

„Zwiększenie wydajności stacji odwadniania odpadów flotacyjnych poprzez zastosowanie nowoczesnej prasy filtracyjnej”

Bartosz Piechaczek, Marek Lenartowicz, Grzegorz Gruszka, Andrzej Pyc – PROREM sp. z o.o.

Henryk Kaczmarczyk – JSW SA KWK Krupiński

Streszczenie: W artykule opisano zastosowanie nowoczesnych pras filtracyjnych do odwadniania odpadów flotacyjnych w kopalniach węgla kamiennego. Dzięki wymianie istniejących urządzeń na nowoczesne możliwe jest znaczne zwiększenie wydajności węzła odwadniania odpadów przy zachowaniu tych samych lub lepszych parametrów technologicznych. Artykuł opisuje doświadczenia z użytkowania prasy filtracyjnej typu GHT zabudowanej w ZPMW KWK Krupiński.

Abstract: This paper illustrates using modern filter presses for the dewatering of flotation tailings in the coal mining sector. Replacing the existing machines with modern designs enables the increase of the capacity of the flotation tailings dewatering plant while guaranteeing the same or improved performance parameters. The paper describes the experience of using a GHT filter press installed at the CHPP at Krupiński coal mine.

1. Wstęp

W wyniku urabiania, transportu, a także samych procesów wzbogacania węgla kamiennego powstają znaczne ilości ziaren o uziarnieniu poniżej 0,5 mm. Ziarna te w przypadku węgla koksowego wzbogaca się przede wszystkim metodą flotacji [2, 4].

W procesie wzbogacania węgla koksowego metodą flotacji uzyskuje się koncentrat flotacyjny i odpady flotacyjne, które należy odwodnić. Zagęszczone odpady flotacyjne najczęściej odwadnia się w prasach filtracyjnych komorowych [1, 3]. W polskich kopalniach węgla kamiennego najczęściej stosowane są do odwadniania odpadów o uziarnieniu poniżej 0,5 mm prasy komorowe typu PF ROW [1, 3].

Prasy PF-ROW/570 to prasy filtracyjne komorowe o działaniu okresowym. Płyty w tych prasach są tak ukształtowane, że w ich wnętrzu po dociśnięciu dwóch płyt powstaje komora filtracyjna [3]. Prasy te składają się z płyt kwadratowych o wymiarach boku 1500 mm [3]. Konstrukcja ww. pras pochodzi z lat siedemdziesiątych XX wieku [5].

W związku ze wzrostem ilości bardzo drobnych ziaren w węglu surowym, zwiększają się potrzeby w zakresie odwadniania tych ziaren. Jednym ze sposobów jest zwiększenie

wydajności węzła odwadniania odpadów drobno uziarnionych poprzez zastosowanie pras filtracyjnych o większej pojemności.

W niniejszym artykule przedstawiono prasę filtracyjną komorową typu GHT 2000, którą zastosowano do odwadniania odpadów flotacyjnych węgla kamiennego. Omówiono również efekty zastosowania ww. prasy.

2. Prasa filtracyjna GHT 2000

Konstrukcja pras filtracyjnych typu PF ROW, które zabudowane są w większości Zakładów Przeróbczych w polskich kopalniach węgla kamiennego, sięga lat 70. ubiegłego stulecia [5]. Jednakże od tamtego czasu myśl techniczna wykonała znaczny przeskok i prasy filtracyjne nie są tutaj odosobnionym wyjątkiem.

Na pierwszy rzut oka widać, iż główne różnice w budowie pras typu PF ROW oraz maszyn typu GHT to:

- zamocowanie płyt filtracyjnych,
- przesuw płyt filtracyjnych,
- zamykanie zespołu płyt filtracyjnych,
- napełnianie prasy filtracyjnej,
- mycie tkanin filtracyjnych.

Z kolei największe różnice w tych dwóch typach urządzeń służących do filtracji ciśnieniowej ukryte są przed okiem potencjalnego obserwatora. Są to:

- pełna automatyzacja procesu filtracji,
- układ bezpieczeństwa.

