

BADANIA TECHNOLOGICZNE NAD PRZERÓBKĄ OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z HUT MIEDZI

Praca zawiera wyniki badań technologicznych nad przeróbką osadów, powstających przy oczyszczaniu ścieków przemysłowych w hutach miedzi. Osady ściekowe bez przeróbki gromadzone są w stawach osadowych. Duże ilości i wysoki stopień uwodnienia osadów sprawiają, że do ich gromadzenia stosowane są głównie zbiorniki ziemne o dużej objętości, wymagające izolacji w celu wyeliminowania ujemnego działania uwodnionych osadów na wody gruntowe. Przeprowadzone badania nad przeróbką osadów wykazały, że rozpatrywane osady, zawierające w przeważającej mierze substancje nieorganiczne zagęszczają się stosunkowo dobrze, a najwłaściwszą metodą ich przeróbki jest mechaniczne odwadnianie na filtry próżniowym. Odwodnione osady można będzie unieszkodliwić przez składowanie na wysypisku.

W hutach miedzi powstają trzy odrębne grupy ścieków produkcyjnych [1, 10]:

- ścieki przemysłowo-deszczowe
- ścieki kwaśne
- ścieki z mokrego odpylania gazów szkodliwych (ścieki z MOG).

Rodzaj zanieczyszczeń, znajdujących się w ściekach uniemożliwia wspólne ich oczyszczanie i dlatego przed odprowadzaniem do odbiornika każda z wymienionych grup ścieków oczyszczana jest indywidualnie przy zastosowaniu odrębnych technologii i urządzeń. Wydzielone w trakcie oczyszczania osady ściekowe gromadzone są bez przeróbki w stawach osadowych. Du-

że ilości i wysoki stopień uwodnienia osadów ściekowych (około 99%) sprawiają, że do ich gromadzenia niezbędne są zbiorniki ziemne o dużej objętości, dobrze izolowane w celu zapobieżenia skażeniu wód gruntowych.

Z uwagi na zwiększone wymagania ochrony wód w odbiornikach opracowano bardziej skuteczne metody oczyszczania poszczególnych grup produkcyjnych, oparte na procesach fizyko-chemicznych [6, 8, 9]. Ich efektywność wiąże się z powstawaniem dużej ilości osadów ściekowych. Równolegle zatem z opracowywaniem technologii oczyszczania ścieków prowadzono badania nad przeróbką osadów. Celowość przeprowadzenia takich badań wynikała również

z faktu, że dotychczas w hutach miedzi za najpilniejszą sprawę uznawano opracowanie jak najskuteczniejszych metod oczyszczania ścieków. Zagadnienie przeróbki osadów pomijano zakładając, że będą one gromadzone w stawach osadowych. Stąd brak było podstawowych danych odnośnie charakterystyki osadów oraz badań dotyczących ich przeróbki.

Wstępna analiza osadów wykazała, że w przeważającej mierze składają się one z substancji mineralnych, co wyraźnie zasugerowało mechaniczną ich przeróbkę.

Metodyka i zakres badań

Ilość osadów niezbędną do przeprowadzenia założonego programu badawczego otrzymywano na drodze ich wydzielania w urządzeniach o odpowiedniej objętości, stosując dla każdej z omawianych grup ścieków ustalone wcześniej najkorzystniejsze warunki procesu oczyszczania [6, 8, 9]:

1. Ścieki przemysłowo-deszczowe w ilości 2000—2500 dm³ po uprzedniej korekcie odczynu wapnem hydratyzowanym Ca(OH)₂ do pH 8,5—9,0 koagulowano w zbiorniku stalowym (v=3000 dm³) siarczanem żelazowym (FeSO₄·7H₂O) w dawce 60 mg/dm³. Proces koagulacji wspomagano flokulantem krajowym o nazwie handlowej Rokrysol WF-1 w dawce 0,2 mg/dm³ (w przeliczeniu na substancję aktywną) [9]. Po 1-godzinnym okresie sedymentacji ilość osadów pokoagulacyjnych wynosiła 1,5—2,0% objętości ścieków.
2. Ścieki kwaśne (100—150 dm³) neutralizowano w zbiorniku kwasoodpornym (V=200

dm³) 10%-wym mlekiem wapiennym do pH 9,0—9,5 [6]. Po dwugodzinnym okresie sedymentacji ilość osadów poneutralizacyjnych wynosiła objętościowo 7—10% ilości ścieków.

3. Ścieki z mokrego odpylania gazów sztabowych (ścieki z MOG) w ilości około 2000 dm³ oczyszczano w reaktorze stalowym (v=3000 dm³) dwuetapowo. W pierwszym etapie ścieki alkalizowano wapnem hydratyzowanym do pH 10—11 i napowietrzano je w przeciągu 2 godzin. W drugim etapie prowadzono dalsze oczyszczanie ścieków podchlorynem sodowym w dawce 25 g/dm³. Czas kontaktu ścieków podchlorynem sodowym (o zawartości 160 g/dm³ czynnego chloru) wynosił 15 minut [8]. Po dwugodzinnym okresie sedymentacji ilość osadów wynosiła objętościowo 4—6% ilości ścieków.

