

KLASYFIKACJA NA HYDROCYKLONACH W ZAMKNIĘTYCH UKŁADACH MIELENIA

Autor: mgr inż. Piotr Myszkowski, PRO-INDUSTRY Sp. z o.o. Sp.k., www.pro-industry.pl
Bielsko-Biała, 2011

Skrót

W niniejszej pracy zaprezentowano istotne kwestie, które należy rozważyć, przy projektowaniu oraz eksploatacji układów klasyfikacji mielenia opartych na hydrocyklonach. Dokonano dyskusji problemów pojawiających się przy doborze hydrocyklonów z uwzględnieniem kątów stożka, materiałów konstrukcyjnych, pozycji montażu, a także konfiguracji rozdzielacza. W celu uzyskania spójnego działania hydrocyklonów, przy minimalnej ilości nadziarna w przelewie, bardzo ważna jest efektywność pracy hydrocyklonów, jak również sprawy związane z ich obsługą i utrzymaniem stałości jakości separacji. Zaprezentowano najnowszą generację hydrocyklonów, produkowanych przez firmę KREBS, typu gMAX™ oraz pomp KREBS millMAX™ pracujących w zamkniętych układach mielenia, które zapewniają pompowanie nadawy w sposób stabilny przez cały okres eksploatacji oraz umożliwiają uzyskanie znacznych oszczędności w zużyciu energii, a także dłuższą żywotność części naturalnie zużywających się.

Połączenie pomp KREBS millMAX™ i hydrocyklonów gMAX™, gwarantuje podawanie do baterii hydrocyklonów, przez cały okres eksploatacji, jednakowej nadawy oraz sprawia, że system taki jest bardziej stabilny, a eliminacja strat ciśnienia na pompie i wymiana wykładzin hydrocyklonu o właściwym czasie powodują, że efektywność układu klasyfikacji jest w całym okresie eksploatacji stabilna i wysoka.

Streszczenie

Właściwy dobór hydrocyklonów klasyfikujących w układach zamkniętego mielenia wymaga odpowiedniej strategii, różniącej się w zależności od oczekiwanych efektów. Niezwykle istotnym czynnikiem jest znajomość wszystkich parametrów pracy ponieważ każda niewiadoma powoduje przyjęcie założeń z pewnym marginesem bezpieczeństwa, który będzie powodował zmniejszenie efektywności separacji układu hydrocyklonów. Jednym z czynników wpływających na efektywność pracy hydrocyklonów jest pozycja montażu. W przypadku dużych średnic, czyli hydrocyklonów o dużej długości, montaż ich w pozycji odchylonej od pionu o 45° powoduje zmniejszenie ciśnienia w dyszy wylewowej i zmniejszenie prędkości zawiesziny wydobywającej się z tej dyszy. Należy także starać się utrzymywać stałość parametrów technologicznych w węźle klasyfikacji, co może być trudne dla nadawy, która wykazuje fluktuacje zagęszczenia ciał stałych. Podstawowym kryterium pracy hydrocyklonów jest utrzymanie dużego zagęszczenia wylewu. Oprócz zapewnienia stałości parametrów nadawy, należy bezwzględnie monitorować stopień zużycia dyszy wylewowej. Wydłużenie żywotności wykładzin narażonych na zużycie zapewni zastosowanie dobrej jakości materiałów, przede wszystkim ceramicznych. Należy tak dobrać materiał wykładzin, aby ich zużycie było równomierne i nie następowała konieczność wyłączenia z ruchu hydrocyklonu w celu wymiany pojedynczej części.

Najnowszą generacją hydrocyklonów, którą Firma KREBS wprowadziła na rynek jest nowatorski hydrocyklon typu gMAX™, opracowany głównie z myślą o zastosowaniach w przemyśle górniczym. Umożliwia on dużo drobniejszą i ostrzejszą separację niż konstrukcje konwencjonalne.

Znaczne polepszenie własności techniczno – technologicznych uzyskano dzięki zastosowaniu specjalnej konstrukcji, na którą składa się w górnej części ostry stożek, który powoduje duże przyspieszenie prędkości stycznej wirującej zawiesziny, a w dolnej części, łagodny, wydłużony stożek gwarantujący długi czas przebywania ziaren w strefach o dużych prędkościach i dający w efekcie drobniejszą separację.

Optymalną efektywność działania uzyskano dzięki minimalizacji turbulencji i maksymalizacji prędkości stycznych. Mniejsze turbulencje oznaczają mniejszą ilość grubego ziarna kierowanego do przelewu oraz wydłużają żywotność wykładzin hydrocyklonu. Wyższe prędkości styczne oznaczają drobniejszą separację oraz zmniejszają ilość drobnego ziarna kierowanego do wylewu. Dzięki skupieniu się na tych dwóch czynnikach, hydrocyklony gMAX™ oferują podwyższoną efektywność działania.

Testy laboratoryjne oraz testy porównawcze wykonane w zakładach wzbogacania rud potwierdziło w pełni korzystne cechy rozwiązań zastosowanych w hydrocyklonach KREBS gMAX™.

Wiele różnych parametrów technologicznych wpływa na efektywność pracy systemu hydrocyklonów w zamkniętych układach mielenia. Bardzo ważny jest właściwy dobór konstrukcji hydrocyklonu, który będzie gwarantował oczekiwane, optymalne rezultaty. Równie ważne jest jednak utrzymywanie hydrocyklonu w odpowiednim stanie, w taki sposób, aby zapewnić stabilną pracę w ciągu całego okresu eksploatacji, głównie dbając o wymiary dyszy wylewu w celu kontroli nad zagęszczeniem wylewu i ilością drobnej klasy zawracanej do mielenia.

Uzupełnieniem hydrocyklonu klasyfikującego jest niewątpliwie pompa zasilająca, której zadaniem jest stabilne podawanie nadawy przez cały okres eksploatacji, bez utraty parametrów technologicznych. Rozwiązaniem takim jest pompa KREBS millMAX™, która jest wyposażona w hybrydowy układ uszczelnienia szczeliny wirnika. W efekcie pompy tego typu pracują równomiernie przez cały okres eksploatacji, ich sprawność jest o ok. 10-12% wyższa niż konstrukcji konwencjonalnych, a żywotność części naturalnie zużywających się jest równomierna i przedłużona, np. wirnik nie zużywa się szybciej niż korpus. Układ hybrydowy uszczelnienia szczeliny wirnika składa się z odrzutnika przedniego na przedniej ścianie wirnika i pierścienia uszczelniającego.