Przyjrzyjmy się po kolei wyżej wymienionym aspektom:

2.1. Sposób zamocowania płyt filtracyjnych

W prasach filtracyjnych starego typu, np. PF ROW, płyty filtracyjne wsparte są na bocznych belkach stanowiących ramę prasy. W tym celu płyty wyposażone są w specjalne uchwyty, które przesuwane są po górnej powierzchni belek.



Rys. 1. Boczne podparcie płyt [źródło: opracowanie własne]

Natomiast nowoczesne prasy filtracyjne, których przedstawicielem jest model GHT, podwieszane są do górnej belki, która wsparta jest na dwóch stałych głowicach. W tym celu płyty filtracyjne wyposażone są w wózki, które przesuwają się po torach znajdujących się wewnątrz górnej belki. Dzięki górnemu zamocowaniu płyt dostęp do nich jest o wiele łatwiejszy, co ma niebagatelne znaczenie w przypadku czynności konserwacyjnych.



Rys. 2. Górne podwieszenie płyt [źródło: opracowanie własne]

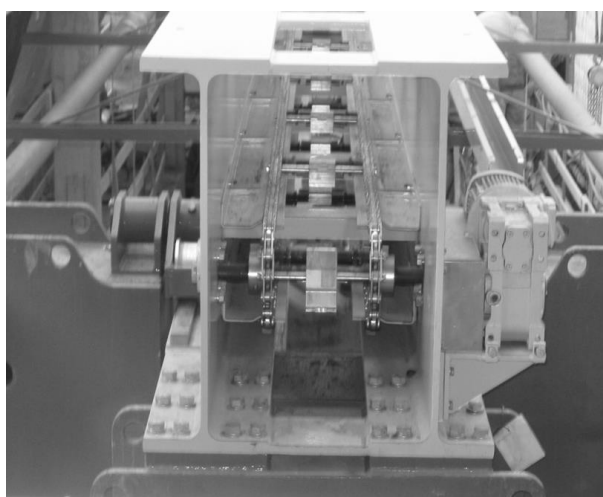
2.2. Sposób przesuwu płyt filtracyjnych

W prasach filtracyjnych typu PF ROW płyty filtracyjne przesuwane są za pomocą dwóch wózków zabudowanych na układzie lin i łańcuchów, które przesuwają się po powierzchni bocznych belek. Z każdej strony prasy pracuje jeden wózek, który kolejno przesuwa poszczególne płyty przesuując się na przemian w przód i w tył.



Rys. 3. Wózek przesuwu płyt podpartych bocznie [źródło: opracowanie własne]

Prasy filtracyjne typu GHT mają mechanizm przesuwu płyt zabudowany wewnątrz górnej belki. Składa się on z dwóch łańcuchów rolkowych, do których przy pomocy trzpieni przymocowanych jest kilkadziesiąt haków. Łańcuchy te w odróżnieniu od mechanizmu napędowego pras PF ROW nie cofają się, lecz w sposób ciągły poruszają się w jednym kierunku, na takiej samej zasadzie jak łańcuch w rowerze. Skutkiem takiego rozwiązania jest znaczne skrócenie czasu potrzebnego na rozładowanie całej prasy, co bezpośrednio przekłada się na wydajność urządzenia. Dzięki umieszczeniu mechanizmu przesuwu płyt w górnej belce nigdy nie dochodzi do jego kontaktu z filtrowanym produktem, co jest znanym problemem w prasach z bocznym podparciem płyt. Przy odpowiedniej konserwacji mechanizm ten cechuje się bardzo dużą żywotnością.