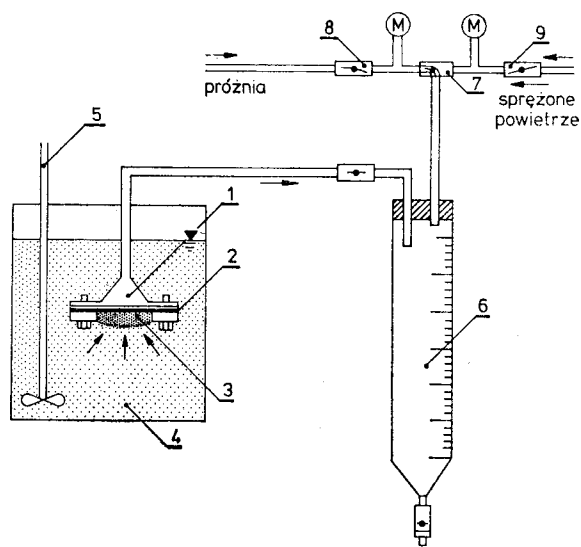
Wydzielone osady w stosowanych operacjach technologicznych, zagęszczano grawitacyjnie przez okres dwudziestu czterech godzin w rurach szklanych o średnicy 0,06 m i wysokości 0,75 m.

Badania nad grawitacyjnym zagęszczaniem przeprowadzono również dla mieszaniny osadów sporządzonej przy następujących stosunkach objętościowych, wynikających z procentowego udziału poszczególnych osadów w ogólnym bilansie osadowym [1]: 70% osadów pokoagulacyjnych, 25% osadów poneutralizacyjnych i 5% osadów z oczyszczania ścieków z MOG. W trakcie zagęszczania w określonych odstępach czasowych (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 12,0; 16 i 24 h) mierzono wysokość warstwy osadowej i oznaczano w niej stężenie zawiesin. Uzyskane wyniki pozwoliły na ustalenie opty-

malnego czasu zagęszczania dla każdego z badanych osadów.

Próby osadów przed i po zagęszczeniu analizowano w zakresie następujących wskaźników: odczyn pH, gęstości, uwodnienia, zawartości fenoli oraz stężenia zawiesin z podziałem na substancje mineralne i lotne. Dla osadów zagęszczonych oznaczano ponadto współczynnik ściśliwości i opór właściwy filtracji [3, 4, 6].

W cieczy osadowej oznaczano: odczyn pH, utlenialność, ChZT, fenole, zawiesiny, związki rozpuszczone, siarczany, miedź, nikiel, cynk i ołów. Osady zagęszczone wykorzystywano do dalszych badań nad ich próżniowym odwadnianiem. Próby odwadniania przeprowadzano przy użyciu ssawki o powierzchni filtracji $0,01 \text{ m}^2$ (dobór tkaniny filtracyjnej i określenia wydajności filtracji). Celem doboru właściwej przerody filtracyjnej przebadano następujące tkaniny produkcji krajowej: stylonowe PT-13, PT-45 i PT-55, bawełniane BT-3, BT-16 i BT-72 oraz tkaniny z włókna szklanego ST-1, ST-4 i ST-19. Próby odwadniania prowadzono w różnych warunkach, zmieniając kolejno: wielkość próżni (ciśnienia), stężenie zawiesin w nadawie oraz czas trwania filtracji formującej i suszenia placka osadowego. Wydajność poszczególnych prób filtracji wyznaczono na podstawie pomiaru czasu filtracji, wagi placka osadowego uzyskanego z powierzchni całej ssawki oraz stopnia jego uwodnienia. Wyniki podawano w kg suchej masy osadu w odniesieniu do jednego metra kwadratowego powierzchni filtracyjnej i jednogodzinnego czasu trwania filtracji ($\text{kg s.m./m}^2 \text{ h}$). Filtrat analizowano w zakresie tych samych wskaźników co ciecz osadową. Laboratoryjny zestaw do prób filtracji próżniowej i doboru tkanin filtracyjnych przedstawiono na rys. 1.