Połączenie pomp KREBS typu MAX i hydrocyklonów gMAX, gwarantuje podawanie do baterii hydrocyklonów, przez cały okres eksploatacji, jednakowej nadawy, co powoduje, że system taki jest bardziej stabilny, a eliminacja strat ciśnienia na pompie i wymiana wykładzin hydrocyklonu o właściwym czasie powodują, że efektywność układu klasyfikacji jest w całym okresie eksploatacji stabilna i wysoka.

Shortcut

In this paper the key to good cyclone circuit design and operation in primary grinding circuits is discussed. Cyclone circuit design issues include individual cyclone design features such as cone angle or materials of construction, as well as orientation and manifold configuration. Cyclone performance issues as well as maintenance considerations are detailed in an effort to achieve consistent cyclone operation with minimal coarse solids in the overflow. The new gMAX™ cyclones is introduced and evaluated using operating circuit data in closed circuit grinding applications. Additionally new generation slurry pump type MAX is presented. These pumps give constant performance for the whole live time as well as offers significant energy savings and long live time.

Combination of pumps type MAX and hydrocyclones type gMAX, ensures consistent and constant feed process data feed to the hydrocyclone battery, throughout the whole operation cycle and makes such a system more stable. More over the elimination of loss of pressure at the pump and replacement of the hydrocyclone linings cause that the efficiency of the classification system is in the lifetime of stable and high.

Summary

Proper selection of the classifying cyclones in closed grinding circuits requires proper approach but differs depending on the expected results. A crucial factor is the knowledge of all operating parameters because each unknown causes assumptions with some margin of safety, which will cause a reduction in separation efficiency of hydrocyclones. One of the factors affecting the efficiency of hydrocyclones is the position of the assembly. For large diameters, or hydrocyclones of considerable length, installing them in a reclining position from vertical to 45° will lead to decrease the pressure in the underflow apex nozzle, additionally pouring the nozzle and reducing the speed of the slurry escapes from the nozzle. Also it is important to try to maintain stability of process parameters on the classification manifold, which can be difficult to the feed that changes the density of solids. The basic criterion is to maintain the operation of hydrocyclones underflow at the highest possible density. In addition to ensure the stability of parameters, it is essential to monitor the wear of the underflow apex nozzle. Only using of good quality, ceramics wear liners will ensure extension of the live time. The material of the liners shall be selected in a way to ensure uniformly wear of all liners and limit a shutdown of the cyclone for the exchange of single component only.

The latest generation of cyclones, which has KREBS introduced to the market is called gMAX™, developed primarily for applications in the mining industry. It allows much finer and sharper separation than conventional designs.

Significant improvements in performance were achieved using a special design, on top of a sharp cone, which causes a rapid acceleration tangential speed rotating slurry and in the lower part, smooth, elongated cone ensures a long residence time of grains in zones with high speeds and gives a result in finer separation.

Optimal effectiveness is achieved by minimizing turbulence and maximize tangential velocity. Less turbulence means less coarse grains led to the overflow and extend the life of hydrocyclone liners. Higher speeds

mean tangential finer separation and reduce the amount of fine grain led to the underflow. By focusing on these two factors, gMAX hydrocyclones offer increased efficiency.

A series of laboratory tests and industrial full scale pilot tests have confirmed full advantages of the solutions used in hydrocyclones KREBS gMAX.

Many different variables affect the performance of a hydrocyclone system in a closed circuit. The ability to select the proper cyclone design that will allow operation at the percent solids level required for optimum performance is important. Equally important is a cyclone maintenance program that allows consistent operation of the cyclones with precise apex openings to control underflow solids and re-circulating fines. This starts with a program to eliminate cyclone component breakage due to tramp grinding media in the cyclone feed stream.

Complemented by the classifying hydrocyclone classifier is feed slurry pump, whose mission is to produce constant feed over the entire life, without losing the process parameters. The solution to this type of pump is KREBS millMAX™, which is equipped with a new developed, patented hybrid seal. As a result, these pumps are working steadily throughout the period of operation, their performance is about 10-12% higher than conventional construction, the durability of the natural wear a uniform and extended, for example, the impeller does not wear out faster than the body. Hybrid seal consists of expeller located on front wall of impeller and the wearing ring.

Combined with the millMAX pump, providing a constant feed pressure to the cyclone battery throughout the entire wear life, the overall system gets more stable and any influence of pressure loss due to pump wear is eliminated.

Dobór hydrocyklonu

Ogólnie, można stwierdzić, że dla zamkniętych układów mielenia uzyskanie optymalnej efektywności pracy wymaga podania do hydrocyklonu klasyfikującego nadawy o minimalnym zagęszczeniu oraz utrzymywania maksymalnego zagęszczenia ciał stałych w wylewie.

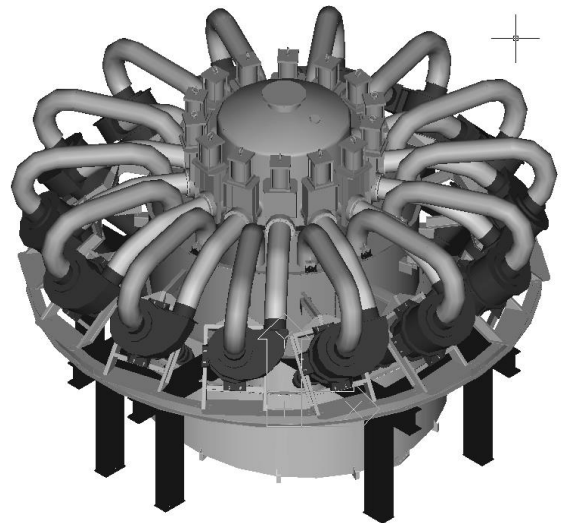
Właściwy dobór hydrocyklonu nie jest sprawą prostą, ponieważ wiele parametrów wpływających na jego pracę, nie jest dokładnie znanych przez uruchomieniem. Z tego powodu bardzo często zdarza się, że konserwatywnie dobierany system klasyfikacji będzie produkował znacznie drobniejsze ziarno niż jest wymagane. W konsekwencji, w celu uzyskania żądanej jakości separacji, w systemie mielenia utrzymujemy podwyższone zawroty i większe gęstości przelewów. Większa gęstość przelewu w hydrocyklonie prowadzi do mniejszej efektywności pracy hydrocyklonu. Np. dla układu mielenia produkującego materiał P80=0,090mm przy 300% zawrotu, szacunkowa zawartość klasy poniżej 0,037mm w wylewie hydrocyklonu wyniesie 9% przy zagęszczeniu 32% przelewu. Jeśli zagęszczenie przelewu zwiększy się do 40%, zawartość klasy poniżej 0,037mm w wylewie zwiększy się do 13%. Większa ilość materiału w wylewie spowoduje zmniejszenie wydajności układu mielącego.