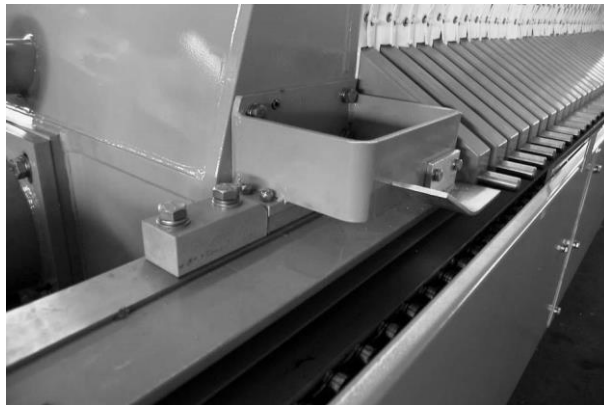


Rys. 4. Urządzenie przesuwu płyt w prasie GHT [źródło: opracowanie własne]

2.3. Sposób zamykania zespołu płyt filtracyjnych

Za zamykanie zespołu płyt filtracyjnych w prasach typu PF ROW odpowiedzialny jest siłownik hydrauliczny, który poprzez ruchomą głowicę dociska płyty do stałej głowicy

znajdującej się na drugim końcu urządzenia. Cały ciężar płyt filtracyjnych oraz ruchomej głowicy spoczywa na bocznych belkach.



Rys. 5. Ruchoma głowica wsparta na bocznych belkach [źródło: opracowanie własne]

Układ zamykania pras GHT wyposażony jest w cztery siłowniki, do których zamocowane są cięgna łączące je z ruchomą głowicą. Zarówno płyty filtracyjne jak i ruchoma głowica podwieszane są do górnej belki. W celu zamknięcia zespołu płyt siłowniki przyciągają ruchomą głowicę. Dzięki takiej konstrukcji siły konieczne do zamknięcia i utrzymania szczelności zespołu płyt nie są przenoszone na górną belkę, która podlega jedynie obciążeniom płyt oraz ruchomej głowicy. Zastosowanie czterech narożnych siłowników oznacza jednorodne rozłożenie ich siły, dzięki czemu zarówno ruchoma głowica jak i płyty filtracyjne są mniej narażone na uszkodzenia, a szczelność zamkniętego zespołu płyt idealna.

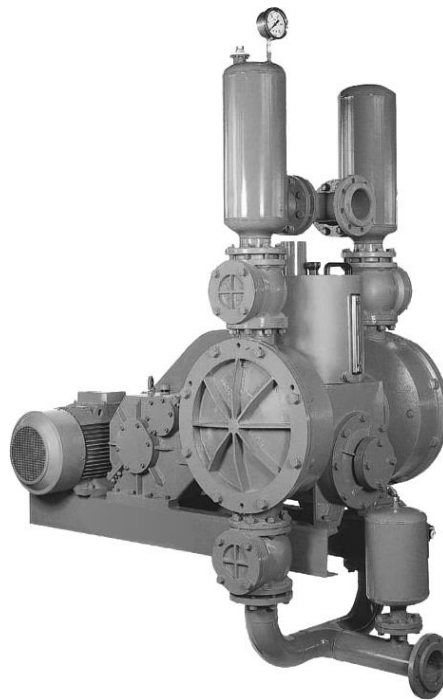


Rys. 6. Ruchoma głowica podwieszona do górnej belki [źródło: opracowanie własne]

2.4. Sposób napełniania prasy filtracyjnej

Prasy filtracyjne typu PF ROW zazwyczaj napełniane są jedną pompą wirową lub dwustopniowym układem pomp wirowych. Przy czasie cyklu filtracji trwającym od 1,5 h do nawet 4 h oznacza to znacznie szybsze zużycie tego typu pomp.

Do napełniania prasy filtracyjnej GHT w aplikacji odwadniania odpadów flotacyjnych stosowany jest dwustopniowy układ pompowy. Pierwszy stopień, którego zadaniem jest jak najszybsze napełnienie prasy filtracyjnej nadawą, jest oparty na pompie wirowej. W drugiej części cyklu filtracji, gdy konieczne jest podawanie nadawy o małej prędkości przepływu lecz większym ciśnieniu, używana jest pompa tłokowo-membranowa.