1. Ssawka laboratoryjna
2. Tkanina filtracyjna
3. Placek osadu
4. Osady po filtracji
5. Mieszadło mechaniczne wolnoobrotowe
6. Pojemnik filtratu
7. Zawór trójdrożny doprowadzający sprężone powietrze lub próżnię
8. Zawór regulujący wielkość próżni
9. Zawór regulujący wielkość ciśnienia

Rys. 1 Laboratoryjny zestaw do prób filtracji próżniowej i doboru tkanin filtracyjnych.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Charakterystyka osadów surowych

Rozpatrywane rodzaje osadów surowych charakteryzowały się ciemnopopielatą barwą, specyficznym zapachem oraz jednorodną strukturą (kłaczkową osadów pokoagulacyjnych i z

oczyszczania ścieków z MOG, wyraźnie krystaliczną osadów poneutralizacyjnych i kłaczkowato-krystaliczną mieszaniny osadów). Odczyn pH osadów był alkaliczny, co spowodowane było użyciem wapna w poszczególnych operacjach oczyszczania ścieków. Zakres wartości liczbowych pH był najniższy dla osadów z oczyszczania ścieków z MOG (obniżenie odczynu pH przez chlor, wywiązujący się z rozkładu podchlorynu) i najwyższy dla osadów poneutralizacyjnych. Gęstość osadów i zawartość w nich zawieszin były ściśle związane z uwodnieniem. Najwyższym uwodnieniem charakteryzowały się osady z oczyszczania ścieków z MOG, a najniższym osady poneutralizacyjne. Stąd też gęstość osadów i zawartość zawieszin były odpowiednio najmniejsze dla osadów z oczyszczania ścieków z MOG i największe dla osadów poneutralizacyjnych. Osady te, w przeciwieństwie do osadów pokoagulacyjnych charakteryzowały się najwyższą zawartością substancji mineralnych i najniższą zawartością substancji lotnych. Właściwość ta wiąże się ściśle z rodzajem zanieczyszczeń, znajdujących się w oczyszczanych ściekach produkcyjnych.

Najwyższą zawartość fenoli stwierdzono w osadach z oczyszczania ścieków pochodzących

z MOG a najniższą w osadach pokoagulacyjnych, co odpowiadało ich stężeniom w ściekach, z których wydzielano analizowane osady. Stosunkowo wąski zakres wartości liczbowych branych pod uwagę wskaźników należy tłumaczyć tym, że do wydzielania osadów pobierano ścieki produkcyjne ze zbiorników uśredniających o czasie przetrzymania 8 h. Celem zmniejszenia objętości osadów i zawartości wody, poddawano je zagęszczaniu grawitacyjnemu. Skład fizyczno-chemiczny osadów surowych podano w tabeli 1.

Charakterystyka osadów zagęszczonych

Osady zagęszczone (tabela 2) charakteryzowały się w stosunku do osadów surowych podwyższonymi wartościami liczbowymi gęstości i stężenia zawieszin. W osadach pokoagulacyjnych nastąpił również nieznaczny wzrost substancji lotnych, a w pozostałych osadach zaobserwowano nieznaczny wzrost substancji mineralnych. Zwiększeniu w stopniu minimalnym uległ także odczyn pH zagęszczonych osadów, za wyjątkiem osadów z oczyszczania ścieków z MOG gdzie pozostały chlor wolny spowodował obniżenie odczynu pH. Wolny chlor w wyniku dal-

Tabela 1

SKŁAD FIZYCZNO-CHEMICZNY OSADÓW SUROWCOWYCH Z OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW PRODUKCYJNYCH Z HUT MIEDZI