Dużo korzystniejszym rozwiązaniem, w porównaniu do wyżej opisanego podejścia konserwatywnego, jest dobór hydrocyklonu pod kątem zachowania dużej elastyczności po rozruchu. Oznacza to konieczność zmiany średnicy tulei przelewowej na mniejszą i zastosowanie większej liczby pracujących hydrocyklonów. W praktyce należy zamontować w baterii dodatkowe hydrocyklony.

Orientacja położenia hydrocyklonu

W układach największych młynów typu SAG stosowane są hydrocyklony o średnicy 660 – 840mm i długości 2.500 – 3000mm. W efekcie występuje duża różnica ciśnienia pomiędzy wlotem a wylewem. Przyjmując założenie utrzymywania dużych gęstości wylewu przez cały okres eksploatacji, należy uważnie monitorować i utrzymywać na stałym poziomie stan zużycia dyszy wylewu. W wyniku montażu hydrocyklonu pod kątem 45° zmniejsza się ciśnienie w rejonie wylewu, a utrzymywanie gęstości wylewu na stałym poziomie jest w takim przypadku dużo łatwiejsze. Dodatkowo, zmniejsza się prędkość wydostającej się przez dyszę wylewu strugi zagęszczonego materiału, a żywotność tego elementu zwiększa się wówczas o ok. 100%.

Szacuje się, że połowa hydrocyklonów o dużych rozmiarach dostarczonych w ciągu ostatnich 10 lat, zostało zamontowanych pod kątem 45°. Oprócz łatwiejszego utrzymywania dużych gęstości wylewów, taka pozycja montażu umożliwia pracę z większą elastycznością podczas zmian tonażu lub gęstości, ponieważ przewymiarowana średnica dyszy wylewu nie zatyka się tak łatwo i większe cząstki nie przedostaną się wówczas do przelewu. Z drugiej strony należy zastosować dłuższe rury przelewu, a dostęp do wylewów każdego hydrocyklonu jest utrudniony. W wielu przypadkach w celu wymiany dyszy wylewu należy wymontować z baterii cały hydrocyklon.



Rys. 1. Bateria hydrocyklonów zamontowanych pod kątem 45°

Działanie hydrocyklonu

W większości układów mielenia, szczególnie dla dużych młynów, występuje problem fluktuacji zagęszczenia świeżej nadawy. W rezultacie działanie hydrocyklonów staje się trudniejsze. Ponieważ zmienia się tonaż nadawy, zmianie ulega również jakość przemiału na młynie, ponieważ zmianie uległa efektywność separacji w hydrocyklonie. Wiele zakładów przerobczych ustawia działanie hydrocyklonów na warunki dla rudy miększej, dla większym tonażu. Jednakże w przypadku, gdy ruda będzie twardsza, ilość świeżej rudy dostarczanej do

młyna będzie mniejsza. W takim przypadku, zaleca się agresywne podejście do doboru warunków pracy hydrocyklonu. Należy rozcieńczyć gęstość przelewu aby zwiększyć zawrót i uzyskać możliwie najdrobniejszy przemiał przy danym poziomie tonażu. W większości przypadków uzyska się wtedy prawdopodobnie ziarno drobniejsze o 2-4%.

Drugą podstawową sprawą w działaniu hydrocyklonu jest otrzymanie wylewu o dużym zagęszczeniu. Jeśli gęstość wylewu zmniejsza się, wówczas ilość materiału o dobrych wymiarach zawracana do młyna zwiększa się, powodując zwiększenie zawrotu przy obniżeniu jego jakości. Będzie to także skutkowało w zwiększeniu zapotrzebowania na moc pompy zasilające oraz zwiększeniem jej zużycia, a w ekstremalnych przypadkach powodować będzie zmniejszenie wydajności młyna lub wzrost ziarna z przemiału.

Jedynym sposobem na utrzymywanie dużego zagęszczenia wylewu jest niezmiennosc średnicy dyszy wylewu, którą uzyska się poprzez zastosowanie materiałów odpornych na wycieranie materiałów ceramicznych na dyszę wylewu i dolny stożek. W większości przypadków zastosowanie gumy jako materiału na dyszę wylewową i dolny stożek powoduje stosunkowo szybkie ich zużycie ściernie i zwiększanie obecności wody w wylewie.

Obsługa hydrocyklonu

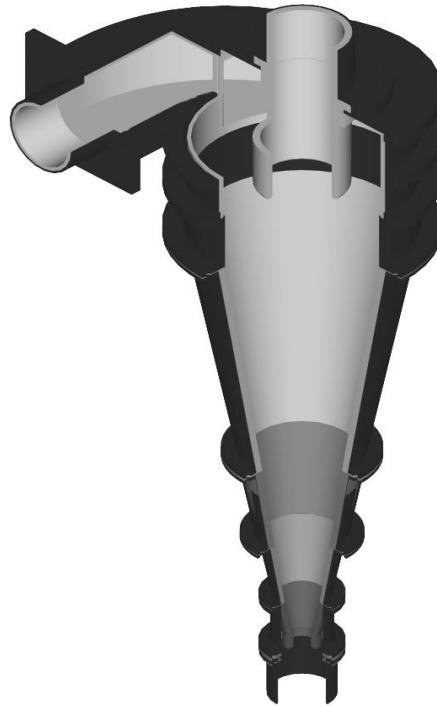
Wykładziny przeciwścierne w hydrocyklonie muszą być przez cały okres eksploatacji utrzymywane w dobrym stanie. Najbardziej niebezpiecznym zjawiskiem dla wykładzin ceramicznych jest przedostanie się do nadawy kul lub cząstek stalowych o wymiarze +50mm. Należy bezwzględnie zastosować sito bezpieczeństwa.

