

Stanisław WRÓŃSKI

Instytut Inżynierii Chemicznej
Politechniki Warszawskiej

Józef CYGANEK

Instytut Szkła i Ceramiki

Andrzej PYTLIŃSKI

Zakłady Górniczo-Przeróbcze
Surowców Mineralnych "SURMIN"

PROBLEMY TECHNOLOGICZNE PRZERÓBKI ODPADU DROBNOZIARNISTEGO Z ZAKŁADU PIASKÓW SZKLARSKICH "OSIECZNICA"

1. Wstęp

Położona około 15 km na zachód od Bolesławca Śląskiego Kopalnia i Zakład Przeróbczy Piasków Szklarskich "OSIECZNICA" eksploatuje złoża piaskowców o lepiszczu ilastym, ilasto-krzemionkowym a partiami krzemionkowo-ilastym. Zasadnicza masa piaskowców stanowi zlepienie ziarn o rozmiarach od 100 do 500 mikrometrów, które są też podstawowym produktem procesu przeróbczego, obejmującego kruszenie i hydrauliczną klasyfikację tej frakcji. Złoże zawiera około 3% ziarn powyżej 500 mikrometrów oraz około 10% frakcji drobnoziarnistej poniżej 100 mikrometrów.

Ta ostatnia frakcja jest odprowadzana z całą masą wód odpadowych w postaci 2%-wej zawiesiny strumieniem o wydajności $1200\text{m}^3/\text{godz}$. Oddzielenie frakcji drobnoziarnistej od wody, która jest zawracana do produkcji, prowadzone jest w trzystopniowym procesie osadzania. Osadniki pierwszego stopnia w postaci dwóch stawów osadowych o pow. 900m^2 oddzielają drobne piaski i część substancji ilastej. Osadniki drugiego stopnia w postaci trzech zagęszczaczy typu Dorr'a o średnicy 30 m każdy oddzielają głównie substancję ilastą, która w postaci szlamu o gęstości około $1,06\text{ g/cm}^3$ jest odprowadzana do osadzania w osadniku trzeciego stopnia. Przelew osadników Dorr'a jako woda obiegowa jest zawracany do obiegu płukania piasków.

Opis frakcji drobnych z osadnika 1-go i 2-go stopnia, ich skład chemiczny, uziarnienie oraz własności odpowiednich produktów szlamowania i hydroklasyfikacji przedstawiono wcześniej [1].

Istotnym problemem techniczno-ruchowym w Zakładzie Przeróbczym jest ewakuacja odpadu osadzającego się w osadnikach 1-go stopnia. Materiał ten zawierający głównie frakcje poniżej 100 mikrometrów osadza się w postaci półpłynnego szlamu, którego usuwanie i transport są bardzo uciążliwe.

Koncepcja rozwiązania trudności w utylizacji drobnoziarnistych odpadów polega na wykorzystaniu ich zdolności do hydraulicznej klasyfikacji i wydzieleniu następujących produktów użytecznych:

- drobnoziarnisty piasek powyżej 45 mikrometrów, który może być wykorzystany w przemyśle szklarskim,
- wypełniacz kaolinowo-kwarcowy stanowiący klasę od 15 do 45 mikrometrów, który po wysuszeniu może być wykorzystany jako wypełniacz w przemyśle polimerów,
- kaolin stanowiący w odpadach klasę poniżej 15 mikrometrów, który jest poszukiwanym surowcem ceramicznym.

2. Możliwości wydzielenia frakcji kaolinowej

Przedmiotem pracy było wydzielenie kaolinu z odpadów w osadniku 1-go stopnia.

Materiał do prób pobrano ze składowiska odwadniania szlamu wydobytego koparką czerpakową w odległości 20-30 m od przelewu osadnika. Osadnik ten o długości 100 m gromadzi przy nadawie drobnoziarniste piaski, a w pobliżu przelewu dość znaczną ilość substancji ilastej dochodzącą do 50%. Szlam po wstępnym odwodnieniu miał wilgotność poniżej 20%, co umożliwiło załadunek koparką łyżkową i transport samochodami.

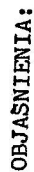
Do prób przygotowano odpad zawierający 35% koncentratu kaolinowego obliczanego umownie jako udział procentowy ziarn mniejszych od 15 mikrometrów. Założone wymagania dla produktu kaolinowego były następujące:

- nie mniej niż 95% ziarn mniejszych od 15 mikrometrów,
- nie mniej niż 65% ziarn mniejszych od 5 mikrometrów.

Próby wydzielenia frakcji kaolinowej wg założonych wymagań przeprowadzono w Oddziale Doświadczalnym ZGPSM "SURMIN" na odpowiednio zaadaptowanej linii przeróbczej.

2.1. Półtechniczna linia przeróbcza

Schemat technologiczny półtechnicznej linii przeróbczej adaptowanej do wydzielenia frakcji kaolinowej z odpadów drobnoziarnistych przedstawiono na rysunku 1.