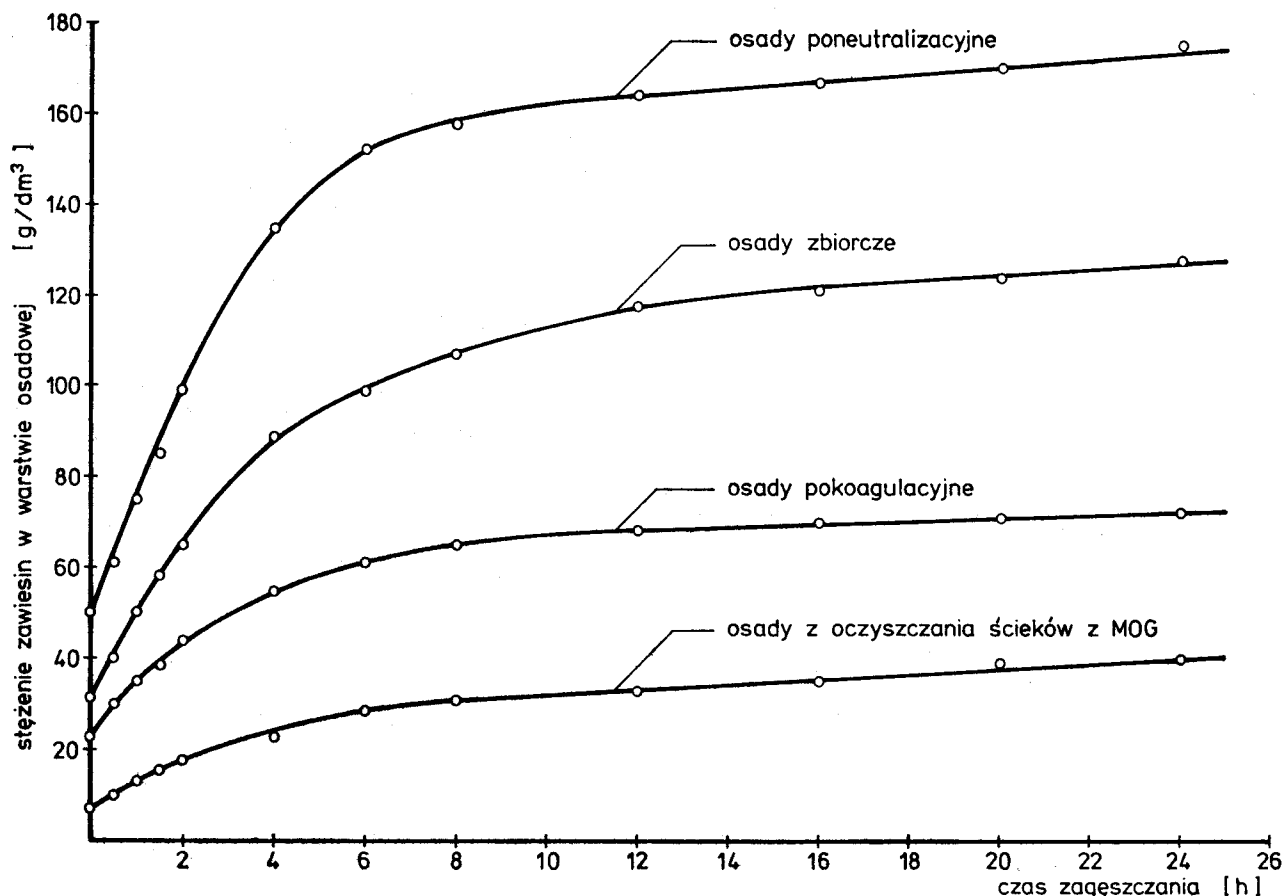
L.p.	Wskaźnik	Jednostki	Rodzaj osadów i zakres stężeń poszczególnych wskaźników (liczba pomiarów n=24)			
			pokoagulacyjne	poneutralizacyjne	z oczyszczania ścieków z MOG	mieszanina osadów
1. Odczyn	pH		8,3—8,8	9,0—9,5	7,5—8,5	8,6—9,1
2. Gęstość	g/cm ³		1,002—1,010	1,010—1,020	1,002—1,006	1,006—1,015
3. Uwodnienie	%		96,0—98,9	92,9—96,8	99,0—99,5	95,5—98,4
4. Stężenie zawieszin	g/dm ³		11,0—40,0	32,0—71,0	5,0—10,0	16,0—45,0
substancje mineralne	% s.m.		74,1—87,8	88,4—91,7	89,5—92,4	79,1—90,3
substancje lotne	% s.m.		12,2—25,9	8,3—11,6	7,6—10,5	9,7—20,9
5. Fenole	mg/dm ³		poniżej 0,05	0,05—0,08	0,15—1,20	0,06—0,08

**SKŁAD FIZYCZNO-CHEMICZNY OSADÓW Z OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW PRODUKCYJNYCH Z HUT MIEDZI ZAGĘSZCZONYCH
GRAWITACYJNIE PRZEZ OKRES 6 H**

L.p.	Wskaźnik	Jednostka	Rodzaj osadów i zakres stężeń poszczególnych wskaźników (liczba pomiarów n=24)			
			pokoagulacyjne	poneutralizacyjne	z oczyszczania ścieków z MOG	mieszanina osadów
1.	Odczyn	pH	8,5—8,9	9,2—9,6	7,3—8,3	8,7—9,2
2.	Gęstość	g/dm ³	1,010—1,020	1,020—1,045	1,008—1,015	1,010—1,035
3.	Uwodnienie	%	92,3—94,8	82,2—87,4	96,3—97,6	87,9—93,0
4.	Stężenie zawiesin	g/dm ³	52,0—77,0	126—178	24,0—37,0	70—121
5.	substancje mineralne	% s.m.	73,5—87,0	89,0—92,2	90,1—93,0	79,5—90,9
	substancje lotne	% s.m.	13,0—26,5	7,8—11,0	7,0—9,9	9,1—20,5
6.	Fenole	mg/dm ³	0,05—0,07	0,07—0,10	0,10—1,0	0,08—0,10
7.	Opór właściwy filtracji (r)	m/kg	563×10^{-10}	$1,08 \times 10^{-10}$	962×10^{-10}	$19,6 \times 10^{-10}$
7.	Współczynnik ściśliwości (s)	—	0,60	0,30	0,85	0,54