Z doświadczeń firmy KREBS wynika, że układy klasyfikacji, w których zastosowano monitoring zużycia wykładzin hydrocyklonu pracują w sposób najbardziej efektywny. Wymaga się, aby zasuwki odcinające poszczególne hydrocyklony wyposażone zostały w liczniki godzin pracy. Wykładziny poszczególnych sekcji hydrocyklonu zużywają się w sposób nierównomierny, dlatego cykl obsługowy hydrocyklonu jest równy żywotności najszybciej zużywającego się elementu. Jeżeli któraś z wykładzin hydrocyklonu zużywa się wyraźnie szybciej od pozostałych, należy wówczas zastanowić się nad zwiększeniem jej żywotności, tak, aby okres międzyremontowy był maksymalnie długi, co w efekcie obniży koszty remontowe.

W przypadku hydrocyklonów o dużej średnicy (660 i 840mm) największe zużycie ściernie występuje w dyszy wylewu oraz dolnym stożku oraz stożek środkowy. Następnie zużywa się

wykładzina głowicy wlotowej. Z tego powodu, w celu utrzymania zbliżonej żywotności wszystkich części hydrocyklonu, na dyszę wylewu i dolny stożek należy zastosować materiał ceramiczny o najwyższej jakości.

Podjęcie równomiernego zużycia wykładzin wymaga, aby na dyszę wylewu zastosować materiał ceramiczny danej jakości, na dolny stożek inny materiał ceramiczny, na środkowy jeszcze inny, co w efekcie da nam równomierne zużycie tych elementów zbliżone do zużycia wykładziny wlotu. Typowy zestaw wykładzin hydrocyklonu DS33 pokazano na rysunku 3. Zastosowano tutaj w dolnej części węglík krzemu. Taki dobór materiałów potwierdził się w zakładzie w Arizonie przy stosunkowo gruboziarnistym przemiele (P80 = 0,3mm) i abrazyjnym materiale. Inny zakład wzbogacania miedzi, mielący na drobniejsze ziarno (P80 = 0,14mm) przekonał się, że zastosowanie wykładzin stożka środkowego z gumy, stożka dolnego z niskiej jakości ceramiki, a dyszy wylewu z najwyższej jakości ceramiki jest najbardziej ekonomiczne.

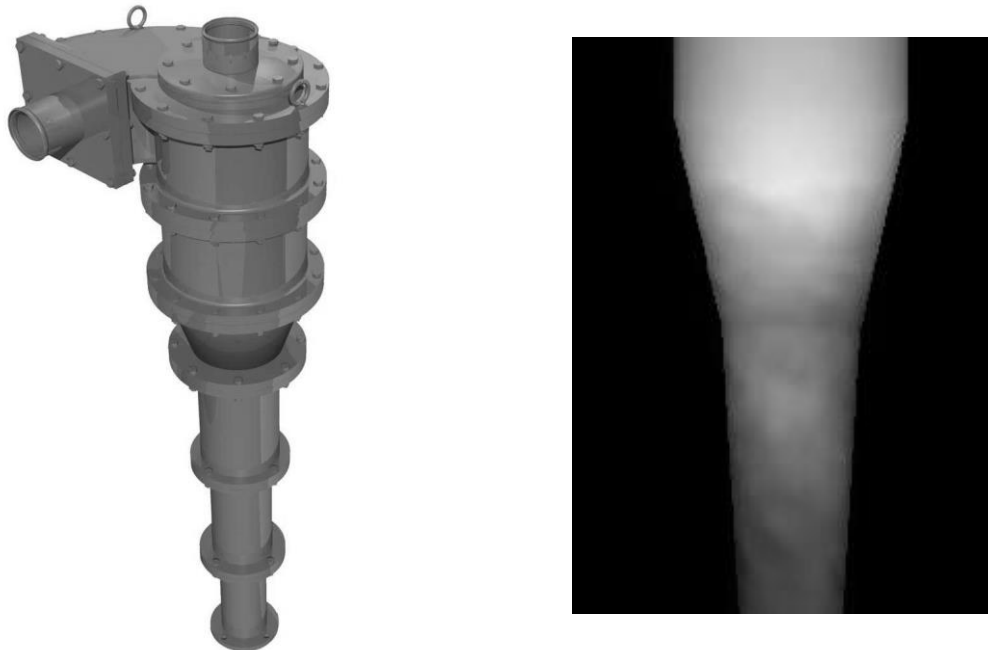


Rys. 3. Typowy układ wykładzin dla hydrocyklonów o dużych rozmiarach.

Hydrocyklon Krebs gMAX™

Firma KREBS wprowadziła na rynek nowatorski hydrocyklon gMAX, głównie z myślą o zastosowaniach w przemyśle górnym. Umożliwia on dużo drobniejszą i ostrzejszą separację niż konstrukcje konwencjonalne.

Znaczny polepszenie własności techniczno – technologicznych uzyskano dzięki zastosowaniu specjalnej konstrukcji, w górnej części ostry stożek, który powoduje duże przyspieszenie prędkości stycznej wirującej zawiesiny, a w dolnej części łagodny, wydłużony stożek, gwarantujący długi czas przebywania ziaren w strefach o dużych prędkościach, co w efekcie daje drobniejszą separację.



Rys. 4. Widok hydrocyklonu Krebs DSF10LB-gMAX oraz analiza mechaniki płynów (CFD Image) obrazująca zagęszczenie grubych ziaren wewnątrz hydrocyklonu gMAX

Optymalną efektywność działania uzyskano dzięki minimalizacji turbulencji i maksymalizacji prędkości stycznych. Mniejsze turbulencje oznaczają mniejszą ilość grubego ziarna kierowanego do przelewu oraz wydłużają żywotność wykładzin hydrocyklonu. Wyższe prędkości styczne oznaczają drobniejszą separację oraz zmniejszają ilość drobnego ziarna kierowanego do wylewu. Dzięki skupieniu się na tych dwóch czynnikach, hydrocyklony gMAX oferują podwyższoną efektywność działania.

