

USZCZELNIENIA MECHANICZNE OCHRONA PRZED ZANIECZYSZCZENIAMI I ZAPOWIETRZANIEM SIĘ

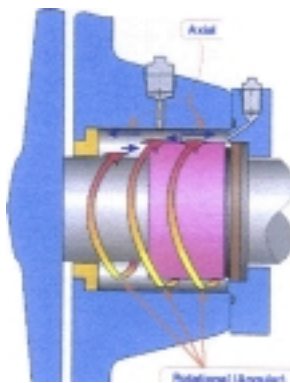
Producenci stale eliminują uszkodzenia uszczelnień wynikające z wadliwej konstrukcji czy niewłaściwej instalacji uszczelnienia. Pomimo to, większość uszkodzeń pojawia się na długo przed zużyciem pierścieni w uszczelnieniu, stąd też zauważono potrzebę wydłużenia żywotności uszczelnień poprzez poprawę warunków pracy. EnviroSeal bada właściwości środowiska, w którym funkcjonuje dane uszczelnienie, sprawdza czynniki takie jak: kierunek przepływu cieczy wewnątrz komory dławnicowej, warunki procesu oraz właściwości cieczy. Badania, jak i modernizacja mają na celu przedłużenie żywotności uszczelnienia oraz zmniejszenie bądź wyeliminowanie zewnętrznego płukania oraz potrzebę zabudowy instalacji pomocniczej. Niniejszy artykuł ma na celu zaprezentowanie rezultatów testów laboratoryjnych oraz przedstawienie właściwych rozwiązań problemów, związanych z funkcjonowaniem uszczelnień mechanicznych, pozyskanych na podstawie współpracy z klientami. Ze względu na złożoność tematu możemy przedstawić tylko niektóre pojęcia związane z pracą standardowych komór dławnicowych. Jednakże pojęcia te znajdują również zastosowanie w komorach dławnicowych stożkowych, jak i w innych komorach dławnicowych.

Początkowym celem naszych badań była eliminacja cząsteczek ściernych w standardowych komorach dławnicowych, gdyż większość funkcjonujących pomp wykorzystuje typowy układ szczeliwa, w którym tuleja dławiąca lub pierścień oporowy znajdują się na spodzie. Naszym celem był rozwój nowej grupy produktów

uzasadnionych ekonomicznie, które umożliwiłyby bardziej efektywne funkcjonowanie uszczelnień mechanicznych. Oznaki występowania zanieczyszczeń w komorach dławnicowych są dobrze znane. Wiadomo, że obecność zanieczyszczeń skraca żywotność uszczelnienia. Badania wykazały, że obecność powietrza w komorze dławnicowej podczas zalewania, a także podczas pracy pompy stanowi duży problem i utrudnia ochronę przed zanieczyszczeniami. Większość użytkowników pomp wie, iż powietrze jest niepożądanym czynnikiem w komorze dławnicowej; jednakże fakt, że działanie powietrza w znacznym stopniu skraca żywotność uszczelnienia bywa często lekceważony. Zrozumienie sposobu w jaki powietrze i cząstki ścierne współdziałają ze sobą, jest niezbędne w celu właściwego doboru uszczelnienia, a także kontroli warunków środowiska pracy uszczelnienia, które są uwarunkowane przepływem cieczy w komorze dławnicowej.

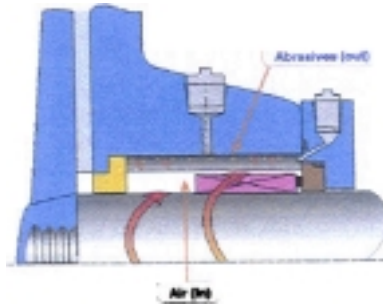
KIERUNEK PRZEPŁYWU CIECZY W KOMORZE DŁAWNICOWEJ

Przepływ cieczy w komorze dławnicowej jest napędzany siłą tarcia wewnętrznej wywoływanej poprzez ruch wału uszczelnienia albo innego elementu wirującego. Pomimo, że w głównej mierze przepływ cieczy wywołwany jest elementami wirującymi, ważnym elementem są również jego składowe osiowe (rys. 1).



