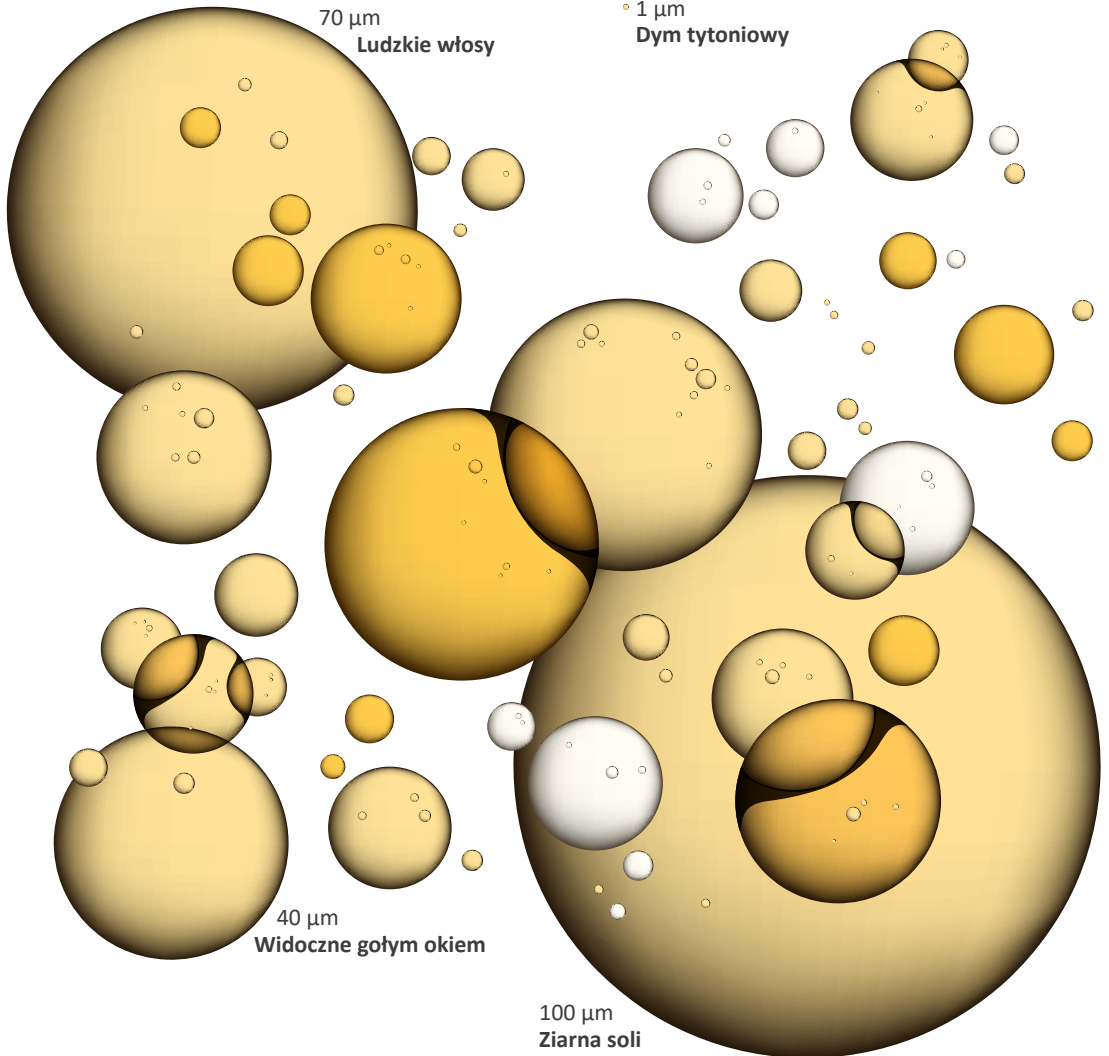




Jak dbać o czystość oleju

Znaczenie konserwacji oleju



Jak dbać o czystość oleju

© 2019 C.C.JENSEN A/S

Ver. 011 | 11.2019

Wersja polska

Publikacja:

C.C.JENSEN A/S

Svendborg, Dania

Źródła:

Noria Corporation Inc.

Lars Arvidsson, „Chemistry in electrical apparatuses”

Västerås PetroleumKemi AB

MP Filtri

C.C.JENSEN A/S, Dział Kształcenia i Szkoleń

C.C.JENSEN A/S, Laboratorium

Korekta i skład:

C.C.JENSEN A/S, Dział Marketingu

Svendborg, Dania

Druk:

Tryk Team

Svendborg, Dania

Wprowadzenie

Konserwacja stanowi największy kontrolowany koszt w zakładzie produkcyjnym. Zanieczyszczenie oleju powoduje aż 80% wszystkich awarii maszyn, dlatego proaktywne metody zapobiegania im przynoszą co roku znaczące oszczędności w zakładach przemysłowych.