Układ wlotowy gMAX™

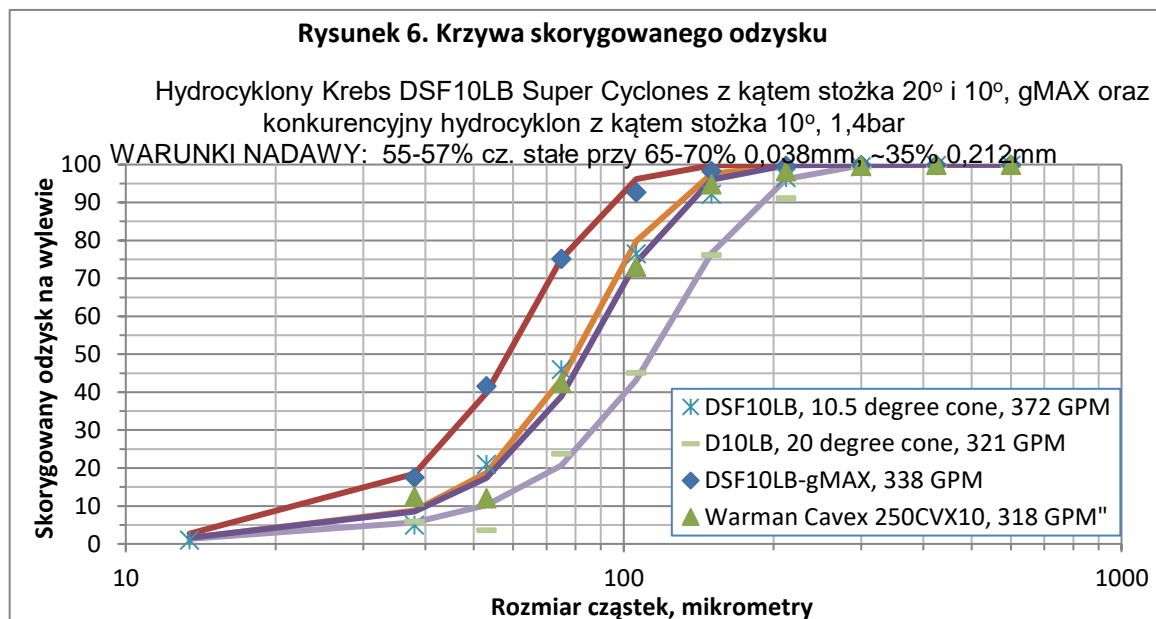
Podstawowymi założeniami w opracowaniu nowego typu hydrocyklonu było takie ukształtowanie głowicy wlotowej, aby nadać zawieszinie dużą prędkość zaraz po wejściu do hydrocyklonu oraz umożliwienie długiego czasu przebywania separowanej zawiesiny w obszarze o wysokiej prędkości obwodowej. Otrzymano konstrukcję charakteryzującą się nowatorskim rozwiązaniem geometrii głowicy wlotowej (Rys. 5) oraz wydłużonym korpusem składającym się z części cylindrycznej i z dwóch stożków.



Rys. 5. Porównanie kształtu głowicy wlotowej gMAX (lewa strona) i rozwiązanie konwencjonalne (prawa strona)

Testy laboratoryjne D10LB-gMAX

Rysunek 6. obrazuje dane uzyskane z testów cyklonów 250mm (10") o różnej konstrukcji przy wykorzystaniu próbki wylewu z młyna zmielonej rudy miedzi jednego z producentów w USA. Dla hydrocyklonu Krebs D10LB o stożku 20° wartość D50 = 0,114mm. Po zmianie stożka na kąt 10,5° wartość D50 obniżyła się do 0,080mm. Charakterystyka tej krzywej jest bardzo podobna do otrzymanej z testów konstrukcji konkurencyjnej o podobnym kącie stożka. Krzywa dla hydrocyklonu Krebs DS10LB-gMAX wykazuje D50 = 0,059mm. Co oznacza ponad 40% drobniejsze ziarno niż standardowy D10LB i ponad 20% drobniejsze ziarno niż hydrocyklon o kącie stożka 10,5°. Wszystkie hydrocyklony zasilane były tą samą nadawą i tym samym ciśnieniem.

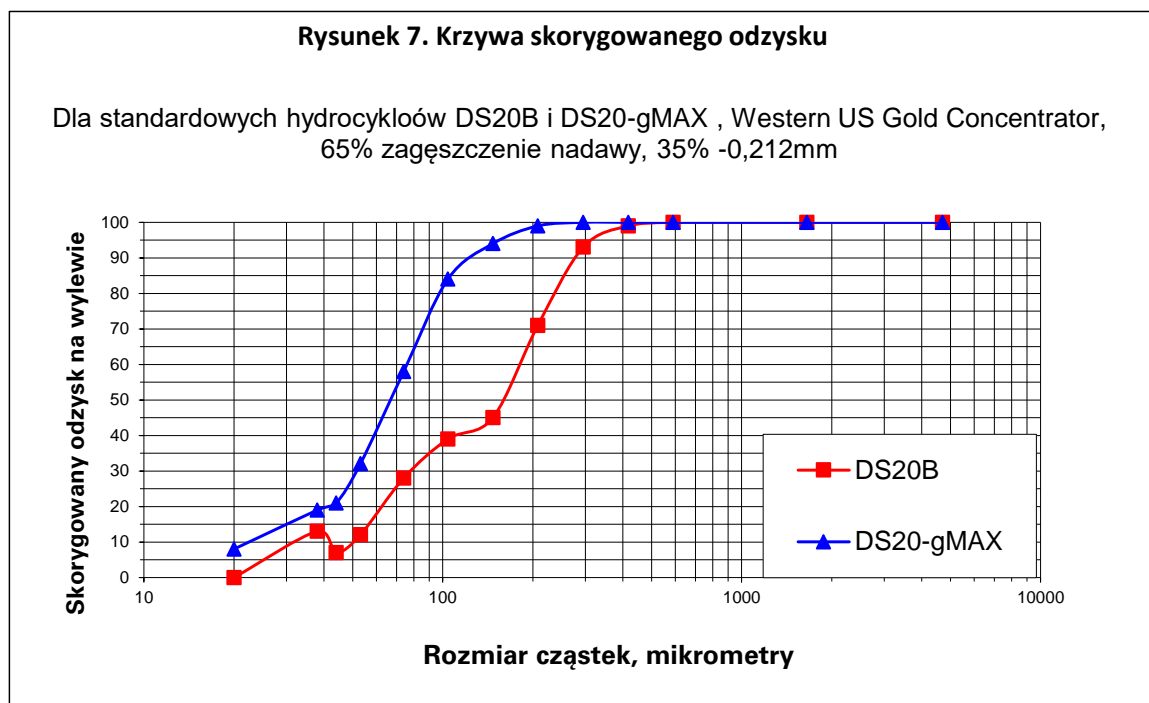


Testy produkcyjne gMAX™ w zamkniętych układach mielenia

W przeciągu kilku lat, na wielu aplikacjach, wykonano testy pojedynczych hydrocyklonów gMAX™ montowanych jako jeden z wielu w bateriach hydrocyklonów klasyfikacyjnych. Okazało się, że jest to dobra metoda na wykonanie badań porównawczych pojedynczych cyklonów. Sprawdzenie wpływu zastosowania nowej technologii na dalsze procesy przerobcze wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