Rys. 7. Pompa tłokowo-membranowa DMPM [źródło: opracowanie własne]

2.5. Sposób mycia tkanin filtracyjnych

Nie bez znaczenia dla wydajności pras filtracyjnych, lecz również wilgoci placka filtracyjnego oraz czystości filtratu, jest czystość tkanin filtracyjnych. W prasach filtracyjnych typu PF ROW sporadycznie przemywa się poszczególne tkaniny z użyciem ręcznej myjki wysokociśnieniowej.

Prasy filtracyjne typu GHT fabrycznie wyposażane są w automatyczny wysokociśnieniowy układ mycia tkanin filtracyjnych. Układ ten składa się z myjki zabudowanej na górnej belce prasy filtracyjnej oraz wysokociśnieniowej pompy tłokowej. Zależnie od charakterystyki konkretnej aplikacji tkaniny myte są wodą pod ciśnieniem 50 lub 100 bar z częstotliwością co kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt cykli. Taka dbałość o czystość tkanin filtracyjnych odwdzięcza się czystym filtratem o zawartości części stałych

maksymalnie 7 g/l, lepszym odwodnieniem placka filtracyjnego oraz automatycznym jego rozładunkiem, dzięki czemu czas cyklu ulega skróceniu skutkując większą wydajnością prasy filtracyjnej.

2.6. Pełna automatyzacja procesu filtracji

Układy odwadniające oparte na prasach filtracyjnych typu PF ROW są urządzeniami wymagającymi sterowania ręcznego. Dotyczy to zarówno inicjowania cyklu filtracji, przechodzenia w kolejne jego etapy, obsługi armatury, rozładunku jak i okresowego mycia tkanin filtracyjnych. Wiąże się to ze sporą niedokładnością utrzymywania rygoru technologicznego oraz wydłużonym czasem cyklu filtracji, co bezpośrednio przekłada się na mniejszą wydajność stacji odwadniania odpadów flotacyjnych.

Prasy filtracyjne GHT są w pełni automatycznymi urządzeniami wymagającymi jedynie uruchomienia pierwszego cyklu filtracji. Urządzenie płynnie przechodzi przez kolejne etapy cyklu, a po jego zakończeniu rozpoczyna kolejny cykl. Dopiero przejście w tryb mycia tkanin filtracyjnych kończy cykl filtracji. Każda prasa filtracyjna GHT dostarczana jest wraz z szafą siłowo-sterowniczą, w której zabudowane są:

- sterownik PLC,
- jeden lub więcej falowników,
- układ zasilania prasy filtracyjnej i urządzeń pomocniczych,
- układ sterowania prasą filtracyjną i urządzeniami pomocniczymi,
- osprzęt sieciowy i komunikacyjny.

Zależnie od aplikacji szafa ta może w pełni sterować:

- wszystkimi urządzeniami zabudowanymi na prasie filtracyjnej, tj. agregatem hydraulicznym, urządzeniem przesuwu płyt, itp.,
- układem pompowym nadawy,
- misą obciekową zabudowaną pod prasą filtracyjną,
- układem pompowym obcieków, rzapi i zbiorników pośrednich,
- układem ściskania membran,
- układem dosuszania placka,
- układem przedmuchu i przemycia kolektora,
- myjką tkanin filtracyjnych,
- pompą zasilającą myjkę w wodę,
- układem centralnego smarowania i/lub oliwienia,

- armaturą zarówno w obrębie prasy jak i na rurociągach nadawczych, filtratu, czystej wody, obcieków, itp.,
- osprzętem elektronicznym, tj. czujnikami, wyłącznikami krańcowymi, przekaźnikami, przepływomierzami, tensometrami, itp.,
- jednym lub więcej przenośnikami odstawy placka filtracyjnego.

W takim przypadku zadanie obsługi sprowadza się jedynie do inspekcji wszystkich elementów wchodzących w skład układu odwadniania oraz ustawienie wszystkich urządzeń w tryb automatyczny. Dzięki zastosowaniu szeregu czujników: zbliżeniowych, poziomu, ciśnienia, przepływu, itp. program sterujący układem odwadniania może odpowiednio sterować wszystkimi komponentami w taki sposób, aby z jednej strony w czasie rzeczywistym dopasować się to zmiennych warunków technologicznych, a z drugiej strony zapobiec uszkodzeniu poszczególnych elementów z powodu awarii np. zasilania lub braku nadawy.