B - bełtacz mieczowy

D - izotopowy miernik gęstości

Ex-1 - spiralna płuczka płaskowa

Ex-2 - spiralna płuczka młkowa

FD-1 - filtry dynamiczne
FD-2

HC-I

HC-I - hydrocyclony $\varnothing$ 80 mm

HC-M - hydrocyklony $\varnothing$ 100 mm

OS - bateria osadników

PF - prasa filtracyjna

PM - pompa membranowa

S - sito dachowe

ZP-8...ZP-13 - zbiorniki przejęciowe

Linia przerywaną zaznaczono ciąg projektowany

Rys. 1. Doświadczalna linia przeróbki odpadów z KIZPPS "OSIECZNICA"

Materiał w ilości na około 5 Mg/godz. wprowadzono do bełtacza szablowego B, do którego wprowadzono również wodę obiegową (woda nadosadowa, woda z odpadu i woda z Kwisy) w ilości około 10 m³/godz.

Szlam z przelewu bełtacza spływał grawitacyjnie do spiralnej płuczki piaskowej Excelsior-1, w której oddzielano resztkowe ilości piasków grubych i przypadkowych zanieczyszczeń. Podstawową masę nadawy kierowano przez sito dachowe S (celem oddzielenia zanieczyszczeń pływających) do zbiornika pośredniego ZP-10. W zbiorniku tym następowało mieszanie szlamu podstawowego z pozostałymi składnikami nadawy I stopnia klasyfikacji pochodzącymi z nawrotów pozostałych urządzeń linii. Połączone szlamy kierowano do baterii hydrocyklonów I stopnia HC-1-80. Zastosowano 6 szt. hydrocyklonów $\varnothing$ 80 mm, których konstrukcję opracowano w ZGPSM "SURMIN" dobierając parametry właściwe dla klasyfikacji kaolinów. Hydrocyklony te charakteryzują się wydłużoną częścią cylindryczną i małym kątem zbieżności części stożkowej. W toku prób dobrano zwężki wylawowe o średnicy 12 mm, celem odprowadzenia z wylewem klasyfikacji I stopnia około 70% suchej masy klasyfikowanego materiału.

Na rurociągu tłocznym hydrocyklonów I stopnia zainstalowano izotopowy miernik gęstości szlamu D. Miernik sprzężony jest z zasilaczem w taki sposób, że po przekroczeniu ustalonej gęstości szlamu w zbiorniku pośrednim ZP-10/ $d=1,12$ g/cm³/ zasilacz zatrzymuje się i następuje przerwa w podawaniu surowca aż do momentu, w którym gęstość szlamu spadnie poniżej 1,12 g/cm³. Takie sterowanie surowcem zasilającym linię przeróbczą ograniczyło wahania gęstości szlamu poddawanego klasyfikacji w zakresie $d=1,10-1,14$ g/cm³. Zakres ten można uznać za normalny dla klasyfikacji kaolinów w hydrocyklonach [2,3].

Szlam z przelewu I stopnia klasyfikacji kierowany był grawitacyjnie do zbiornika pośredniego ZP-9 skąd pompą szlamową na II stopień klasyfikacji w hydrocyklonach HC-II-80. W II stopniu zastosowano również hydrocyklony średnicy 80 mm, o takiej samej konstrukcji jak hydrocyklony I stopnia, lecz wyposażone w zwężki wylawowe 6 mm.

Przelew hydrocyklonów II stopnia, stanowiący klasyfikowany szlam kaolinowy o gęstości 1,06 g/cm³, spływał grawitacyjnie do osadników OS celem wstępnego odwodnienia.

Wylew hydrocyklonów II stopnia stanowił szlam mułkowo-kaolinowy o gęstości 1,37 g/cm³ i był zawracany do zbiornika pośredniego ZP-10, zasilającego I stopień klasyfikacji.

W ten sposób II stopień klasyfikacji niczego nie oddzielał, lecz korygował jedynie nieostryść podziału I stopnia. Dlatego też w II stopniu zastosowano hydrocyklony o tej samej średnicy co w pierwszym.

Jedynym strumieniem odprowadzającym z układu hydrocyklonów ziarna większe od 15 mikrometrów był wylew I stopnia klasyfikacji. Wylew ten był kierowany do spiralnej płuczki mulkowej "Excelsior-2", która wydzielała z niego drobne piaski. Przelew płuczki mulkowej spływał grawitacyjnie do zbiornika pośredniego ZP-8, z którego pompą szlamową był tłoczony do hydrocyklonów mulkowych średnicy 100 mm HC-M. Przelew hydrocyklonów mulkowych był zawracany do zbiornika pośredniego ZP-10 zasilającego I stopień klasyfikacji. Wylew natomiast spływał do osadnika odpadów, gdzie łącznie z piaskiem z płuczek spiralnych ulegały odwodnieniu przez osadzenie.