DS20-gMAX™

Na rys. 7. Pokazane są krzywe odzysku dla istniejących hydrocyklonów typu Krebs DS20B oraz testowego DS20-gMAX™ w układzie mielenia kopalni złota na zachodzie USA. Wskutek zastosowania gMAX™ wartość D50 obniżyła się ze 0,170mm do 0,067mm. Warto zauważyć, że krzywa jest bardziej pionowa, co świadczy o ostrzejszej separacji.

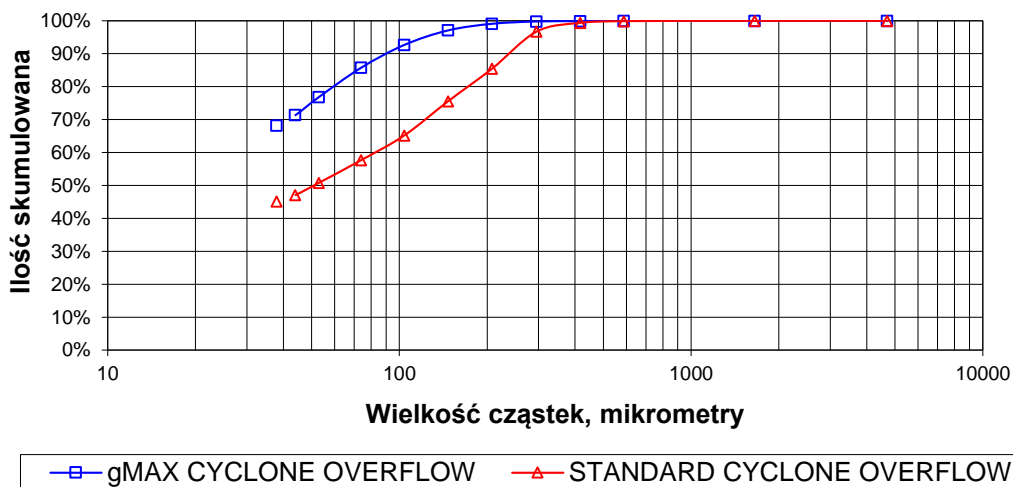


Rys. 8. Pokazuje rozkład wielkości ziaren w przelewie DS20- gMAX™, gdzie P80 = 0,060mm przy zagęszczeniu 29,7% oraz dla porównania standardowy DS20B, gdzie P80 = 0,170mm przy zagęszczeniu 38,6%.

Hydrocyklon gMAX™ o średnicy 500mm (20") separuje na ok. 50% drobniejsze ziarna niż istniejące, standardowe hydrocyklony 500mm. Taki wynik uzyskano przy tym samym orurowaniu wlotu i przelewu, tej samej średnicy tulei przelewu i podobnej wydajności. Średnica dyszy wylewu musiała być zwiększona ze względu na dużo większy odzysk ciał stałych. Trzeba pamiętać, że zmiana konstrukcji hydrocyklonu klasyfikacyjnego pracującego w zamkniętym układzie mielenia, jest technologicznie uzasadniona w przypadku zgody na zwiększenie ilości zawrotu (circulating load) do młyna.

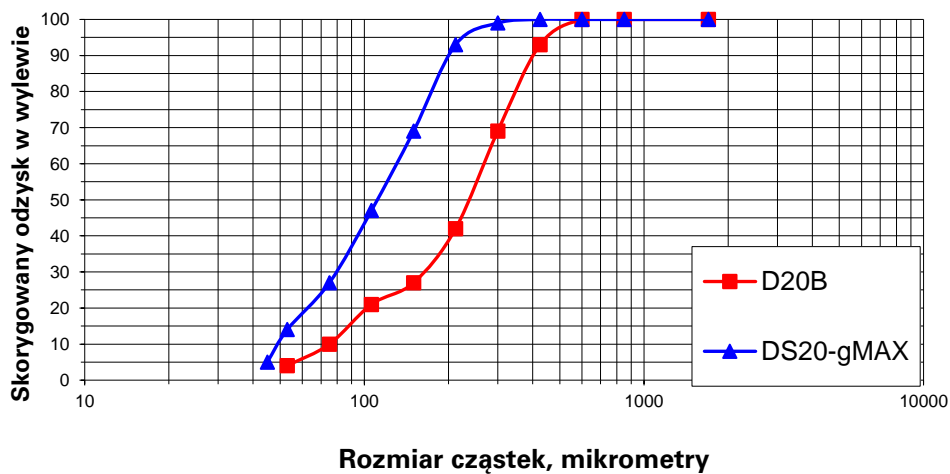
Testy przeprowadzone w jednym z zakładów wzbogacania rud miedzi w USA potwierdziły różnicę w efektywności, zobrazowaną na rys. 9. Wartość D50 standardowego D20B została zmniejszona o ok. 50% na DS20-gMAX™, z 0,240mm do ok. 0,115mm

Rysunek 8. Rozkład wielkości cząstek przelewu hydrocyklonu
 Dla hydrocyklonów DS20B i DS20-gMAX, Western US Gold Concentrator ,
 65% cz. stałych nadawy 35% - 212 mikronów