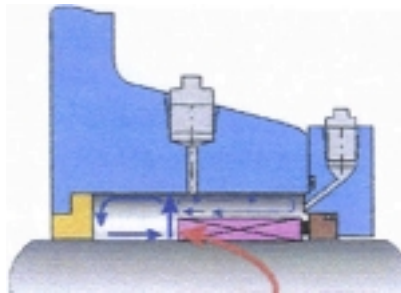
Elementy wirujące jak i składowe osiowe wspólnie wpływają na zachowanie się zanieczyszczeń oraz powietrza w komorze dławnicowej. Hydrocyklony używane są, aby

oddzielić od siebie zanieczyszczenia o wysokim i niskim ciężarze właściwym; ten rodzaj separacji odbywa się to w komorze dławnicowej (rys. 2).



Cząsteczki ściernie są kierowane siłą odśrodkową do ściany komory dławnicowej, natomiast powietrze, ponieważ jest lżejsze od cieczy, jest pchane w kierunku wału. Kiedy powietrze i cząsteczki ściernie zostaną oddzielone, dalsze zachowanie zanieczyszczeń i powietrza zależy już tylko od składowych osiowych.

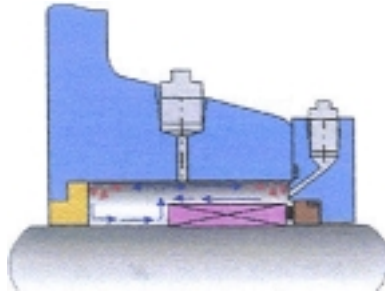
W każdej komorze dławnicowej przepływy osiowe wywoływane są poprzez tarcie powierzchni położonych promieniowo (prostopadle do wału), poddanych działaniu cieczy. Większość przepływów osiowych, wytwarzanych wewnątrz komory dławnicowej, tworzy obieg zamknięty, jak pokazano na rys. 3.



Aby określić kierunek obiegu, należy znaleźć główną powierzchnię wirującą, położoną promieniowo, wystawioną na działanie cieczy i na rysunku przekroju poprzecznego należy zakreślić strzałkę promieniowo na zewnątrz w kierunku ściany komory dławnicowej. Strzałka ta reprezentuje wywołany przepływ. Następnie należy narysować strzałkę wzdłuż wewnętrznej powierzchni osiowej, takiej jak wał, która będzie wskazywać źródło zasysania cieczy. Główny obieg cieczy może zostać określony poprzez połączenie tych dwóch strzałek z trzecią pod kątem prostym, rozdzieli się ona, aby utworzyć pętlę o niskiej prędkości w przeciwnym kierunku. Drugi obieg jest kierowany wzdłuż komory dławnicowej w kierunku par uszczelniających i wraca wzdłuż powierzchni komory. Są to typowe przepływy tworzące się wewnątrz zamkniętych komór dławnicowych.

ZANIECZYSZCZENIA WEWNĄTRZ KOMORY DŁAWNICOWEJ

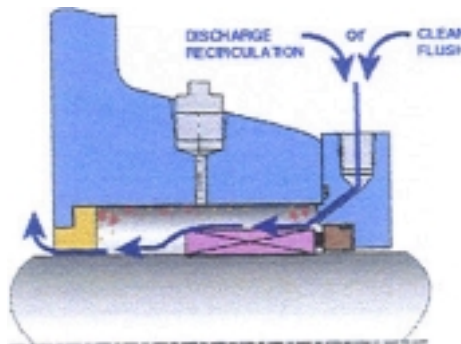
Zanieczyszczenia dostają się do komory dławnicowej podczas zalewania, zatrzymania i rozruchu pompy, podczas wymiany cieczy gdy pompa pracuje oraz podczas podawania brudnej cieczy płuczającej. Kiedy zanieczyszczenia, które posiadają większy ciężar właściwy, dostaną się do komory, zostają uwięzione przez tuleję dławiacą z powodu działania sił odśrodkowych wewnątrz komory dławnicowej. Siła odśrodkowa wyrzuca zanieczyszczenia na ścianki komory, gdzie przepływy osiowe pchają je na koniec komory (rys.4).



Ciecz może zawrócić promieniowo do wewnątrz i powrócić wzdłuż powierzchni wewnętrznych, aby zamknąć obieg, jednakże siła odśrodkowa zapobiega by zanieczyszczenia nie podążały za cieczą wewnątrz komory, czego rezultatem jest toroidalna rotacja na końcach komory. Z powodu osadzania się cząsteczek, nie potrzeba wiele czasu, aby w komorze dławnicowej wystąpiła erozja lub nastąpiło jej uszkodzenie.