Klasyfikowany szlam kaolinowy w osadnikach OS był odwadniany w sposób tradycyjny, polegający na trzystopniowym usuwaniu wody:

/I/ zagęszczanie grawitacyjne w osadnikach pozwalające zwiększyć gęstość szlamu z $1,06 \text{ g/cm}^3$ do około $1,14 \text{ g/cm}^3$

/II/ odwodnienie zagęszczonego szlamu w prasach filtracyjnych pozwalające uzyskać placki filtracyjne o wilgotności ca 24%

/III/ suszenie w suszarniach do wilgotności 12%, która jest konieczna do transportu wagonami kolejowymi.

2.2. Możliwości dynamicznego zagęszczania szlamów

Tradycyjny sposób odwadniania szlamów jest jednak bardzo kosztowny i pochłania około 60% kosztów całego procesu przeróbczego. Szczególne zastrzeżenia musi budzić fakt, że tak wysuszony kaolin jest potem ponownie rozszlamowany w wodzie i dopiero przerabiany na masę ceramiczną.

Z uwagi na brak odpowiedniego urządzenia technologicznego wykonano odpowiednie badania opisane w p-kcie 3 na urządzeniu laboratoryjnym pozwalającym na dynamiczne zagęszczanie szlamu kaolinowego. Pozwoliło to na zaprojektowanie nowego sposobu odwadniania szlamu w filtrach dynamicznych, których konstrukcję opracowano w Instytucie Inżynierii Chemicznej Politechniki Warszawskiej [4].

W nowym układzie szlam kaolinowy z osadników OS będzie tłoczony pompą wielostopniową do pierwszego filtra dynamicznego FD-1, w którym nastąpi wstępne zagęszczenie szlamu. Wstępnie zagęszczony szlam spłynie grawitacyjnie do zbiornika pośredniego ZP-11 skąd drugą pompą czterostopniową będzie tłoczony do drugiego filtra dynamicznego FD-2. Z filtra tego uzyska się szlam o zagęszczeniu 1000 kg/m^3 zawiesiny. Zawiesina taka po wprowadzeniu stabilizatora może być bezpośrednio odbierana przez przemysł ceramiczny na wzór niektórych przedsiębiorstw zachodnich m.in. w przemyśle papierniczym [5].

Charakterystyki produktów w posz

Lp.	Nazwa parametru	Ex-1			HC-I80		
		nadawa	piasek	szlam z prze- lewu	zasila	przelew	wylew
1.	Gęstość	-	-	2	1,15	1,08	1,50
2.	Wilgotność	18,5	23,0	-	-	-	-
3.	Uziarnienie						
3.1.	fr ≤ 5000	-	100,0	-	-	-	-
3.2.	fr ≤ 2000	-	97,5	-	-	-	-
3.3.	fr ≤ 1000	-	88,0	-	-	-	-
3.4.	fr ≤ 500	-	72,5	-	-	-	100,0
3.5.	fr ≤ 200	100	47,0	100	100	-	97,5
3.6.	fr ≤ 100	98,5	40,0	99,5	99,0	100	76,5
3.7.	fr ≤ 63	85,0	29,5	92,0	81,5	99,5	58,0
3.8.	fr ≤ 42	77,5	110	79,5	67,5	99,0	35,0
3.9.	fr ≤ 20	39,5	2,5	50,0	48,5	95,5	16,5
3.10.	fr ≤ 10	27,5	-	34,0	28,5	84,0	8,0
3.11.	fr ≤ 5	27,0	-	25,5	18,5	66,0	4,0
3.12.	fr ≤ 2	12,5	-	17,5	9,0	38,0	1,5

Woda z filtrów dynamicznych oraz woda z odwadniania odpadów będzie gromadzona w zbiorniku wód obiegowych, z którego zasili się wszystkie punkty odbioru wody. W linii przeróbczej nie występują żadne ścieki przemysłowe.

2.3. Charakterystyka procesu przeróbczego

Charakterystykę szlamów w poszczególnych stadiach klasyfikacji podano w tabeli 1.