2.7. Układ bezpieczeństwa

Nadrzędnym celem producenta pras filtracyjnych typu GHT jest bezpieczeństwo zarówno obsługi urządzenia jak i osób przebywających w jej pobliżu. Z tego względu prasa wyposażona jest szereg rozwiązań mających za zadanie ochronę życia i zdrowia osób mających jakkolwiek styczność z układem filtracji. Pierwszym – najbardziej widocznym – elementem jest stała barierka zabudowana wokół prasy. Urządzenie jest w pełni automatyczne, dlatego nie ma potrzeby dostępu do zespołu płyt w trakcie normalnej pracy. Z każdej strony zabudowana jest bramka wejściowa posiadająca dwa zamki: mechaniczny oraz elektromagnetyczny. Aby uniknąć wypadków, gdy czynności konserwacyjne lub naprawcze wykonuje jedna osoba, do otwarcia bramki potrzebne są dwie osoby. Kolejnym rozwiązaniem jest bariera fotokomórkowa działająca wzdłuż prasy. W razie gdyby z jakiegokolwiek powodu należało zatrzymać pracę urządzenia, np. z powodu niedokładnego odspojenia się placka filtracyjnego w trakcie rozładunku, wystarczy przeciąć laserową wiązkę, co zatrzyma urządzenie przesuwu płyt. Standardowym wyposażeniem są również wyłączniki linkowe oraz grzybkowe pozwalające na zatrzymanie urządzenia z kilku miejsc. Istotne jest również zabezpieczenie układu pneumatycznego. Cała armatura automatyczna sterowana jest pneumatycznie przy pomocy stacji zabudowanej na prasie filtracyjnej. Wyposażona jest ona w zbiornik sprężonego powietrza o objętości pozwalającej na zamknięcie wszystkich zaworów, zasuw i przepustnic w przypadku zaniku zasilania.

Również urządzenia wchodzące w skład węzła filtracji zabezpieczone są przed poważniejszymi awariami. Użyte rozwiązania to m.in. laserowy czujnik wyrównania ruchomej głowicy, czujniki ciśnienia na rurociągu nadawy, czujniki zbliżeniowe ruchomej głowicy i myjki tkanin, czujniki położenia napędów, czujniki tensometryczne i wiele innych. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom użytkownik może mieć pewność, że nie dojdzie do poważniejszych awarii wymagających znacznych nakładów finansowych na usunięcie ich skutków.

3. Węzeł odwadniania odpadów w prasie GHT 2000 w KWK Krupiński

Na rysunku 8 przedstawiono węzeł odwadniania odpadów flotacyjnych w prasie filtracyjnej komorowej typu GHT. Do odwadniania odpadów flotacyjnych o uziarnieniu poniżej 0,5 mm (w których ziarna poniżej 0,063 mm stanowią 80%) i zagęszczeniu 450 g/l zastosowano prasę komorową typu GHT 2000.P9 (poz. 2). Jest to prasa komorowa wyposażona w:

