

Porównanie akustycznych i magnetycznych mierników przepływu Zastosowanie: Rury nadawy o dużej średnicy w w hydrocyklonach zagęszczających minerały

Analiza wydajności oraz kosztów eksploatacji przepływomierzy

Autor: Paul Rothman, prezes firmy CiDRA Minerals Processing

Wstęp

Zakłady przeróbki kopalin zwykle stosują kruszarki z zespołami hydrocyklonów pracujące w obiegu zamkniętym, wytwarzające szlam o zadanym uziarnieniu cząstek. Uzyskanie właściwej dystrybucji uziarnienia jest niezbędne przy pozyskiwaniu minerałów przez flotację. Dlatego ważne jest, aby eksploatować zespoły hydrocyklonów w granicach ich nastawów znamionowych, których poprawne działanie zależy od właściwej prędkości obwodowej i gęstości nadawy. Prędkość obwodowa jest zliczana z ciśnienia w zespole hydrocyklonów lub ze strumienia objętości w nadawie; gęstość zaś jest bezpośrednio mierzona gęstościomierzem. Z tego powodu większość instalacji z kruszarkami pracującymi w obiegu zamkniętym stosuje przepływomierze i gęstościomierze w rurze nadawy hydrocyklonów.

Mierzenie przepływu objętościowego w rurach doprowadzających nadawę w miedzianych zagęszczarkach nie jest prostą sprawą. Jeszcze trudniejsza jest przeróbka rud magnetytu o dużej ścierności, a także konserwacja takich instalacji. Mierniki przepływu muszą dopasowywać się do zmiennej gęstości szlamu oraz do udziału magnetytu oraz uwięzionego gazu. Magnetyczne mierniki nie radzą sobie dobrze ze zmianami zawartości magnetytu czy uwięzionego powietrza. Należy nadmienić, że pomiary gęstościomierzy zakłócają się przez uwięzione powietrze zbierające się zwykle przy niskich poziomach w zbiorniku nadawy. Zadaniem techników miernictwa, technologów oraz serwisantów jest zapewnienie rzetelnego i powtarzalnego pomiaru przepływu przy ograniczeniu awarii oraz przestojów. Zazwyczaj przepływomierz magnetyczny wytrzymuje od pół roku do 5 lat, zależnie od właściwości rudy oraz prędkości szlamu, co przekłada się na wysokie łączne koszty eksploatacji takich urządzeń. Należy tu uwzględnić koszt inwestycji, czas realizacji zamówienia, koszty montażu, zabezpieczenia, eksploatacji, konserwacji, części zapasowych oraz przestojów. Łączny koszt użytkowania magnetycznych przepływomierzy w zagęszczarkach znacząco przekracza wydatek początkowy.

Mierniki sonarowe oferują dokładniejsze, wiarygodniejsze i powtarzalne pomiary przepływu objętościowego przy zerowych kosztach konserwacji. Mierniki sonarowe są więc bardziej ekonomiczne w takich zastosowaniach. Ponadto można zwiększyć wydajność pozyskiwania minerałów dzięki bardziej regularnemu uziarnieniu przerabianej zadawy. Osiąga się to poprzez korygowanie gęstości doprowadzanego szlamu na podstawie udziału uwięzionego w nim powietrza. Firma CiDRA posiada wieloletnie doświadczenie w dostarczaniu zaawansowanych i niezawodnych urządzeń dla przemysłu górniczego: nasze mierniki sonarowe są stosowane w 40 kopalniach w ośmiu krajach.

Porównanie działania przepływomierzy magnetycznych i sonarowych

Poniżej porównane zostały zalety i wady technologii przepływomierzy magnetycznych i sonarowych stosowanych w hydrocyklonach z nadawą doprowadzaną rurami o dużej średnicy.