Tabela 1

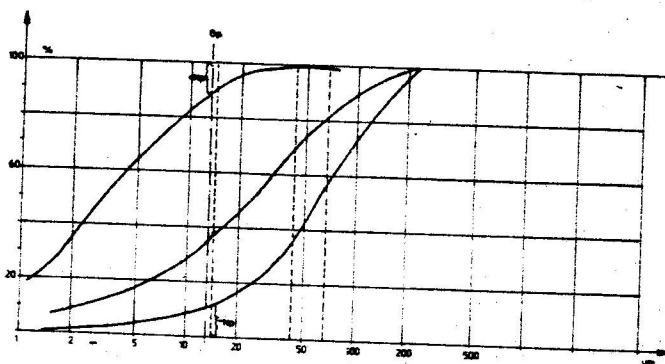
czególnych stadiach klasyfikacji

HC-II-80		Ex-2		HC-M-100	
przelew kaolin OPC	wylew	szlam przelewu	piasek	przelew	wylew
1,06	1,37	1,28	-	1,16	1,38
-	-	-	25,5	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	100,0
-	-	100,0	100,0	-	99,0
-	100	98,5	96,5	100,0	98,0
-	99,0	79,5	66,0	98,0	80,0
100,0	93,5	58,0	52,5	93,0	51,5
99,7	91,5	40,5	9,0	92,0	30,0
99,1	35,0	24,5	1,0	51,5	18,5
97,6	23,5	17,0	-	30,5	11,0
83,1	13,5	12,0	-	22,0	9,0
62,2	6,0	10,5	-	16,5	6,5

Interpretację warunków klasyfikacji poszczególnych urządzeń przeróbczych przeprowadzono opierając się na krzywych uziarnienia nadawy oraz produktu grubo i drobnoziarnistego z danego urządzenia klasyfikującego. Nie zastosowano powszechnie przyjętego sposobu kreślenia krzywych rozdziału, celem uniknięcia błędów w pomiarze poszczególnych produktów klasyfikacji. Zastosowana interpretacja pozwala także na bezpośrednie scharakteryzowanie uziarnienia uzyskiwanych produktów.

Na rys. 2 przedstawiono przykładowo charakterystykę hydrocyklonów I stopnia zgodnie z przyjętą metodą. Wynikowe granice podziału oraz

nieostrości podziału dla wszystkich urządzeń klasyfikujących przedstawiono w tabeli 2.



granica podziałowa $G_p = 13 \mu m$
nieostrość podziału $N_p = \pm 11\%$

Rys. 2. Sposób charakteryzowania hydrocyklonów I stopnia

T a b e l a 2

Charakterystyka urządzeń przeróbczych

Lp.	Nazwa urządzenia	Granica podziałowa /m/	Nieostrość podziału %/
1	Płuczka spiralna Ex-1	52	± 4
2	Płuczka spiralna Ex-2	65	± 38
3	Hydrocyklony I stopnia 80 mm	13	± 11
4	Hydrocyklony II stopnia 80 mm	7	± 17
5	Hydrocyklony młkowe 100 mm	33	± 25

Zwracają uwagę bardzo wysokie granice podziałowe i duże nieostrości podziału spiralnej płuczki młkowej Ex-2 i hydrocyklonów młkowych 100 mm. Jest to wynik zbyt dużego obciążenia tych urządzeń spowodowanego dużą zawartością piasków drobnych od 45 do 100 mikrometrów w nadawie. W związku z przewidywaną budową instalacji do wydzielania drobnych piasków z odpadu w KIZPPS "OSIECZNICA" - problem ten w niniejszym referacie został jedynie zasygnalizowany bez odpowiedniej korekty schematu technologicznego.

2.4. Charakterystyka produktów

Produktami przeróbki odpadu drobnoziarnistego z KIZPPS "OSIECZNICA" były: piasek z płuczki spiralnej Ex-1, mączka kwarcowa z płuczki spiralnej Ex-2, mułek pokaolinowy oraz kaolin. Charakterystyki ziarnowe wymienionych produktów przedstawiono w tabeli 1. Piasek zawierał około 0,5% substancji ilastej, mułek 10%, natomiast kaolin 79% substancji ilastej liczonej jako kaolinit.

Skład chemiczny, uziarnienie oraz własności ceramiczne otrzymanego kaolinu są podobne do kaolinu "Osiecznica IV" wydzielonego w 1975 r. przez hydroklasyfikację wylewu z osadników II stopnia [1]. Kaolin ten zgodnie z normą klasyfikacyjną na kaoliny ceramiczne (BN-73/7011-02.3 arkusz 003) spełnia wymagania dla kaolinu ceramicznego kl. I B, jak to pokazano w tabeli 3. W tabeli tej zestawiono również podstawowe parametry fizyko-chemiczne kaolinów importowanych do produkcji porcelany. Porównanie tych parametrów wypada na ogół korzystnie dla kaolinu OPC, jak w skrócie nazwano otrzymany kaolin. Z porównania własności ceramicznych wynika, że jest to kaolin średnioplastyczny o stosunkowo dużej jeszcze zawartości kwarcu. Problem ten dałoby się rozwiązać podobnie jak przy produkcji kaolinu "SEDLIC" w Czechosłowacji [6] przez dobudowanie 3-ciego stopnia klasyfikacji na hydrocyklonach $\varnothing$ 50 mm. Istniałaby wówczas szansa podwyższenia zawartości Al_2O_3 do wymaganej dla kl. IA, gdyż kaolin OPC w zakresie pozostałych parametrów spełnia wymagania kl. IA.