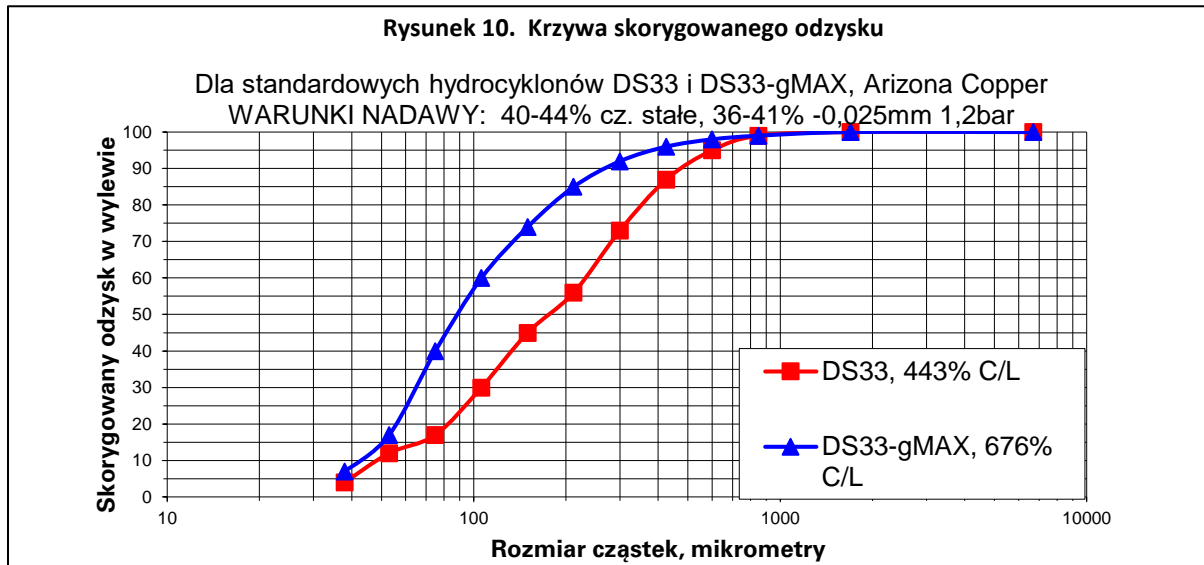
Rysunek 9. Krzywa skorygowanego odzysku

Dla standardowych hydrocyklonów D20B i DS20-gMAX Western US Copper
 WARUNKI NADAWY: 40-44% cz. stałe, 36-41% -0,025mm, 1,2bar



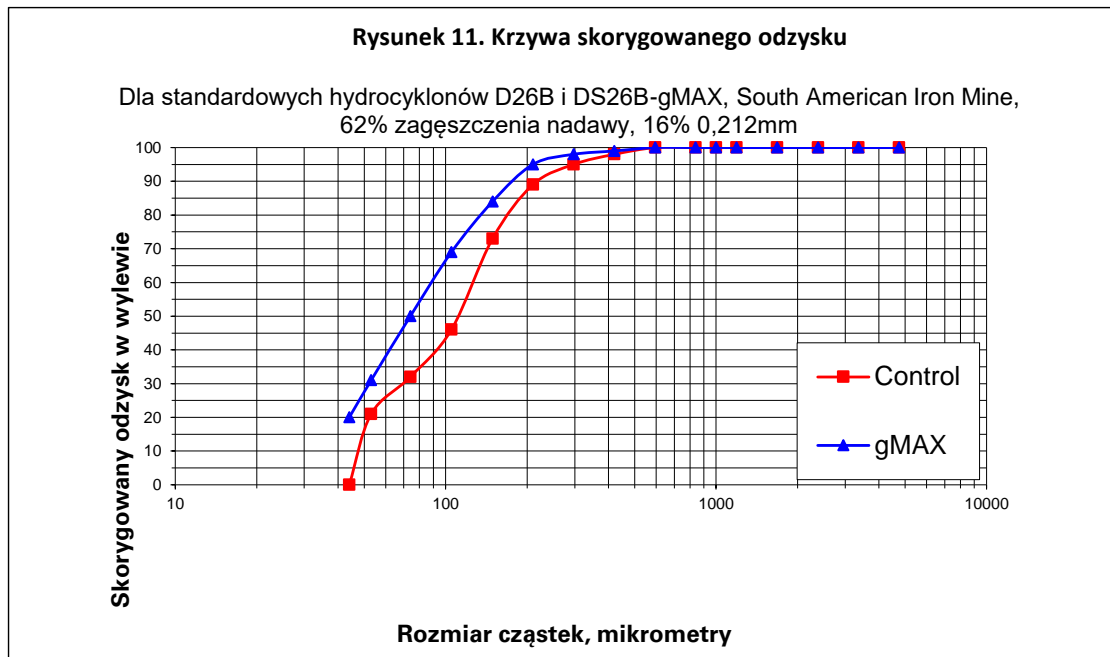
Testy porównawcze DS33-gMAX i DS26-gMAX

Przeprowadzono także testy porównawcze hydrocyklonów 840mm (33”), których wyniki pokazano na rys. 10. Również w tym przypadku dla gMAX™ koniecznym było zastosowanie dyszy wylewu o większej średnicy ze względu na większą ilość materiału. Oba hydrocyklony zamontowane były w tej samej baterii dwustanowiskowej.



Potwierdzono większą skuteczność separacji o ok. 50%. Następnie zwiększono średnice tulei przelewu w celu powrotu do warunków rozdziału przed testem. W efekcie użytkownik zdecydował się na zakup dwóch hydrocyklonów DS33-gMAX™.

W jednym z zakładów wzbogacania rud żelaza w Brazylii porównano standardowy hydrocyklon D26B z wersją typu gMAX™ otrzymując spadek wartości D50 o ok. 30%, z 0,120mm do 0,080mm, co obrazuje rys. 11. Po wymianie tulei przelewu na większą uzyskano separację na grubsze ziarno ale przy większej wydajności.



Pompa KREBS typu MAX

Dodatkowym urządzeniem uzupełniającym hydrocyklony jest pompa je zasilająca.



Rys. 12. Wirnik pompy millMAX

System doszczelniania pomp KREBS typu MAX™ składa się z dwóch decydujących elementów: szerokie łopaty odrzutnika po stronie ssania oraz opatentowany, regulowany pierścień dociskowy.

70% redukcji ciśnienia w szczelinie pomiędzy zewnętrzną krawędzią wirnika a jego otworem wlotowym wytwarzają szerokie na 20 mm łopaty odrzutnika

przedniego, które podczas pracy wypychają pulpę ze szczeliny. Za pozostałe 30% redukcji ciśnienia odpowiedzialny jest regulowany pierścień uszczelniający, który współpracuje z wirnikiem (rys. 12.), co w praktyce eliminuje recyrkulację wewnętrzną.