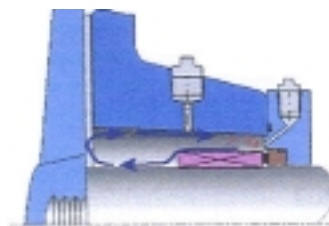
Niepotrzebna jest duża ilość elementów ściernych aby spowodować erozję, lecz twardość zanieczyszczeń. Jeśli 10 cząsteczek twardego elementu ściernego zostanie uwięziona w komorze i wiruje z prędkością 3000 obrotów / minutę, mamy stan w którym występuje 30000 zawirowań zanieczyszczeń na minutę. Taka ilość zanieczyszczeń może spowodować duże szkody w krótkim okresie czasu. Z doświadczenia wiemy, że gdy mała ilość elementów ścierających zostanie szybko usunięta, erozja zostanie znacznie zmniejszona, a tym samym zwiększy się żywotność uszczelnienia.

Jak pokazuje rys. 5, nawet jeśli płukanie jest doprowadzone do dławika, przepływ cieczy następuje zgodnie z rotacyjnym kierunkiem przepływu w komorze w kierunku wylotu przy szczelinie pomiędzy wałem, a tuleją.



Elementy ścierające zostają wyrzucone przez siłę odśrodkową do ścianek komory i są spychane na dno komory. Jeśli jest używana recyrkulacja z tłoczenia następuje ponowne włączenie brudnej cieczy do obiegu, elementy ścierające mogą gromadzić się w komorze do takiego stopnia, że w końcu otoczą całe uszczelnienie i sprawią, że przestanie ono reagować na osiowe ruchy wału.

Jeśli tuleja dławicowa zostanie usunięta, komora będzie całkowicie otwarta na tylną część wirującego wirnika. Wirnik staje się wtedy dominującą siłą wypychającą składowe osiowe przepływu wzdłuż komory w kierunku ścianki, gdzie zostaną wyłapane, ponieważ siła odśrodkowa nie pozwoli im powrócić z cieczą wzdłuż wewnętrznej powierzchni komory, jak pokazano na rys. 6.



Prowadzi to zazwyczaj do erozji, bądź też odkładania się drobnych cząsteczek na częściach uszczelnienia.

Wiedząc, że elementy ścierające gromadzą się w komorze oraz, że wykonują one ruchy zgodne ze składowymi osiowymi, EnviroSeal skonstruowało SealMate i SpiralTrac; obydwa produkty

usuwają zanieczyszczenia poprzez wymuszony obieg w komorze. Kierunek obiegu SealMate pokazany jest na rys. 7,



zaś kierunek obiegu SpiralTrac przedstawiony jest na rys. 8.

Modele obiegu obydwu urządzeń wyciągają ciecz z komory z dala od uszczelnienia. Dzięki SealMate następuje duża wymiana cieczy wewnątrz i na zewnątrz komory, co ma na celu zastąpienie płukania i układu recyrkulacji. SpiralTrac wykorzystuje recyrkulację cieczy wewnątrz komory, aby oddzielić i usunąć zanieczyszczenia.

Jeden z klientów, producent kwasu siarkowego z okolic Houston miał problemy z pompą w skruberze co 8 godzin, przy tym z właściwą wymianą co 2-3dni. Był on zmuszony do wymiany komory dławnicowej co 6 miesięcy z powodu erozji. Po zainstalowaniu Sealmate, pompa działa już przez okres 3 lat, przy czym nie stwierdzono żadnych problemów związanych z jej funkcjonowaniem. Erozja pojawiła się nie dlatego, że miał do czynienia ze szlamem, ale z powodu małych ilości zanieczyszczeń, które będąc uwięzione nieustannie powracały do biegu. Ochrona uszczelnienia wprowadziła nowy kierunek obiegu, tak aby natychmiast usunąć elementy ścierające z komory. Rozwiązanie to funkcjonuje na tyle efektywnie, że nie stwierdzono dalszych oznak erozji

POWIETRZE W KOMORZE DŁAWNICOWEJ

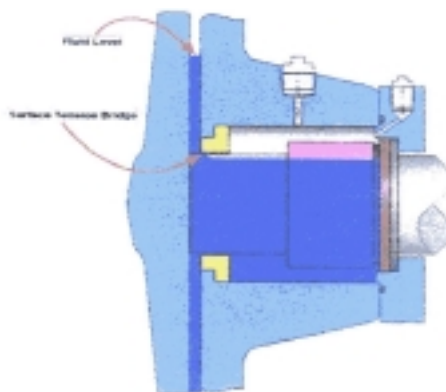
Niewątpliwie, w przypadku uszczelnień, głównym problemem są zanieczyszczenia, jednakże w niektórych produktach czy warunkach procesowych powietrze lub gaz mogą powodować inne komplikacje.