Ta broszura stanowi wprowadzenie do problemów wynikających z niedostatecznej czystości oleju, ich powodów i metod zapobiegania. Wszystkie informacje przedstawione w tej broszurze są powszechnie znane i akceptowane. Zostały zebrane i opublikowane przez pracowników firmy C.C.JENSEN A/S. Zachęcamy do skorzystania z doświadczenia w konserwacji oleju w różnego rodzaju zastosowaniach, które zdobywaliśmy przez ponad 65 lat. Doskonały system oczyszczania oleju zapewni kontrolę poziomu wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń.

Więcej informacji można uzyskać na stronie www.cjc.dk.



Spis treści

Strona	Rozdział	Strona	Rozdział
3	Wprowadzenie	28	Indukcyjnie wzbudzana plazma (ICP)
5	Spis treści	28	Wirująca elektroda dysków (RDE)
7	1 Kontrola zanieczyszczenia oleju	29	Dziennik analizy
7	Zużycie układów olejowych	30	Test pokostu
8	Zanieczyszczenie cząstkami stałymi	30	Kolorymetria sączka membranowego (MPC)
10	Zanieczyszczenie wodą	30	Spektroskopia w podczerwieni z transformatą Fouriera (FTIR)
11	Woda rozpuszczona	31	Test ultrawirówki (UC)
11	Woda zemułgowana	32	4 Metody oczyszczania oleju
11	Woda swobodna	32	Typy filtrów
13	Degradacja oleju	34	Filtr ciśnieniowy na bazie włókna szklanego
14	Zanieczyszczenia kwasami	35	Filtr ciśnieniowy na bazie celulozy
15	2 Próbkowanie oleju	36	5 Definicje filtracji
15	Gdzie pobrać próbkę oleju?	36	Filtracja nominalna
16	Jak pobrać próbkę oleju?	36	Filtracja bezwzględna
19	3 Raporty z analiz	36	Wartości beta
19	Dobry raport z analizy oleju da odpowiedź na najważniejsze pytania	37	Zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń
19	Analiza oleju powinna zawierać co najmniej	37	Zawór obejściowy w filtrach
20	Metody i częstotliwość analiz	38	6 Metody montażu
21	Lepkość	38	Filtracja pełnoprzepływowa (in-line)
21	Lepkość bezwzględna/dynamiczna	38	Filtracja bocznikowa
21	Lepkość kinematyczna	40	7 Ekonomia
22	Liczenie cząstek	41	8 Zamawianie układu filtrującego
22	Automatyczny licznik cząstek (ISO 11500)	41	Skalowanie filtra oleju offline
22	Ręczny licznik cząstek (ISO 4407)	42	9 Systemy konserwacji oleju CJC®
23	Tabela klasyfikacji ISO	43	10 Postępowanie z olejem i układami olejowymi
24	Klasy AS / NAS	43	Nowy olej w pojemnikach
25	Ocena licznika cząstek i żywotności maszyny	43	Olej w układzie
26	Poziom wilgoci	44	11 Rekomendacje dot. zakupu oleju
26	Karl Fisher	44	Certyfikaty testów i próbkowanie testowe
27	Liczba kwasowa i liczba zasadowa	44	Reklamacje
28	Analiza pierwiastków	45	Próbkowanie nowego oleju
28	Emisyjna spektrometria atomowa (AES)	46	12 Załącznik
		47	13 Spis treści

Kontrola zanieczyszczenia oleju

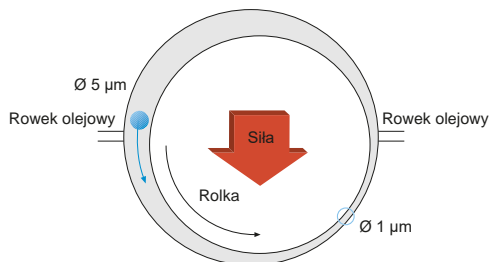
Najlepszym sposobem na kontrolę zanieczyszczenia oleju jest niedopuszczenie do tego, by substancje zanieczyszczające dostały się w ogóle do układu. W tym celu należy między innymi upewnić się, że wszystkie elementy maszyny są czyste podczas montażu i że układy olejowe zostały gruntownie przepłukane przed użyciem. Ponadto układ olejowy powinien być jak najlepiej odizolowany od otoczenia za pomocą nienaruszonych uszczelek i wysokiej jakości odpowietrzników zbiorników wyposażonych w systemy zatrzymywania cząstek stałych i wilgoci (odpowietrzniki osuszające lub elastyczne).

Olej powinien być wstępnie przefiltrowany, zanim wejdzie w kontakt z dowolnym elementem maszyny, najlepiej poprzez ciągłą filtrację w pomieszczeniu lub strefie składowania oleju lub przynajmniej po przeniesieniu do działających maszyn.