Cecha	Przepływomierz magnetyczny	Przepływomierz sonarowy
Montaż	<ul style="list-style-type: none"> - Wbudowany przepływomierz magnetyczny wymaga stosowania kołnierzy i uszczeltek - Można go zamontować tylko korzystając z podnośnika o dużym udźwigu - Montaż zajmuje zespołowi pracowników zwykle 8 godzin - Przerób musi zostać wstrzymany na czas montażu 	<ul style="list-style-type: none"> - Montuje się go na zewnątrz rury roboczej (należy mieć dostęp do przynajmniej 1 metra gładkiej rury) - Montaż zwykle zajmuje 2 godziny i może być wykonany przez jednego pracownika - Przerób jest możliwy w trakcie montażu przepływomierza
Konfiguracja czujnika	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrody narażone są na działanie szlamu, co prowadzi do przecieków i nieprawidłowych pomiarów 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas z czujnikami montowany jest na rurze, dzięki czemu płynący szlam nie ma na niego wpływu
Wymogi króćca	<ul style="list-style-type: none"> - Precyzyjne odczyty wymagają prostego odcinka rury dopływowej o długości od 5 do 10 większej niż jej średnica 	<ul style="list-style-type: none"> - Mogą być montowane na końcu króćca bez wpływu na ich precyzję - Zalecana długość dostępnej rury od 5 do 10 większa od jej średnicy
Bezpieczeństwo	<ul style="list-style-type: none"> - Zawsze występuje groźba nieszczelności w zamontowanym urządzeniu. Rura może przeciekać. - Podczas montażu przepływomierza magnetycznego potrzeba stosować ciężkie dźwigi, co grozi wypadkiem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Brak zagrożeń przy montażu - Rura pozostaje nienaruszona, a każdy element może łatwo zamontować jeden pracownik
Konserwacja	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrody i wyściółki zostaną uszkodzone przez szlam o wysokiej ścierności - Rury przepływomierza magnetycznego oraz wyściółki trzeba regularnie wymieniać: ich okres eksploatacji wynosi od 6 miesięcy do 3 lat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bezobsługowe
Precyzja	<ul style="list-style-type: none"> - Każdy przepływomierz magnetyczny jest fabrycznie kalibrowany na podstawie przepływu wody, więc odczyty przepływomierza magnetycznego zależą od zmiennych parametrów przepływającego szlamu. - Większość takich przepływomierzy nie uwzględnia specyfiki obrabianego magnetytu. Nawet przepływomierze uwzględniające magnetyt mają korekcję tylko do jego domyślnego udziału w szlamie. Zawartość magnetytu zmienia się z czasem, co powoduje, że przepływomierze magnetyczne wymagają rekaliibracji. - Przepływomierze magnetyczne mierzą bezwzględne napięcie. Z biegiem czasu i przy zmianach temperatury mierzone wartości nie będą odpowiadać stanowi faktycznemu, 	<ul style="list-style-type: none"> - Kalibracji dokonuje się na podstawie modelu urządzenia, a nie jego numeru seryjnego. Nie przeprowadza się jej na poziomie indywidualnych mierników. - Przepływomierze sonarowe również kalibruje się według przepływu wody, ale parametry szlamu nie wpływają na tę kalibrację, dlatego też właściwości szlamu mogą się zmieniać w czasie, bez potrzeby rekaliibracji miernika. Dotyczy to też zawartości magnetytu w szlamie. - Tylko czas i droga nadawy są mierzonymi wartościami bezwzględnymi. Czas jest odmierzany przez zegar w nadajniku, a droga jest mierzona według fabrycznie ustawionych odstępów między czujnikami. Wszystkie inne pomiary są względne, więc nie trzeba korygować dryftu sygnału.

Cecha	Przepływomierz magnetyczny	Przepływomierz sonarowy
Rzetelność	<ul style="list-style-type: none"> - Wieloletnie badania dowodzą, że odczyty przepływomierzy magnetycznych zależą od właściwości szlamu. W typowych warunkach pracy parametry szlamu ciągle się zmieniają, co przekłada się na brak powtarzalności pomiarów. Przepływomierze magnetyczne nie pozwalają na rzetelny pomiar obciążenia pompy. 	<ul style="list-style-type: none"> - Odczyty przepływomierzy sonarowych nie są zależne od parametrów nadawy, więc powtarzalność pomiarów jest wysoka. Można podać przykłady tu z instalacji przemysłowych, w których mierniki sonarowe mierzą bieżące obciążenie pompy lepiej niż ich magnetyczne odpowiedniki.
Wpływ uwięzionego powietrza	<ul style="list-style-type: none"> - Powietrze uwięzione w szlamie może zakłócać pomiary bez możliwości ich korekcji. - Przy obliczaniu przepływu objętościowego przepływomierze magnetyczne zakładają pełne wypełnienie rury. Wszelkie pęcherzyki powietrza czy frakcje gazowe nie są uwzględniane. 1% zawartość powietrza powoduje 1% błąd pomiaru przepływu. 	<ul style="list-style-type: none"> - Na miernik nie wpływa uwięzione powietrze. Odczyty nie zależą od zmiennej ilości przepływającego powietrza. - Odczyty prędkości przepływu można odpowiednio skorygować o mierzoną na bieżąco zawartość uwięzionych gazów.
Wpływ magnetytu	<ul style="list-style-type: none"> - Jak wiadomo, przepływomierze magnetyczne są wrażliwe na zawartość magnetytu w nadawie. Nawet przepływomierze uwzględniające magnetyt mają korekcję tylko do jego standardowego udziału w szlamie. Po zmianie zawartości magnetytu w szlamie przepływomierz będzie wymagać rekaliibracji. 	<ul style="list-style-type: none"> - Przepływający magnetyt nie ma wpływu na miernik. Odczyty nie zależą od udziału magnetytu w rudzie.
Diagnostyka	<ul style="list-style-type: none"> - Przepływomierze magnetyczne mają ograniczony zestaw testów diagnostycznych, zależnie od modelu miernika. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nadajnik pozwala na rozbudowaną diagnostykę. Niewłaściwe okablowanie jest sygnalizowane przez czytelne komunikaty: „zamień przewód 1 z przewodem 7”. - Nadajnik wyposażony jest w dużą pamięć. Dane obejmujące wiele lat mogą być przechowywane i pobierane przez proste oprogramowanie komputerowe. Jest to bardzo przydatne przy przeprowadzaniu testów wydajności na miejscu, bez pośrednictwa sterowni.
Czas realizacji zamówienia	<ul style="list-style-type: none"> - Mierniki o tych rozmiarach zwykle dostarczane są z 12 do 16 tygodniowym opóźnieniem 	<ul style="list-style-type: none"> - Czas oczekiwania wynosi zwykle od 2 do 4 tygodni