szego utlenienia spowodował w tych osadach zmniejszenie zawartości fenoli. Natomiast w pozostałych osadach w wyniku zagęszczania nastąpił wzrost ich zawartości. Barwa osadów zagęszczonych pozostała bez zmian, struktura ich stała się jeszcze bardziej jednorodna a zapach znacznie intensywniejszy (zapach fenoli i połączeń siarkowych — merkaptany). Stopień uwodnienia poszczególnych osadów uległ następującemu obniżeniu: osadów pokoagulacyjnych o około 4%, osadów poneutralizacyjnych o około 10%, osadów z oczyszczania ścieków z MOG o około 2,5% i mieszaniny osadów o około 6,5%. Wyraźnemu zmniejszeniu uległa objętość osadów zagęszczonych: pokoagulacyjnych i z oczyszczania ścieków z MOG 1,8 razy, mieszaniny osadów dwukrotnie i poneutralizacyjnych 2,5

кратно. Mimo dość znacznego zmniejszenia objętości, osady z oczyszczania ścieków z MOG wykazywały nadal wysokie uwodnienie (średnio około 96%), ponieważ składały się one głównie z wodorotlenków metali i dlatego efekt zagęszczania był tu najgorszy. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że proces zagęszczania grawitacyjnego badanych osadów jest skuteczny i jak najbardziej celowy. Optymalny czas zagęszczania grawitacyjnego ustalono na 6 h (rys. 2). Wartości liczbowe oporu właściwego i współczynnika ściśliwości osadów wskazują, że osady poneutralizacyjne odwadniać się będą mechanicznie bardzo dobrze, mieszanina osadów dobrze, osady pokoagulacyjne przeciętnie, a osady z oczyszczania ścieków z MOG źle.



Rys. 2 Próby zagęszczania grawitacyjnego osadów z oczyszczania ścieków produkcyjnych z hut miedzi.

Osady powstające w wyniku oczyszczania ścieków z MOG winny być przed mechanicznym odwadnianiem kondycjonowane [6]. Zmieszanie osadów okazało się metodą bardzo skuteczną. Udział osadów poneutralizacyjnych w ogólnej mieszaninie osadów w bardzo znacznym stopniu polepszał zdolności do zagęszczania grawitacyjnego pozostałych osadów. Osady poneutralizacyjne zawierające dość znaczne ilości gipsu, część nieprzereagowanego wapna oraz wodorotlenki metali ciężkich wpływały kondycjonująco na resztę składników mieszaniny osadów.

Charakterystyka cieczy osadowych

Ciecze osadowe z zagęszczania badanych osadów były praktycznie bezbarwne. Charakteryzowały się one intensywnym specyficznym zapachem oraz wysoką mętnością, pochodzącą od niedostatecznie wysedymetowanych, bardzo drobnych zawiesin organicznych jak i mineralnych. Obecność zawiesin w cieczach osadowych była również powodem podwyższenia wartości liczbowych wskaźników tlenowych (głównie ChZT) i metali ciężkich (Cu, Zn, Ni, Pb). Zawartość związków rozpuszczonych świadczy o dość dużym zasoleniu cieczy osadowych, a zawartość fenoli, będąca praktycznie taka sama jak w osadach dowodzi, że zanieczyszczenia te są absorbowane przez osady w sposób trwały. Ciecze osadowe jako silnie zanieczyszczone winny być kierowane do oczyszczalni w celu ich oczyszczenia. Skład fizyczno-chemiczny cieczy osadowych podano w tabeli 3.

Owadnianie osadów

Dobór tkanin filtracyjnych

Dobór odpowiedniej tkaniny (przegrody) filtracyjnej do urządzeń mechanicznych przy odwadnianiu osadów ściekowych ma bardzo duże znaczenie. Od rodzaju i charakteru tkaniny filtracyjnej zależą w poważnej mierze wydajność i sprawność filtracji, a także stopień odwodnienia osadów. Tkanina filtracyjna powinna charakteryzować się: małym oporem właściwym, odpornością na korozję, dużą wytrzymałością mechaniczną i dostosowaniem do rodzaju fil-

trowanego osadu. Odpowiednio dobrana tkanina filtracyjna w ciągu wielu cykli pracy nie zmienia swych właściwości, gwarantując przez to przebieg filtracji z ustaloną wydajnością. Aby uzyskać jak najlepsze wyniki odwadniania należy więc każdorazowo przeprowadzić badania nad doбором tkaniny filtracyjnej dla konkretnego osadu przeznaczonego do tej operacji. Jako przegrody filtracyjne spełniające powyższe wymagania stosowane są najczęściej tkaniny z włókien syntetycznych, znane przeważnie pod nazwami firmowymi, różnymi dla identycznych niemal produktów wytwarzanych przez poszczególne firmy [5]. W Polsce produkowany jest szeroki asortyment tkanin filtracyjnych i dlatego do badań nad doбором właściwszej tkaniny filtracyjnej użyto wyłącznie tkanin krajowych. Aby wyniki badań były porównywalne próby prowadzone były w tych samych warunkach (czas filtracji formującej i suszenia placka osadowego, wielkość próżni, stężenie zawiesin w nadawie). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że w grupie tkanin styronowych najlepsze właściwości filtracyjne miała tkanina PT-13, w grupie tkanin bawełnianych tkanina BT-16, a w grupie tkanin z włókna szklanego tkanina ST-1.