Obecnie kaolin OPC jest poddawany ocenie przydatności do produkcji porcelany oraz prowadzi się badania nad stabilizacją jego stężonych wodnych zawiesin.

3. Zagęszczanie szlamu kaolinowego za pomocą filtra dynamicznego

3.1. Zasada filtracji dynamicznej

W powszechnie stosowanych urządzeniach filtracyjnych (nucze, prasy filtracyjne, filtry bębnowe itp.) szybkość filtracji spada w miarę postępu cyklu filtracyjnego, ponieważ narastająca na przegrodzie filtracyjnej warstwa osadu stawia coraz większy opór przepływowi przesączu.

Jednym z najnowszych rozwiązań w dziedzinie filtracji są tzw. filtry dynamiczne, których konstrukcja i sposób działania zapobiegają tworzeniu się warstwy osadu na powierzchni filtracyjnej. Filtry te, będące

T a b e l a 3

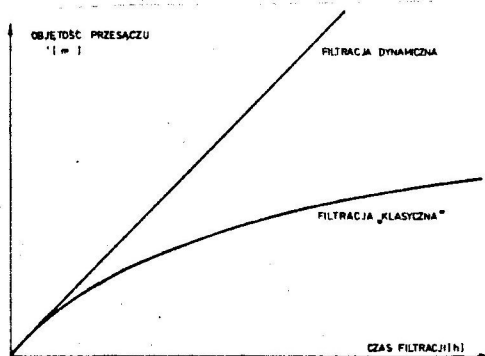
Własności kaolinów ceramicznych i kaolinu OPC na tle wymagań normy klasyfikacyjnej

Lp.	Wyszczególnienie	Wymagania kl. I		Kaoliny						
		A	B	OPC	Osiecz- nica IV	FKW	Oka	Sedlec	Stan- dard	Hiszpań- ski
2.1	Skład chemiczny %/ Al ₂ O ₃ - nie mniej niż Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ - nie więcej niż Fe ₂ O ₃ - nie więcej niż TiO ₂ - nie więcej niż	37 1,0 0,8 0,3	32 1,2 0,8 0,5	31,60 0,81 0,58 0,23	32,19 0,80 0,61 0,29	34,06 1,02 0,53 0,49	33,16 0,72 0,57 0,15	36,79 1,09 0,86 0,23	36,20 0,85 0,77 0,08	32,76 0,87 0,83 0,04
2.2	Uziarnienie %/ Odsiew na sicie o boku oczka 0,063 mm n.w.n. Zawartość ziarn mniejszych od 5,1µm nie mniej niż	0,1 60	0,1 50	0,0 83,1	0,1 nb	0,1 80,8	0,1 84,2	0,1 88,7	0,2 88,8	0,8-2,9 71,3-62,5
2.3	Wytrzymałość na zginanie Kg/cm ² /MN/cm ² / nie mniej niż	14	10	14,0	15,3	18,2	21,3	21,9	24,6	20,2

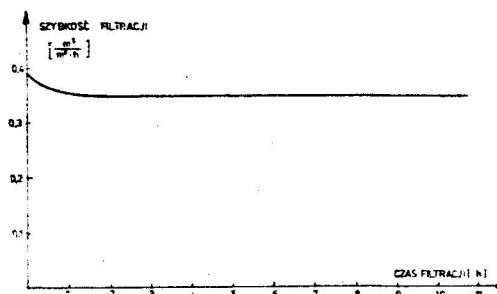
n.m.n. - nie mniej niż

n.w.n. - nie więcej niż

urządzeniami o stosunkowo prostej konstrukcji znalazły na ogół zastosowanie do ciągłego zagęszczania zawiesin trudno filtrujących się w procesie ciągłym, z zachowaniem dużej i nie malejącej w miarę przebiegu procesu szybkości filtracji. Porównanie objętości uzyskanego przesączu w zależności od czasu filtracji dla filtracji dynamicznej i filtracji "klasycznej" (np. w prasie filtracyjnej) przedstawiono na rys. 3. Linia reprezentująca filtrację "klasyczną" jest typową parabolą odpowiadającą równaniu Ruth'a, zaś linia dla filtracji dynamicznej jest linią prostą. Na rys. 4 przedstawiono przykładowo wydajność filtracji dynamicznej



Rys. 3. Porównanie objętości uzyskanego przesączu w zależności od czasu filtracji dla filtracji dynamicznej i "klasycznej"