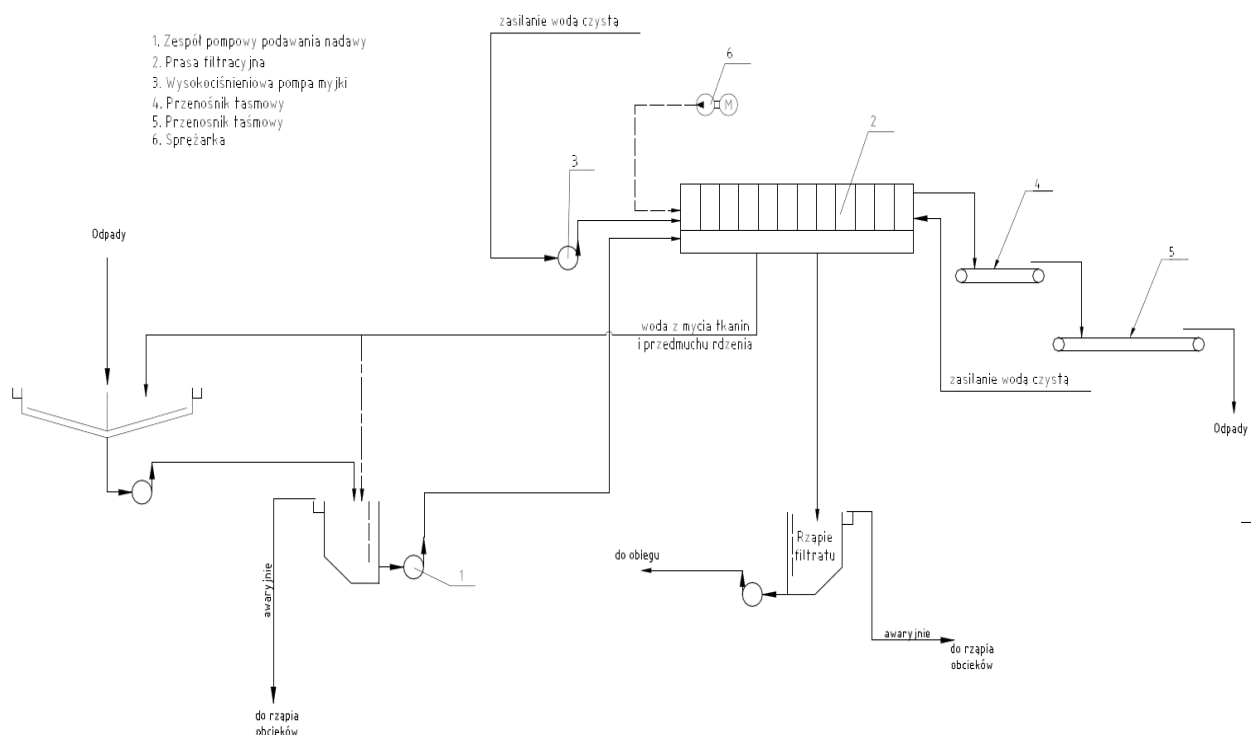
- 117 polipropylenowych płyt o wymiarach 2000x2000 mm, głębokość komory 25 mm;
- 117 polipropylenowych tkanin filtracyjnych;
- 117 tkanin dolnych;
- układ górnego zawieszenia i transportu płyt;
- czteropunktowy docisk ruchomej głowicy;
- sprężarkę do powietrza sterowniczego i przedmuchu kolektora (poz. 6),
- wysokociśnieniowy układ mycia tkanin filtracyjnych,
- szafę zasilająco-sterowniczą z dotykowym panelem sterowniczym,
- pompę nadawy (poz. 1),
- wysokociśnieniową pompę myjki (poz. 3),
- stałą barierę ochronną wokół prasy z bramkami wejściowymi z obu stron;
- fotokomórkową barierę z jednej strony prasy;
- rurociąg obustronnego napełniania;
- rurociąg ujścia filtratu z automatycznym zaworem odwadniającym;
- funkcję bezpiecznego zakończenia filtracji z magnetycznym przepływomierzem;
- funkcję automatycznej redukcji ciśnienia;
- automatyczny układ przedmuchu i przemycia kolektora;
- układ automatycznego smarowania i oliwienia urządzenia przesuwu płyt.

Prasa (poz. 2) napełniana jest poprzez układ pompowy składający się z pompy wirowej i tłokowo-membranowej (poz. 1). W pierwszym etapie nadawa pompowana jest z dużą prędkością przez pompę wirową. W miarę upływu czasu w komorach gromadzi się coraz więcej części stałych powodując wzrost ciśnienia nadawy przy obniżeniu tempa jej napływu. Po osiągnięciu zadanych wartości ciśnienia i natężenia przepływu pompa wirowa wyłącza się, a załącza się pompa tłokowo-membranowa, która doprowadza etap filtracji do końca, tj. do momentu osiągnięcia zadanego ciśnienia filtrowanego medium.