Stosowanie tych tkanin pozwalało na osiągnięcie dobrej wydajności filtracji i uzyskanie placków osadowych o dość wysokim stopniu odwodnienia. Najwyższą wydajność filtracji uzyskano przy tkaninie ST-1, a najniższą przy tkaninie BT-16 (niższa o około 8%). Odwodnienie osadów było najlepsze w tych próbach gdzie w charakterze przegrody filtracyjnej stosowano tkaninę PT-13, a najgorsze przy stosowaniu tkaniny ST-1 (około 4%). Zawartość zawiesin w filtracie była najmniejsza przy odwadnianiu osadów przez tkaninę PT-13 (o około 0,3 g/dm³) i największa przy stosowaniu tkaniny ST-1 (około 2 g/dm³). Regeneracja tkanin filtracyjnych (pranie) była skuteczna, a właściwości filtracyjne tkanin regenerowanych tylko nieznacznie były gorsze od tkanin nieregenerowanych. Tkaniny PT-13 i BT-16 charakteryzowały się dobrą wytrzymałością mechaniczną, natomiast wytrzymałość mechaniczna tkaniny ST-1 była dużo gorsza (pękała). Do badań nad ustaleniem optymalnych parametrów odwadniania poszczególnych osadów wytypowano tkaninę PT-13.

Tabela 3

SKŁAD FIZYCZNO-CHEMICZNY CIECZY OSADOWYCH PO ZAGĘSZCZANIU GWARANCYJNYM OSADÓW SUROWYCH (CZAS ZAGĘSZCZANIA 6 h)

L.p.	Wskaźnik	Jednostka	Rodzaj cieczy osadowej i zakres stężeń poszczególnych wskaźników (liczba pomiarów n=24)			
			po zagęszczaniu osadów pokaagulacyjnych	po zagęszczaniu osadów poneutralizacyjnych	po zagęszczaniu osadów z oczyszczania ścieków z MOG	po zagęszczaniu mieszaniny osadów
1.	Odczyn	pH	8,3—8,8	9,0—9,5	7,5—8,5	8,6—9,1
2.	Utlenialność	mgO ₂ /dm ³	18,4—29,6	35,5—44,8	255—430	29,6—39,8
3.	ChZT	mgO ₂ /dm ³	53,6—81,6	141,7—174,7	1046—1634	89,2—122,1
4.	Fenole	mg/dm ³	poniżej 0,05	0,05—0,07	0,15—1,20	0,06—0,10
5.	Zawiesiny	mg/dm ³	49,6—94,2	64,8—112,4	73,1—102,8	59,8—98,8
6.	Zw. rozpuszczone	mg/dm ³	759—846	2708—3237	5615—6892	1486—1721
7.	Siarczany	mgSO ₄ /dm ³	120—292	1762—2174	1133—1450	582—803
8.	Miedź	mgCu/dm ³	0,10—0,40	0,15—0,76	0,22—0,35	0,15—0,50
9.	Nikiel	mgNi/dm ³	0,10—0,25	0,60—0,85	0,20—0,45	0,20—0,45
10.	Cynk	mgZn/dm ³	0,20—0,30	0,20—0,50	0,35—0,60	0,25—0,35
11.	Ołów	mgPb/dm ³	0,10—0,70	0,15—0,65	0,15—0,50	0,10—0,60

Odwadnianie osadów pokoagulacyjnych

Osady pokoagulacyjne odwadniano przy następujących parametrach filtracji:

- czas filtracji formującej $t_f=1,0-4,0$ min.
- czas suszenia placka osadowego $t_s=1,0-4,0$ min.
- wielkość próżni 225—675 mm sł. Hg, co odpowiadało ciśnieniu 30—90 kN/m²
- stężenie zawiesin w nadawie 52—77 g/dm³.

Przy tych parametrach uzyskano wydajność filtracji 10,8—19,1 kg s.m./m² h i placek osadowy o uwodnieniu 63,8—70,2%. Jako optymalne parametry ustalono:

- czas filtracji formującej 3,0 min.
- czas suszenia placka osadowego 3,0 min.
- wielkość próżni (ciśnienia) 375 mm sł. Hg (50 kN/m²).