Powietrze zostaje zatrzymane w komorze dławnicowej na 3 sposoby:

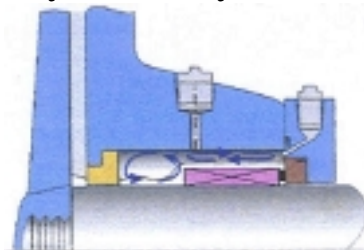
- podczas początkowego zalewania pompy, - poprzez powietrze (gaz) niesiony wraz z cieczą procesową, - powietrze wprowadzone wraz z płukaniem. W przypadku większości obiegów procesowych, powietrze zostaje oddzielone od reszty systemu, jednakże rzadko stosuje się specjalne odpowietrzenie komory. W tych systemach większość dotkliwych problemów utożsamiana jest z brakiem właściwej wentylacji komory podczas początkowego zalania pompy.

POWIETRZE DOSTARCZONE PODCZAS ZALEWANIA POMPY

Jak pokazuje rys. 9, kiedy pompa jest zalewana cieczą procesową podnosi się gwałtownie w komorze wirnikowej, natomiast bardzo powoli w komorze dławnicowej, ponieważ musi się przedostać przez szczelinę pomiędzy tuleją dławnicową, a wałem.



W rezultacie napięcie powierzchniowe cieczy zewnętrznej tworzy mostek wzdłuż małej szczeliny na górze pod tuleją dławiącą, hamując tym samym pełne odpowietrzenie komory, nawet do poziomu wału. Wynikiem wielokrotnych testów z wodą było tworzenie się pęcherzyków powietrza w komorze dławnicowej w sytuacji gdzie wystawało około 3mm wału. Oznacza to, że przy rozruchu w zamkniętej komorze dławnicowej około 1/3 komory stanowi powietrze, ponieważ gromadzi się ono wewnątrz może otoczyć całe uszczelnienie rys. 10.



Podczas działania pompy powietrze gromadzi się najpierw w najniższych punktach, zazwyczaj pomiędzy tyłem wirnika, a tyłem uszczelnienia, a następnie rozprzestrzenia się w kierunku najwyższych punktów po promieniu.

Powietrze zatrzymane w komorze podczas zalewania wystarczy do osiągnięcia punktu krytycznego, gdzie rozprzestrzenia się i otacza części uszczelnienia, czego rezultatem są duże zmiany i wzrost temperatury par ciernych. W przypadku gdy komora jest właściwie odpowietrzana podczas zalewania dodatkowa ilość powietrza pochodząca z układu rurociągu, itp. nie powinna wywołać defektów uszczelnienia.

Obecność powietrza wywiera głęboki wpływ na wybór i zastosowanie uszczelnień mechanicznych w wielu pompach. W standardowo zaprojektowanych uszczelnieniach, mających do czynienia z kwasami, substancjami żrącymi lub też innymi chemikaliami, których użytkownicy nie chcą stosować przepłukiwania lub też ze względu na koszty często stosują uszczelnienia w zamkniętych komorach dławnicowych. W przypadku kwasów, gdy uszczelnienie funkcjonuje w wysokich temperaturach (95°C - 120°C) z powodu obecności powietrza, agresywność produktu wzrasta do takiego stopnia, że wybór materiału dla danej aplikacji staje się niewłaściwy i pojawiają się uszkodzenia uszczelnienia. Jeśli występują elementy ścierne wymagane są twarde pierścienie uszczelniające (duża generacja ciepła), obecność powietrza staje się bardziej niebezpieczna, ponieważ powietrze sprawia, że temperatura drastycznie wzrasta. Właściwa wentylacja jest niezmiernie ważna dla żywotności uszczelnienia w przypadku kontaktu z kwasami.