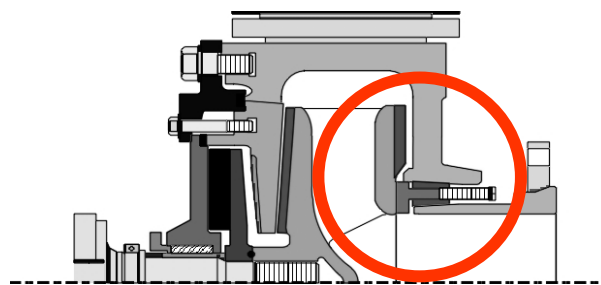
Oczywiście, niezbędna jest cykliczna regulacja pierścienia uszczelniającego (co kilka tygodni) poprzez dokręcenie śrub łatwo. Regulacja odbywa się z zewnątrz, podczas pracy pompy

(brak konieczności postępu), a elementem przesuwającym jest pierścień uszczelniający (nie wirnik). Dlatego szczelina pomiędzy płytą tylną po stronie napędu a wirnikiem, która odpowiada za utrzymanie szczelności na wale, pozostaje niezmienna. Regulacja tej szczeliny następuje jednokrotnie podczas montażu pompy.

Poprzez eliminację recyrkulacji szlamu, sprawność działania pompy pozostaje niezmienna w długim okresie użytkowania bez konieczności zatrzymywania pompy w celu wymiany części lub wykonania poważnych regulacji. Pompy KREBS typu MAX umożliwiają pracę pompy stale przy tej samej prędkości, zmniejszając zużycie wlotu wirnika (powodowane przez turbulencje) oraz pozwalają na znaczne oszczędności energii elektrycznej i zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych.

Oprócz wyeliminowania recyrkulacji szlamu wewnątrz pompy istnieje także druga wielka korzyść - szczelina pomiędzy łopatkami odrzutnika przedniego a korpusem jest stosunkowo szeroka, nie występuje, zatem zjawisko mielenia ziaren materiału w tym obszarze, tak jak to zdarza się w konwencjonalnych pompach. Dlatego pompy KREBS typu MAX™ zużywają generalnie o ok. 10-20% mniej energii niż standardowe pompy tego samego rozmiaru (nawet, jeśli pompa jest nowa i właściwie dobrana). Oznacza to, że pompy milMAX™ oferują od 10% do 20% większą wydajność z silnikiem o tej samej mocy.

W wyniku zastosowaniu dodatkowego pierścienia uszczelniającego, zmniejsza się zdecydowanie zużycie ściernie wewnątrz pompy oraz zużycie energii elektrycznej. Ponadto okazuje się, że elementy podlegające naturalnemu zużyciu zużywają się równomiernie. Wirnik pracuje tak długo jak



Rys. 13. Regulacja pierścienia ściernego

korpus i nie jest czynnikiem ograniczającym żywotność pompy. Wszystkie części zwilżane (korpus, wirnik, płyta tylna) są wymieniane w tym samym czasie.

Regulacja szczeliny po stronie ssania a wirnikiem w pompach KREBS typu MAX™ odbywa się podczas normalnego ruchu pompy, nie ma konieczności zatrzymywania zestawu pompowego, częściowego demontażu i regulacji wirnika. Dlatego pompy KREBS millMAX™ pracują w sposób ciągły od momentu uruchomienia do ich zatrzymania w celu wymiany zużytych elementów. Żywotność elementów podlegających naturalnemu zużyciu jest zwykle 1,5

do 3 razy dłuższa niż w innych wiodących konstrukcjach dostępnych na rynku. Konieczność obsługi pompy jest zredukowana do niezbędnego minimum.

Ponad to, pompy te gwarantują stabilność parametrów po stronie ciśnieniowej przez cały okres eksploatacji komory roboczej. Nie zachodzi tutaj zjawisko pogarszania się parametrów wraz ze zużywaniem się ściernym podzespołów pompy (wirnik i wykładzina po stronie ssania). Dlatego pompy KREBS millMAX współpracujące z np. hydrocyklonami klasyfikującymi, zdecydowanie zmniejszają straty powodowane przez spadek ciśnienia na wlocie do hydrocyklonu (mniejsze ciśnienie na wlocie do hydrocyklonu powoduje pojawienie się większej ilości części stałych w przelewie).

Wszystkie dotychczasowe referencje zebrane z eksploatacji pomp KREBS typu MAX udowadniają, że zużycie energii jest o ok. 20% niższe, a żywotność części komory roboczej jest przynajmniej dwukrotnie dłuższa.

Podsumowanie

Wiele różnych zmiennych wpływa na efektywność pracy system hydrocyklonów w zamkniętych układach mielenia. Bardzo ważny jest właściwy dobór konstrukcji hydrocyklonu, który będzie gwarantował oczekiwane, optymalne rezultaty. Równie ważne jest jednak utrzymywanie hydrocyklonu w odpowiednim stanie, w taki sposób aby zapewnić stabilną pracę w ciągu całego okresu eksploatacji, głównie dbając o wymiary dyszy wylewu w celu kontroli nad zagęszczeniem wylewu i ilością drobnej klasy zwracanej do mielenia.

Zastosowanie hydrocyklonu gMAX™ może powodować konieczność wprowadzenia znacznych zmian w systemach klasyfikacji młynów. Wymagania każdego układu mielenia są unikatowe i specyficzne, dlatego możliwość wymiany konwencjonalnych hydrocyklonów na gMAX™ zależy od wymagań układu. Należy mieć na uwadze, że gMAX™ może pracować na znacznie szerszym zakresie ziaren, dlatego konstrukcja ta jest przydatna w zdecydowanej większości zakładów.

Połączenie pomp KREBS typu MAX i hydrocyklonów gMAX, co gwarantuje podawanie do baterii hydrocyklonów, przez cały okres eksploatacji, jednakowej nadawy, powoduje, że system taki jest bardziej stabilny, a eliminacja strat ciśnienia na pompie i wymiana wykładzin hydrocyklonu o właściwym czasie powodują, że efektywność układu klasyfikacji jest w całym okresie eksploatacji stabilna i wysoka.

BIBLIOGRAFIA:

1. Hydrocyclone design for large SAG mill circuits, Pat Turner, Technical Paper, Tim Olson, Max Wedeles, and Gerald Kelton, May 2001, Viña del Mar, Chile
2. Improving milling circuits through aggressive approach to cyclone and overall circuit operation, Technical Paper, Roman van Ommen, Abrie Schutte, Pat Turner, Tim Olson, Cape Town 2003
3. The sizing of hydrocyclones, R. A. Arterburn, Tucson, 1997.