Odwadnianie osadów poneutralizacyjnych

Stosowano następujące parametry filtracji:

- czas filtracji formującej $t_f=0,5-2,0$ min.
- czas suszenia placka osadowego $t_s=0,3-1,0$ min.
- wielkość próżni (ciśnienia) 225—675 mm sł. Hg (30—90 kN/m²)
- stężenie zawiesin w nadawie 126—178 g/dm³.

Wydajność filtracji wynosiła 251—406 kg s.m./m² h, uwodnienie placka osadowego 45—55%. Jako optymalne parametry dla filtracji tych osadów ustalono:

- czas filtracji formującej 1 min.
- czas suszenia placka osadowego 0,5 min.
- wielkość próżni (ciśnienia) 375 mm sł. Hg (50 kN/m²).

Odwadnianie osadów po oczyszczeniu ścieków z MOG

Odwadnianie próżniowe tych osadów prowadzono przy następujących parametrach:

- czas filtracji formującej $t_f=1,0-4,0$ min.
- czas suszenia placka osadowego $t_s=1,0-4,0$ min.
- wielkość próżni (ciśnienia) 225—675 mm sł. Hg (30—90 kN/m²)
- stężenie zawiesin w nadawie 24—37 g/dm³.

Przy tych parametrach uzyskano wydajność filtracji 1,7—6,1 kg s.m./m² h i placek osadowy o uwodnieniu 77,8—84,2%. Jako optymalne parametry ustalono:

- czas filtracji formującej 3 min.
- czas suszenia placka osadowego 3 min.
- wielkość próżni (ciśnienia) 375 mm sł. Hg (50 kN/m²).

Odwadnianie mieszaniny osadów

Stosowano następujące parametry filtracji:

- czas filtracji formującej $t_f=0,5-3,0$ min.
- czas suszenia placka osadowego $t_s=0,5-1,5$ min.
- stężenie zawiesin w nadawie 70—121 g/dm³
- wielkość próżni (ciśnienia) 225—675 mm sł. Hg (30—90 kN/m²).

Przy tych parametrach filtracji uzyskano wydajność 134—172 kg s.m./m² h. Uwodnienie placka osadowego wynosiło 53,4—62,6%. Jako optymalne parametry ustalono:

- czas filtracji formującej 1 min.
- czas suszenia placka osadowego 1 min.
- wielkość próżni (ciśnienia) 375 mm sł. Hg (50 kN/m²).

Wyniki prób potwierdziły wstępne przewidywania (podane na podstawie oporu właściwego filtracji i współczynnika ściśliwości), że osady pokoagulacyjne należą do grupy osadów mechanicznie odwadniających się przeciętnie, osady poneutralizacyjne do odwadniających się bardzo dobrze, mieszanina osadów do odwadniających się dobrze i osady z oczyszczania ścieków z MOG do odwadniających się źle (należy je kondycjonować lub mieszać z innymi osadami). Wyniki odwadniania poszczególnych osadów podano w tabeli 4.

Charakterystyka filtratów

Skład fizyczno-chemiczny filtratów był podobny do składu fizyczno-chemicznego cieczy osadowych (tabela 3), z tą tylko różnicą, że w filtracie ilość zawiesin była znacznie większa (ta-

Tabela 4
WYNIKI ODWADNIANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z HUT MIEDZI
KANINA FILTRACYJNA PT-13, PRÓŻNIA (CIŚNIENIE) 375 mm sł. Hg (50 kN/m²).

Powierzchnia ssawki filtracyjnej 0,01 m ²		Wartość (liczba pomiarów n=24)		
Rodzaj osadów i parametr filtracji	Jednostki	min.	maks.	śred. (50%)
Osady pokoagulacyjne				
Uwodnienie placka osadowego	%	63,8	70,2	67,6
Wydajność filtracji	kg sm/m ² h	10,8	19,1	13,9
Stężenie zawiesin w filtracie	mg/dm ³	107	305	219
Osady poneutralizacyjne				
Uwodnienie placka osadowego	%	45	55	50
Wydajność filtracji	kg sm/m ² h	251	406	319
Stężenie zawiesin w filtracie	mg/dm ³	114	230	181
Osady z oczyszczania ścieków z MOG				
Uwodnienie placka osadowego	%	77,8	84,2	81,5
Wydajność filtracji	kg sm/m ² h	1,7	6,1	2,9
Stężenie zawiesin w filtracie	mg/dm ³	100	251	139
Mieszanina osadów				
Uwodnienie placka osadowego	%	53,4	62,6	57,0
Wydajność filtracji	kg sm/m ² h	134	172	146
Stężenie zawiesin w filtracie	mg/dm ³	99	239	165

bela 4). Analiza prób sączonych filtratu wykazała, że zawartość metali ciężkich (Cu, Ni, Zn, Pb) jest taka sama jak w ściekach oczyszczonych [6, 8, 9]. Stąd wynika wniosek, że podwyższona zawartość metali ciężkich w filtracie spowodowana jest nadmierną ilością zawieszin (wodorotlenki metali ciężkich), a nie rozpuszczalnością tych metali. Filtrat podobnie jak ciecz osadowe winny być kierowane do oczyszczania wspólnie ze ściekami.