Cecha	Przepływomierz magnetyczny	Przepływomierz sonarowy
Części zamienne	- Z powodu długiego czasu realizacji zamówień na części zamienne, zwykle trzeba magazynować dodatkowy miernik magnetyczny we własnym zakładzie, co bywa bardzo kosztowne.	- Części zamienne są niepotrzebne
Całkowity koszt użytkowania (TCO)	- Na całkowity koszt użytkowania składają się: - koszt inwestycji, - montaż, - coroczna konserwacja i naprawa (do 2 razy w roku), - zapasowe wyposażenie (jedna rura), - awarie, - koszty przestoju i niskiej wydajności.	- Na całkowity koszt użytkowania składają się: - koszt inwestycji, - montaż.

Zalety przepływomierzy sonarowych

Przepływomierze sonarowe zapewniają dokładne, rzetelne i niezawodne pomiary przepływu, z wykrywaniem udziału uwięzionego powietrza, na podstawie którego można korygować gęstość nadawy. Precyzyjniejszy pomiar przepływu pozwala na lepsze sterowanie obciążeniem kruszarki. Poprawa regulacji o 1% przekłada się na 1% wzrost wydajności układu. Oszczędności mogą osiągnąć 2 miliony dolarów rocznie (100 000 ton na dzień, ruda miedzi 0,5%, 85% stopnia odzysku, 28% gęstość, przy cenie 2,50 \$/kg). Ponadto lepsza kontrola gęstości nadawy podawanej do zespołu hydrocyklonów przekłada się na regularniejsze uziarnienie w fazie flotacji. Zależność uzysku minerałów od ziarna cząstek jest wielce zależna od specyfiki stosowanego zespołu. Zakładając, że przerób można zwiększyć o 1% poprzez kontrolowanie gęstości nadawy, liczyć tu można na 2 miliony dolarów oszczędności rocznie.

Instalacja rury podającej nadawę do hydrocyklonu

Poniższe zdjęcia pokazują przykładowe instalacje przepływomierza sonarowego i magnetycznego. Nawet w takich bardzo trudnych warunkach pracy mierniki sonarowe doskonale się sprawują. Są one montowane na zewnątrz rury, co chroni przed przeciekami. Na zdjęciu przepływomierza magnetycznego widać nieszczelność, która może się pojawiać nawet wkrótce po jego montażu.



Rysunek 1: Przepływomierz sonarowy VF-100



Rysunek 2: Przepływomierz magnetyczny

Podsumowanie

W kruszarkach rudy pracujących w obiegu zamkniętym niezbędny jest pomiar strumienia objętości nadawy. Tradycyjne przepływomierze magnetyczne są podatne na awarie, które przyczyniają się do wysokich kosztów ich użytkowania. Mierniki sonarowe są bardziej niezawodne i tańsze w eksploatacji. Z tego powodu przepływomierze sonarowe zapewniają duże oszczędności, szczególnie przy obecności rud magnetycznych (magnetyt, arsenopiryty, pirotyny) w przerabianych surowcach mineralnych. Dodatkową korzyścią jest tu możliwość dynamicznego pomiaru zawartości uwieszonego powietrza, na podstawie której można korygować mierzoną gęstość nadawy. Dostęp do tego dodatkowego parametru procesu zwiększa wydajność kruszarki i stopień uzysku minerałów.