Harmonogram pracy prasy składa się z następujących operacji:

- zamknięcie prasy siłownikami hydraulicznymi,
- napełnienie prasy za pomocą układu pompowego,
- zakończenie filtracji, zatrzymanie pomp,
- przemycie i przedmuch kolektora nadawczego,
- rozładunek prasy.

Prasa filtracyjna GHT 2000.P9 pracuje w trybie automatycznym, nie wymaga bezpośredniej obsługi, szczególnie przy operacji rozładunku prasy.



Rys. 8 Węzeł odwadniania odpadów flotacyjnych w prasie GHT 2000.P9 [źródło: opracowanie własne]

4. Efekty eksploatacyjne uzyskane w wyniku zastosowania nowoczesnej prasy

Prasa komorowa GHT 2000.P9 pracuje w węźle odwadniania odpadów flotacyjnych węgla koksowego od 2012 r. W okresie uruchomienia prasy prowadzone były badania kontrolne w celu sprawdzenia czy prasa uzyskiwała założone parametry, a mianowicie osiągała wydajność min. 9 t /h odwodnionego odpadu flotacyjnego w suchej masie oraz zawartość wilgoci w placku nie przekraczała 25%.

W tabeli 1 zestawiono uśrednione parametry techniczne prasy filtracyjnej GHT 2000.P9 oraz dotychczas pracujących pras PF ROW, natomiast w tabeli 2 przedstawiono porównanie efektów eksploatacyjnych prasy GHT 2000.P9 oraz równoległe pracujących pras PF ROW.

Parametry techniczne prasy filtracyjnej zabudowanej w KWK Krupiński oraz dotychczas pracujących pras PF ROW (źródło: opracowanie własne)

Tabela 1

Parametr	J.m.	Wartość	
		GHT 2000.P9	PF ROW 570
Typ	–	GHT 2000.P9	PF ROW 570
Rozmiar płyt	[mm]	2 000 x 2 000	1 500 x 1 500
Liczba zabudowanych płyt	–	117	151
Głębokość komory	[mm]	25	30
Pojemność płyty	[dm ³]	82,8	63,3
Pojemność prasy	[dm ³]	9604,8	9495
Powierzchnia filtracyjna płyty	[m ²]	6,7	3,84
Powierzchnia filtracyjna prasy	[m ²]	777,2	576
Ciśnienie filtracji	[bar]	13	10

Efekty eksploatacyjne prasy filtracyjnej GHT 2000 oraz pras PF ROW (źródło: opracowanie własne)

Tabela 2

Parametr	J.m.	Wartość	
		GHT 2000.P9	PF ROW 570
Typ	–	GHT 2000.P9	PF ROW 570
Wydajność prasy w przeliczeniu na plackek filtracyjny	[t/d]	280	115

Ilość filtrowanej nadawy	[m ³ /d]	484	202,75
Całkowity czas trwania cyklu	[min]	70	150
Czas trwania etapu rozładunku prasy	[min]	10	30
Żywotność tkanin	[mies.]	18	6

Jak wynika z tabeli 2 czas trwania cyklu odwadniania w prasie GHT jest dwukrotnie krótszy niż w prasie PF ROW a wydajność prasy GHT w przeliczeniu na placek filtracyjny jest ponad dwukrotnie większa niż prasy PF ROW.

Zastosowanie w prasie GHT mycia tkanin pozwoliło trzykrotnie wydłużyć żywotność tkanin w stosunku do prasy PF ROW.

Wyniki pracy uzyskane w nowoczesnej prasie komorowej typu GHT potwierdzają, że można zwiększyć wydajność węzła odwadniania odpadów poprzez zabudowę większych i bardziej nowoczesnych pras filtracyjnych. Potwierdzeniem tego jest zabudowa kolejnych pras GHT 2000 w ZMPW KWK Krupiński.