Warto w tym miejscu przytoczyć zdarzenie, które miało miejsce w zakładach chemicznych w Anglii. Żywotność uszczelnienia zastosowanego w zregenerowanej pompie, narażonej na działanie nitrobenzenu, była krótkotrwała, około 6 tygodni, gdyż pompa była wystawiona na działanie nitrobenzenu, sody kaustycznej i innych związków siarkawych w podwyższonej temperaturze. Z powodu zagrożenia przeciekiem na połączeniach nie stosowano recyrkulacji z tłoczenia, zaś z powodu właściwości chemicznych stosowanych związków, płukanie czystą cieczą też nie stanowiło właściwego rozwiązania. Produkt ten zawierał cząsteczki stałe w zawieszynie, twarde pary uszczelniające były więc niezbędne, aby uzyskać uprzednio wspomnianą żywotność uszczelnienia. W tym przypadku doskonałym rozwiązaniem była modernizacja przez wprowadzenie Sealmate, ponieważ komora była automatycznie odpowietrzana a stały obieg wewnętrzny stale ochładzał uszczelnienie, elementy ścierne zostały usunięte oraz zastosowano lepszy materiał na pary uszczelnienia (węgiel na węglu krzemu). Program zmodernizowania 12 pomp został rozpoczęty w maju 1994, od tego czasu nie zanotowano żadnych nieprawidłowości w funkcjonowaniu uszczelnienia.

W przypadku związków żrących, solanek i innych związków krystalizujących poziom powietrza w komorze dławnicowej jest szkodliwy nawet podczas przestoju pompy. Jeśli poziom powietrza jest taki, że połączenie zasady i powietrza przebiega osiowo przez każdą stronę uszczelnienia (jak na rys. 9) wtedy istnieją idealne warunki do krystalizacji produktu. Jeśli pompa jest w fazie postoju, nawet na krótki okres czasu, kryształki mogą formować się na ściankach pomiędzy elementami przesuwными, w sprężynach, itp. Kiedy pompa jest włączona do obiegu kryształki mogą powodować, że uszczelnienie przestanie przez jakiś czas reagować na ruch osiowy

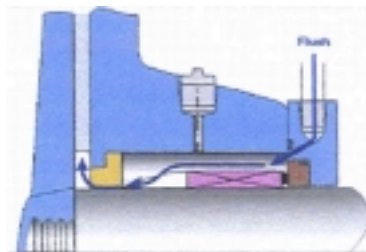
pozwalając produktom przejść przez część atmosferyczną par uszczelniających. W komorze będzie następowała dalsza krystalizacja, a wielokrotny cykl znacznie skróci żywotność uszczelnienia. Wielu użytkowników pomp jest zmuszonych do przepłukiwania czystym medium, aby uzyskać satysfakcjonującą żywotność uszczelnienia. Klient z zakładów chemicznych stosował 50% ług sodowy w 116 °C nasyconej solanki, dostarczał 23 litry gorącego kondensatu w celu osiągnięcia 18 miesięcznej żywotności uszczelnienia. Koszt kondensatu i następującego później odparowania wynosił ponad 50000\$ rocznie. Gdy zrezygnowano z przepłukiwania, wytrzymałość uszczelnienia zmniejszyła się diametralnie i wynosiła od 2 dni do 2 tygodni zależnie od sytuacji. Dwie pompy wyposażono w SealMate i funkcjonują już przez 2 lata bez konieczności przepłukiwania. SealMate został zaprojektowany do zapewnienia odpowietrzania w komorze podczas przestoju pompy, aby zapobiec krystalizacji, tym samym ustanawiając kierunek obiegu taki, aby usunąć kryształki podczas pracy pompy.

POWIETRZE Z PROCESU

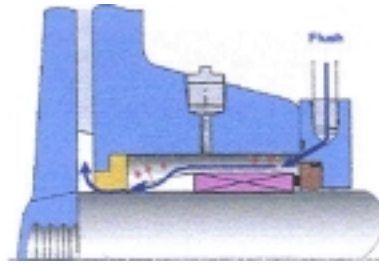
Trudniejsze warunki istnieją w przypadku, gdy ciecz z procesu niesie ze sobą dużo powietrza czy gazu, gdy zbiorniki są puste i pompy pracują na sucho. W przypadku, gdy pompa jest jedynym elementem wirującym w układzie, część powietrza (gazu) będzie się gromadzić w centrum wirowania, którym w tym przypadku będzie to komora dławnicowa. Powietrze w medium pompowanym uformuje pojedyncze pęcherzyki, natomiast woda nabierze szarej barwy zamiast naturalnego koloru. Pęcherzyki przechodząc przez pompę w pobliżu i z tyłu wirnika uformują pojedynczy pęcherz powietrza przylegający do wału. Nagromadzenie się powietrza wyprze ciecz, zaczynając od strony wału i rozszerzając się promieniście w kierunku zewnętrznym. Powietrze może otoczyć uszczelnienie powodując przegrzanie par ciernych. Problem ten pojawi się szybciej w przypadku, gdy komora nie jest właściwie odpowietrzana przy rozruchu.