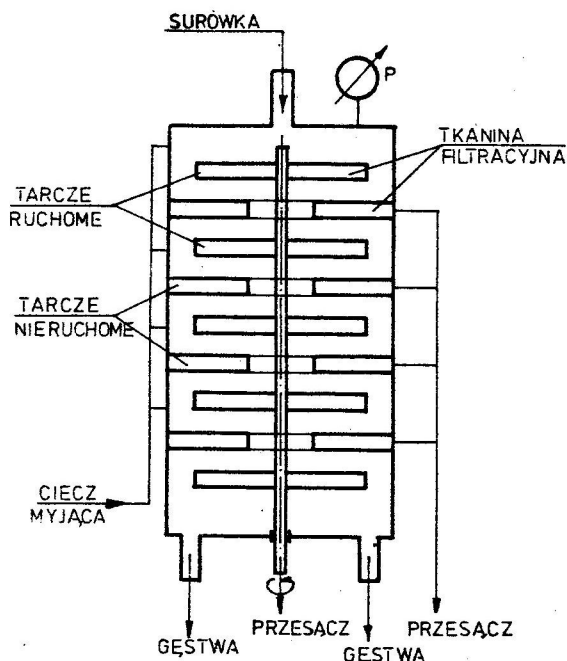


Rys. 4. Zależność szybkości filtracji dynamicznej od czasu

(mierzoną w m^3 przesączu) h w odniesieniu do m^2 powierzchni filtracyjnej w zależności od czasu. Pominąwszy początkowy okres ustalania się warunków procesu, szybkość filtracji jest stała przez długi okres czasu. Zasada filtracji dynamicznej polega na zastosowaniu wirującej przegrody filtracyjnej w kształcie dysku lub walca albo wirującego elementu typu mieszadła, umieszczonego nad nieruchomą przegrodą filtracyjną. Szybki ruch obrotowy przegrody filtracyjnej lub elementu wirującego wywołuje odpowiednią siłę odśrodkową i naprężenia ścinające, co w konsekwencji prowadzi do odrzucania cząstek fazy stałej od przegrody filtracyjnej. Ponadto szybki ruch obrotowy w/w elementów powoduje dodatkowo intensywne mieszanie zawiesiny w filtrze, co stwarza korzystne warunki do sprzężenia z procesem filtracji takich procesów jak przemywanie fazy stałej, wymiana masy pomiędzy fazą ciekłą i stałą, np. ługowanie.

W Instytucie Inżynierii Chemicznej Politechniki Warszawskiej od szeregu lat prowadzone są prace nad wykorzystaniem filtracji dynamicznej do zagęszczania zawiesin [4,7].

Schemat filtracji pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Rysunek schematyczny filtra dynamicznego

Zasadniczymi elementami składowymi przedstawionego filtra są umieszczone kolejno po sobie tarcze wirujące i tarcze nieruchome. Tarcze nieruchome pokryte są obustronnie tkaniną filtracyjną i pełnią rolę przegród filtracyjnych, natomiast tarcze wirujące, w zależności od konstrukcji aparatu pełnią rolę bądź wirujących przegród filtracyjnych bądź elementów mieszających niefiltrujących. Produktami filtracji są: przesącz (odbierany z tarcz nieruchomych i ewentualnie wirujących) oraz zagęszczona zawiesina fazy stałej o konsystencji "pasty" i zawartości ciała stałego, zbliżonej do odpowiedniej zawartości ciała stałego w placku filtracyjnym, uzyskanym np. w nuczy lub prasie filtracyjnej. W przypadku prowadzenia procesu przemywania fazy stałej lub ługowania równoległe z procesem filtracji, ciecz myjąca (ługująca) wprowadzana jest do przestrzeni międzyfazowej filtra. Filtr może pracować w sposób ciągły (ewentualnie półciągły), oraz jako ciśnieniowy lub próżniowy. W praktyce stosuje się średnice tarcz od kilku do kilkudziesięciu cm, liczbę tarcz od kilku do kilkunastu, obroty tarcz od kilkuset do ok. tysiąca obr/min, odstęp między tarczami rzędu kilkunastu mm, ciśnienie filtracji 2-3 atm (względnie próżnia). Uzyskiwane wartości wydajności filtracji zależą od rodzaju i stężenia zagęszczonej zawiesiny i wynoszą od

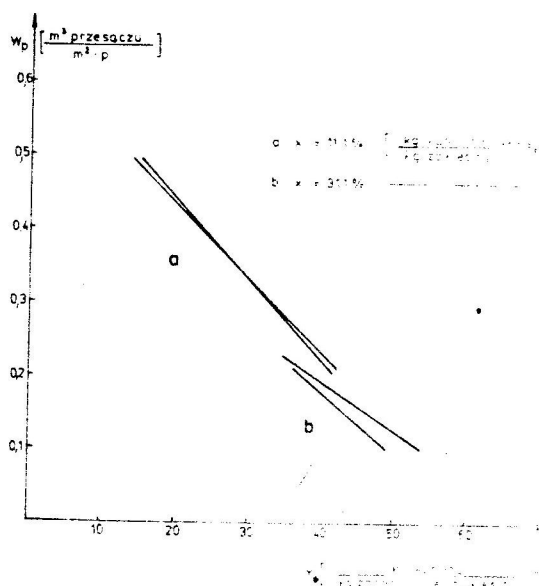
ok. 0,1 do 1,1 m^3 przesączu/ m^2h , co odpowiada górnym wartościom danych opublikowanych w literaturze.

