o., 2009.
4. **Gniady J., Hehn Z.:** *Oczyszczanie ścieków pochodzących z przemysłu meblarskiego*. Chemia i Inżynieria Ekologiczna Tom 5 nr 1–2, Opole 1998.
5. **Hermanowicz W., Dojlido J., Kosiorowski B., Zerze J.:** *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Wydanie drugie, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1999.
6. http://drewexim.pl/pl/informacje/proces_tehnologiczny. Drewexim Sp. z o.o., 18 01 2010.
7. **Juraszka B.:** *Oczyszczanie ścieków przemysłowych pochodzących z klejenia w produkcji drzwi i oklein drewnianych* Praca doktorska, promotor prof. dr hab. inż. Tadeusz Piecuch. Politechnika Koszalińska, Koszalin 2007.
8. **Juraszka B., Piecuch T., Piekuelko J.:** *Analiza możliwości podczyszczania ścieków poprodukcyjnych Fabryki Okien i Drzwi DREWEXiM w Nowych Bielicach*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 4, Koszalin 2002.
9. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Badania odwadniania osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej*. Ekologia i Technika vol. XVI, nr 3, Bydgoszcz 2008.
10. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Badania podczyszczania ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie filtracji grawitacyjnej*. Gaz, Woda, Technika Sanitarna 4/2008.
11. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Matematyczny opis technologii podczyszczania ścieków zawierających kleje organiczne*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 9, Koszalin 2007.

12. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Podczyszczanie ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne metodą koagulacji chlorkiem żelaza*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 10, Koszalin 2008.
13. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Podczyszczanie ścieków zawierających kleje organiczne w procesie sorpcji*. Inżynieria i Ochrona Środowiska, Tom 10, NR 3, Częstochowa 2007.
14. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Spalanie osadów pokoagulacyjnych zawierających kleje organiczne oraz utylizacja powstałych popiołów*. Polityka Energetyczna, Tom 10 zeszyt 2, Wydawnictwo SIGMIE PAN. Kraków 2007.
15. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Study on Pre-Cleaning of Post Production Wastewater Containing Organic Glue by the Proces sof Coagulation with the Use of Calcium Hydroxide*. Archives of Environmental Protection. Vol 34, no 4, PAN 2008.
16. **Juraszka B., Sumara A.:** *Badania efektu oczyszczania ścieków produkcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie koagulacji z zastosowaniem koagulantu PAX XL 19F i PIX 113*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 12, Koszalin 2010.
17. **Juraszka B.:** *Oczyszczanie ścieków przemysłowych pochodzących z klejenia w produkcji drzwi i okien drewnianych*. Praca doktorska, promotor prof. dr hab. inż. Tadeusz Piecuch., Politechnika Koszalińska, Koszalin 2007.
18. Karta katalogowa flokulantu Optifloc A 120HMW firmy Korona JV Sp. z o.o. Wydanie drugie, Warszawa.
19. Macalik M. <http://ekonatura.org>. *Sposoby przetwarzania osadów ściekowych część 3*.2005.
20. **Malej J.:** *Usuwanie zawiesin ziarnistych i trudnoopadających ze ścieków przemysłu drzewnego*". Koszalin-Kołobrzeg : Materiały konferencyjne pt "Współczesne problemy gospodarki wodno-ściekowej" 305–314 (1997).
21. **Malej J., Hołubowicz D.:** *Badania technologiczne nad oczyszczaniem ścieków z Zakładu płyt pilśniowych Alpex w Karlinie*". Koszalin : Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Nr 11. 77–87 (1996).
22. **Malej J., Hołubowicz D.:** *Badania technologiczne nad oczyszczaniem ścieków z Zakładu płyt pilśniowych Alpex w Karlinie* . Koszalin : Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Nr 11, 77–87 (1996).
23. **Pepliński M., Lidzbarski M.:** www.old.kemipol.com.pl. Chemiczne wspomaganie usuwania koloidalnych związków węgla i azotu organicznego ze ścieków za pomocą koagulantu glinowego PAX XL 1905 w oczyszczalni w Tczewie. [Online].
24. **Piecuch T.:** *Technika Hydroszlamowa*. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2002; (wyd. III).

25. **Piecuch T.:** *Technika wodno mułowa, urządzenia i procesy*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010.
26. **Piecuch T., Piekarski J.:** *Opracowanie technologii podczyszczania ścieków przemysłowych pochodzących z produkcji płyt wiórowych*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 3, Koszalin 2002.
27. **Piekarski J.:** *Opracowanie technologii oczyszczania ścieków przemysłowych pochodzących z produkcji płyt wiórowych*. Rozprawa doktorska, promotor prof. dr hab. inż. Tadeusz Piecuch., Politechnika Warszawska, Warszawa 2002.
28. Polska Norma: PN-EN 12880:2004. *Charakterystyka osadów ściekowych. Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody*: Polski Komitet Normalizacyjny, 2004.
29. Praca zbiorowa. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. Poznań PZITS, 1997.

Research on Centrifugal Dewatering of Post-coagulation Sediments Using Anionic Flocculant Optifloc A-120HMW

Abstract

Purpose of this study was to evaluate the effectiveness of application the flocculant for dewatering of sediments from coagulation of wastewater containing organic glues. Wastewater is coming from the Drewexim Company located in Nowe Bielice. The scope of this study was to test dewatering of sediments after coagulation in the centrifugal sedimentation process using anionic flocculant Optifloc A120HMW.

The results of research were optimal parameters of conducting process of sediments dewatering: flocculant dose – ($D_F = 1.0$ g/kg dry mass, time of centrifugation – ($t_w = 5$ min), and rotation speed ($n = 2000$ 1/min). Quality of sediment and effluent was determined using various parameters. Analysis of the results of the research leads to the conclusion, that with increasing dose of flocculant, solids content in effluent decreases. Till the moment of stabilization is reached (the polymer doesn't bind any more), the quality of the effluent improves. Reduction of water content in the sediments, which should take place as a result of flocculant action, which combines smaller and hardly settling particles of suspension, into bigger, heavier floccules was observed. Such agglomerates give greater value of centrifugal force. Research on the influence of rotation time and speed, shows that with increase of rotation time and speed, water content in sediments and solids concentration in effluent decreases to constant value.