Wnioski

1. Skład fizyczno-chemiczny osadów, a w szczególności wysoka zawartość substancji mineralnych pozwala wnioskować, że najwłaściwszą przeróbką badanych osadów będzie przeróbka mechaniczna.
2. W wyniku zagęszczania grawitacyjnego osadów uzyskano: dla osadów pokoagulacyjnych zmniejszenie zawartości wody o około 4% i objętości 1,8 razy, dla osadów poneutralizacyjnych zmniejszenie zawartości o około 10% i objętości około 2,5 razy, dla osadów z oczyszczania ścieków z MOG zmniejszenie zawartości wody o około 2,5% i objętości 1,8 razy, dla mieszaniny osadów zmniejszenie wody o około 6,5% i objętości około 2,0 razy.
3. Osady pokoagulacyjne, poneutralizacyjne i mieszanina osadów mogą być z dobrym skutkiem odwadniane na filtrze próżniowym z zastosowaniem w charakterze przegrody filtracyjnej osadów odwadnianie na filtrze próżniowym z zastosowaniem w charakterze przegrody filtracyjnej tkaniny stylonowej PT-13 lub innej tkaniny o zbliżonych parametrach filtracyjnych.
4. Osady z oczyszczania ścieków z MOG ze względu na wysokie wartości liczbowe oporu właściwego filtracji i współczynnika ściśliwości nie nadają się do mechanicznego odwadniania i uprzednio winny być kondycjonowane lub mieszane z innymi osadami.
5. Najbardziej ekonomiczne będzie wspólne zagęszczanie i odwadnianie wszystkich osadów zmieszanych objętościowo w stosunku procentowym wynikającym z bilansu osadowego.
6. Ciecze osadowe i filtry z ze względu na dużą ilość zanieczyszczeń należy kierować do ponownego oczyszczania.

7. Do unieszkodliwiania badanych osadów proponuje się zastosowanie najprostszej metody jaką jest składowanie osadów na wysypisku.

LITERATURA

1. J. CEBULA i inni: Techniczna koncepcja ochrony wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze LGOM dla potrzeb Zakładów KGHM. IMGW Oddział Wrocław, 1976, maszynopis.
2. A. CHOJNACKI, M. GOLIŃSKI, A. OLESZCZYK: Warunki przygotowania i odwadniania osadów pokoagulacyjnych podekarbonizacyjnych i ich mieszanin. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej Osady ściekowe. Transport. Fermentacja. Odwirowanie. Nr 23, s. 39—58. Wrocław, 1975.
3. B. CYWIŃSKI i inni: Oczyszczanie ścieków miejskich. Arkady. Warszawa, 1972.
4. H. EISERMAN, J. ZIELIŃSKI: Uwagi do teorii filtracji osadów w świetle przeprowadzonych badań. Postęp techniczny w Dziedzinie Oczyszczania Ścieków. Materiały na XIV Konferencję Naukowo-Techniczną PZiTS, s. 353—369. Katowice, czerwiec 1971.
5. E. KEMPA: Zastosowanie tkanin filtracyjnych z włókien sztucznych w procesach odwadniania osadów ściekowych. Gaz, Woda Techn. Sanitarna. 38 (1964), 124.
6. R. KOROL, A. PONIKOWSKI, C. ŁOJEWSKA: Testowe badania przydatności procesów fizykochemicznych do oczyszczania ścieków z hut miedzi. IMGW Oddział Wrocław, 1975, maszynopis.
7. A. OLESZCZYK, B. KOZIOROWSKI: Charakterystyka technologiczna osadów przemysłowych. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Oczyszczanie ścieków i unieszkodliwianie odpadów przemysłowych. Nr 32, s. 182—192, Wrocław 1977.
8. A. PONIKOWSKI, J. DUDEK: Metoda oczyszczania ścieków pochodzących z mokrego odpylania gazów w hutach miedzi. Informator Dolnośląskiego Oddziału PZiTS. Ochrona Środowiska, s. 41—43, Wrocław, maj 1979.
9. A. PONIKOWSKI: Oczyszczanie ścieków przemysłowo-deszczowych z hut miedzi metodą koagulacji. Informator Dolnośląskiego Oddziału PZiTS. Ochrona Środowiska, s. 22—27. Wrocław, sierpień 1980.
10. Z. D. „Cuprum” Lubin. Bilans ścieków i ładunków zanieczyszczeń dla zakładów zgrupowanych w KGHM. Lubin, 1977, maszynopis.