5. Podsumowanie

W 2012 r. w stacji odwadniania odpadów flotacyjnych w Zakładzie Przeróbki Mechanicznej Węgla KWK Krupiński należącej do Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA firma PROREM zabudowała i uruchomiła prasę filtracyjną GHT 2000.P9. KWK Krupiński była pierwszym zakładem w Polsce, w którym zabudowana została prasa typu GHT 2000 oraz w którym do napełniania prasy filtracyjnej została użyta pompa tłokowo-membranowa – w układzie tandemowym z pompą wirową. Pierwszą kopalnią, w której zabudowana została prasa typu GHT była KWK Jas-Mos, która może poszczycić się prasą GHT 1500.P7 służącą do odwadnianiu najdrobniejszych ziaren koncentratu flotacyjnego (poniżej 25 µm) obecnych w odcieku z wirówek sedymentacyjno-filtracyjnych, co pozwala na skuteczne zamknięcie obiegu wodno-mułowego. Aktualnie firma PROREM jest również w trakcie realizacji inwestycji w KGHM Polska Miedź SA pn. „Modernizacja układu filtracji i suszenia koncentratu w Rejonie ZWR Rudna – Zakup prasy filtracyjnej do odwadniania koncentratu miedzi”, która obejmuje dostawę i zabudowę prasy filtracyjnej typu GHT 2500.F8, wyposażonej w największe na świecie płyty filtracyjne o rozmiarze 2500x2500 mm.

Wspomnieć tutaj należy, iż doboru pomp nadawy dla KWK Krupiński dokonał producent prasy filtracyjnej, dzięki czemu ich parametry optymalnie wpisują się w cały układ

odwadniania – w odróżnieniu od przypadków, gdy do istniejących pomp wirowych „na siłę” dobierane są pompy drugiego stopnia bez przeprowadzenia głębszej analizy stawianych im wymagań i dopasowania ich do charakterystyki zarówno prasy filtracyjnej jak i pompy pierwszego stopnia.

Należy również nadmienić, iż firma PROREM zmodernizowała większość pras PF ROW w zakresie układów hydraulicznych, przesuwu płyt oraz wymiany płyt żeliwnych na polipropylenowe. Do dnia dzisiejszego firma dostarczyła swoim odbiorcom ponad 6 tysięcy płyt filtracyjnych. Obecnie nikt nie kwestionuje wyposażania pras filtracyjnych w płyty filtracyjne wykonane z polipropylenu w miejsce płyt żeliwnych, w które pierwotnie były wyposażane prasy filtracyjne typu PR ROW. Tak samo oczywistym jest fakt, iż obecnie w urobku coraz większy udział ma skała płonna, którą następnie należy w procesach przeróbczych wydzielić, a którą w ostatecznych rozrachunku należy w maksymalnym stopniu odwozić. W przypadku istniejącej infrastruktury zazwyczaj nie ma możliwości zabudowy kolejnych pras filtracyjnych. Dlatego jedynym ekonomicznym rozwiązaniem problemu wąskiego gardła jest maksymalizacja wydajności stacji odwadniania odpadów flotacyjnych poprzez zabudowę większych oraz bardziej nowoczesnych urządzeń.

Literatura

- [1] Aleksa H., Tumidajski T., Saramak D., Gawenda T., Osoba M., Lenartowicz M., Blaschke W., Lutyński A., 2007: Scenariusz rozwoju technologii przeróbki mechanicznej węgla kamiennego energetycznego. Opracowanie etapu 4.4. Foresight „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” (niepublikowane)
- [2] Lenartowicz M.: Aktywność flotacyjna węgla w korytowej pneumomechanicznej maszynie flotacyjnej w funkcji napięcia powierzchniowego zwilżania. Praca doktorska. Katowice, GIG 2007.
- [3] Nowak Z.: Gospodarka wodno-mułowa w zakładach przeróbki mechanicznej węgla. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1982.
- [4] Sablik J.: Flotacja węgla kamiennych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice 1998.
- [5] Tomas A., Matusiak P., Kwaśny K.: Zmodernizowana prasa filtracyjna PFK 570N. KOMEKO 2013, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo – Jakość – Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 235-244.