3.2. Wyniki pomiarów zagęszczania szlamu kaolinowego za pomocą filtra dynamicznego

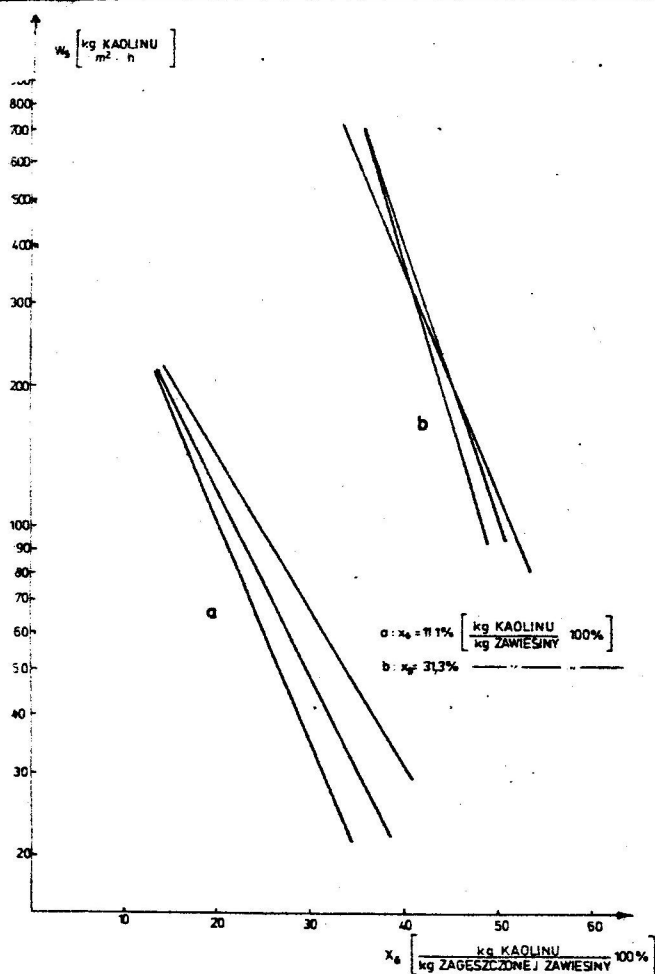
Stosowany filtr dynamiczny składa się z 4 tarcz nieruchomych filtrujących i 5 tarcz wirujących (niefiltrujących różnej konstrukcji) o średnicy ok. 220 mm, przy całkowitej powierzchni filtracji ok. 0,19 m^2 . W pomiarach stosowano obroty ok. 800 obr/min oraz ciśnienie w granicach 2-3 atm. Część pomiarów zagęszczania szlamu kaolinowego OPC przeprowadzono na terenie ZGP SM "Surmin" w Nowogrodźcu. Przeprowadzone pomiary wykazały, że możliwe jest zagęszczenie szlamu od stężenia ok. 111% wag. kaolinu do stężenia ok. 62% wag. kaolinu. Przy uzyskiwaniu górnych wartości stężenia, do zawiesiny dodawano niewielkie ilości upłyniacza - szkła wodnego. W zależności od stężenia zagęszczonej zawiesiny i konstrukcji tarcz wirujących, uzyskiwano w pomiarach wartości wydajności filtracji:

- wydajność przesączu ok. 0,1 - 0,5 m^3 przesączu/ m^2h
- wydajność zagęszczonego ciała stałego ok. 20 - 800 $\text{kg kaolinu/m}^2\text{h}$

Na rys. 6 i 7 przedstawiono zależności wydajności przesączu (m^3 przesączu/ m^2h) oraz wydajności zagęszczonego ciała stałego ($\text{kg kaolinu/m}^2\text{h}$) od końcowego stężenia zawiesiny x_G (% mas), dla kilku wartości



Rys. 6. Zależność wydajności przesączu od zagęszczenia zawiesiny



Rys. 7. Zależność wydajności ciała stałego od zagęszczenia zawiesiny

ci początkowego stężenia zawiesiny x_S (% mas). Poszczególne linie, dla danej wartości x_S , reprezentują różne konstrukcje stosowanych tarcz wirujących. Przy wzroście końcowego stężenia zawiesiny x_G wartości wydajności W_p i W_s maleją. Należy zauważyć, że dla wyższych wartości początkowego stężenia zawiesiny x_S uzyskuje się mniejsze wydajności przesączu W_p (na rys. 6 linie dla większego x_S są niżej położone), natomiast dla wyższych wartości x_S można uzyskać wyższe wartości wydajności ciała stałego W_s (na rys. 7 linie dla większego x_S położone są wyżej).