W zależności od ilości powietrza obecnego w systemie można zastosować różne rozwiązania. Jeśli pompowana ciecz jest czysta, zaś w systemie obecna jest niewielka ilość powietrza rozwiązaniem byłaby komora dławnicowa stożkowa, pozwoliłoby to wykorzystać przepływ cieczy wypychanej z wirnika w kierunku dławnicy i komory, w celu odepchnięcia powietrza od ścianek. Również w przypadku obecności małej ilości powietrza przestrzeń pomiędzy wirnikiem, a tyłem komory będzie wystarczająca i spełni rolę zbiornika pod warunkiem, że komora (każdego typu) była odpowiednio odpowietrzana przy rozruchu. W przypadku obecności większej ilości powietrza podwójne uszczelnienie może zostać zastosowane w każdym rodzaju komory, co zapewni ochronę zarówno przed powietrzem jak i przed zanieczyszczeniami, i pozwoli na użycie mniej wrażliwych i wydzielających mniej ciepła miękkich par uszczelniających.

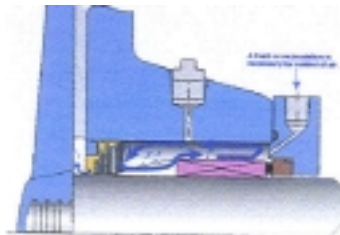
W przypadku gdy recyrkulacja z tłoczenia może zostać zastosowana w standardowej komorze dławnicowej o przewężonym wlocie przepływ może zostać ukierunkowany w taki sposób, aby odpychał powietrze w kierunku tulei dławnicowej na spodzie komory dławnicowej (rys. 11).



Część powietrza zostanie wypchana z obszaru pomiędzy pokrywą pompy, a wirnikiem. Jeśli w przepływie obecne są jakiegokolwiek zanieczyszczenia będą one gromadzić się przy wlocie, jak na rys. 12.



Jednakże mogą one zostać usunięte zaraz po osadzeniu (rys. 13) poprzez zastosowanie tulei SpiralTrac w komorze dławnicowej.



SpiralTrac został zaprojektowany w taki sposób, aby kierować zanieczyszczenia do spirali naciętej w jej części czołowej, a następnie przekazać je do pojedynczego rowka wylotowego pomiędzy tuleją, a wałem. Dzięki temu możemy zastosować podwójne uszczelnienie kompaktowe z miękkimi parami i niskie ciśnienie cieczy zaporowej, pomimo obecności powietrza, gdyż SpiralTrac rozwiązuje problem. Aby uniknąć wprowadzenia zanieczyszczeń bezpośrednio do środka komory na pary uszczelnienia należy stosować styczne doprowadzenie cieczy przy płukaniu bądź recyrkulację z tłoczenia.

PODSUMOWANIE

Pojęcia zaprezentowane w powyższym artykule są jedynie częścią zastosowanej technologii, jednakże poprzez zastosowanie przedstawionych zasad można przewidzieć zachowanie powietrza i zanieczyszczeń. W przypadku obecności powietrza, należy zapewnić odpowiednie odpowietrzenie komory dławnicowej przy rozruchu, a następnie określić czy duże ilości powietrza przedostają się do obiegu. Jeśli tak, będzie to wymagało zainstalowania wyżej przedstawionych podwójnych uszczelnień kompaktowych. W celu zlikwidowania zanieczyszczeń należy rozważyć możliwość ich wyłapania w miejscach, gdzie ciecz jest skierowana tak, aby zamknąć obieg, a następnie zmienić kierunek przepływu w danym miejscu. Można to osiągnąć poprzez przepłukiwanie lub też za pomocą SealMate, SpiralTrac, albo nawet dzięki zastosowaniu niektórych nowych typów komór. Należy pamiętać, że właśnie wirujące powierzchnie promieniowe, a nie komora dławnicowa powodują przepływy osiowe. Postępując według wyżej wymienionych zasad można przewidzieć, bądź uniknąć wielu uszkodzeń uszczelnień, można wyeliminować lub też znacznie zmniejszyć potrzebę stosowania płukania. Tym samym, pozwoli to na znaczne obniżenie kosztów eksploatacji.