Ze względu na wymaganą powierzchnię filtracji zapewniającą odpowiednią wydajność, proces filtracji dynamicznej można prowadzić kilkunastopniowo, np. w I stopniu zagęszczenia zawiesiny do ok. 30%, zaś w II

stopniu do stężenia końcowego 62%. W takim układzie wydajności W_p różnią się między sobą (odpowiednio $0,33 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ i $0,07 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$), natomiast wydajności W_s będą takie same, w tym przypadku ok. $40 \text{ kg kaolinu}/\text{m}^2\text{h}$ - co zapewni synchronizację pracy obu stopni.

Reasumując, przeprowadzone badania wykazały, że filtr dynamiczny umożliwia uzyskiwanie w sposób ciągły zawiesiny kaolinu o stężeniu ok. 62% mas.

Na podstawie uzyskanych wartości wydajności filtracji można ocenić wielkość wymaganej aparatury do prowadzenia filtracji w skali technicznej. Przykładowo przyjmując wielkość produkcji 500 ton kaolinu/miesiąc i zakładając 2-stopniowe prowadzenie procesu (I stopień do 30% mas, II stopień do 62% mas) - wymagana powierzchnia filtracyjna dla każdego stopnia wyniesie ok. 21 m^2 . Taką powierzchnię mogą zapewnić na każdym stopniu np. 2 filtry o średnicy $\phi = 800 \text{ mm}$ składające się z 22 tarcz filtrujących każdy, przy długości aparatu ok. 1,2 m.

Aktualnie prowadzone są dalsze prace rozwojowe filtracji dynamicznej, m.in. zaprojektowano prototypowy filtr o większej skali, tj. o średnicy $\phi 450 \text{ mm}$ i składający się z 12 tarcz, przystosowany także do przemywania osadu.

Proponowane rozwiązanie konstrukcyjne filtra charakteryzuje się nową konstrukcją tarcz wirujących zapewniających wysoką wydajność filtracji, a ponadto umożliwia łatwą wymianę powierzchni filtrujących (tkanin) [7]. Na zakończenie należy podkreślić, że opracowany filtr umożliwia prowadzenia równolegle z filtracją takich procesów jak przemywanie osadu, ługowanie, ekstrakcja itp.

4. Wnioski

4.1. W wyniku przeprowadzonych prac wykazano, że w rozważanych procesach utylizacji odpadu drobnoziarnistego z KizPPS Osiecznica odzyskanie kaolinów jest możliwe.

4.2. Dla zapewnienia prawidłowego przebiegu procesu przeróbczego konieczne jest wstępne oddzielenie z odpadów piasków drobnoziarnistych o uziarnieniu powyżej 45 mikrometrów.

4.3. Uzyskany kaolin spełnia wymagania klasy I B wg EN-71/7011,02 arkusz 003 na kaoliny ceramiczne przydatne do produkcji porcelany, jednakże ze względu na stosunkowo niską zawartość Al_2O_3 należałoby rozważać linię technologiczną o trzeci stopień klasyfikacji w hydrocyklonach (np. hydrocyklony 52 mm).

4.4. Uzyskany kaolin może być odwodniony w filtrach dynamicznych umożliwiających wyeliminowanie tradycyjnych procesów filtracji i suszenia. Wprowadzenie filtru na skalę przemysłową wymaga jednak przeprowadzenia prac badawczych na urządzeniu w większej skali.

4.5. Przystosowanie odbiorców do stosowania kaolinów w postaci zawieszin jak również szczegółowe określenie właściwości ceramicznych nowego gatunku kaolinu dostarczonego w postaci szlamu wymaga również przeprowadzenia uzupełniających prac badawczych.

LITERATURA

- 1 CYGANEK J., WŁODARCZYK B. (1976): Możliwości wykorzystania odpadu drobnego z KIZPS "Osiecznica" do produkcji porcelany. Biuletyn ISI i ZZGSS i C "Vitrocermi" 2, 75-91 (1976).
- 2 NOWAK Z. (1970): Hydrocyklony w przeróbce mechanicznej kopalin. Wyd. "Śląsk", Katowice, 1970.
- 3 TRAWIŃSKI H. (1975): Kaolin beneficiation by wet classification process. Interceram 24 /1/ 1975.
- 4 WRÓŃSKI S., PTASIŃSKI K. (1973): Patent PRL nr 77351 - Sposób filtrowania cieczy i urządzenie do stosowania tego sposobu.
- 5 Kaoline corporation (1975): Kaoline corporation preslurries clay for paper industry. Eng. and Mining J. 176 /2/ 84 (1975).
- 6 CYGANEK J. (1972): Sprawozdanie z XVI KONFERENCJE O PORCELANIE, KARLOVY VARY, 1972.
- 7 WRÓŃSKI S., MRÓZ A., KACZOROWSKI H. (1975): Patent PRL nr 179279 - Filtr dynamiczny.