Skuteczna kontrola zanieczyszczenia oleju obejmuje także procedury konserwacji dotyczące uzupełniania oleju, wymiany części, pobierania próbek oleju itp.

Zużycie układów olejowych

Stan oleju ma wpływ na każdą maszynę wykorzystującą olej do przełożenia napędu, smarowania lub spalania. Olej wchodzi w kontakt ze wszystkimi elementami układu, dlatego odgrywa niezmiernie ważną rolę, podobnie jak krew w organizmie człowieka.



Rysunek 1: Smarowanie łożyska poprzecznego
Źródło: Västeras PetroleumKemi AB

Zanieczyszczenie cząstkami stałymi

Cząstki stałe odpowiadają za większość awarii w układzie olejowym. Najbardziej szkodliwe są cząstki o wielkości odpowiadającej prześwitowi między elementami układu, czyli w rozmiarze podobnym lub minimalnie większym niż dynamiczna tolerancja między ruchomymi elementami układu olejowego (rys. 1 na str. 7). Dynamiczne tolerancje w układzie olejowym są bardzo niewielkie. Na rys. 2 pokazano najmniejszą tolerancję, jaką stwierdzono w różnego rodzaju elementach.

Dynamiczna powłoka olejowa	
Element	Grubość powłoki olejowej w mikronach (μm)
Łożyska poprzeczne i ślizgowe	0,5-100
Cylindry hydrauliczne	5-50
Silniki, pierścień/cylinder	0,3-7
Serwowawory i zawory proporcjonalne	1-3
Pompy przekładniowe	0,5-5
Pompy tłokowe	0,5-5
Łożyska rolkowe / kulkowe	0,1-3
Przekładnie	0,1-1
Dynamiczne uszczelnienia	0,05-0,5

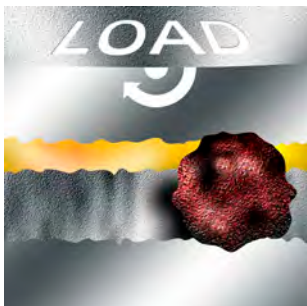
Rysunek 2: Dynamiczna powłoka olejowa

Źródło: Noria Corporation

1 μm = 1/1000 mm lub ten sam rozmiar co dym tytoniowy.

Kiedy do układu olejowego dostaną się bardzo drobne cząstki cierne takie jak piasek i pył, wówczas przemieszczają się one z olejem do krytycznych elementów maszyny i grzezną w największych prześwitach. To powoduje mikropęknięcia, na przykład na powierzchni łożyska kulkowego. Cykle napięć i naprężeń spowodują rozszerzenie pęknięć powierzchniowych, co z kolei prowadzi do degradacji metalu i uwalniania się dużych odprysków (rys. 3 na str. 9).

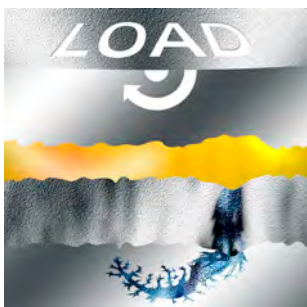
1. Cząstka grzęźnie w szczelinie



2. Powstaje pęknięcie



3. Pęknięcie rośnie pod wpływem napięć i naprężeń



4. Powierzchnia ulega uszkodzeniu + powstają nowe cząstki



Rysunek 3: Zużycie zmęczeniowe

Nadmierna liczba cząstek obciąża pakiet dodatków w oleju. Jeśli nie uda się opanować zanieczyszczenia cząstkami stałymi, zawarte w oleju detergenty i dyspersanty mogą utracić swoje właściwości.

To, jak czysty musi być olej pod względem stopnia zanieczyszczenia cząstkami stałymi, zależy od tego, jak czułe są elementy danej maszyny i jak duże są konsekwencje ewentualnej awarii, tzn. koszty wymiany części, koszt przestoju, odpowiedzialność za bezpieczeństwo itp.

Rekomendacje dotyczące osiągnięcia wymaganej czystości oleju, patrz str. 25.

1 Kontrola zanieczyszczenia oleju

Zanieczyszczenie wodą

Woda odpowiada za bardzo znaczną część usterek mechanicznych. W niektórych mocno zanieczyszczonych wodą układach olejowych, np. w przemyśle papierniczym, woda jest podstawową przyczyną powstawania usterek części maszyn.

Woda zmniejsza właściwości smarne oleju z powodu niższej lepkości i niewielkiej nośności. Kiedy na wodę oddziałuje wysokie ciśnienie panujące w strefach obciążeń, np. w łożyskach i przekładniach, kropelki wody zapadają się (implodują).

Wywołane w ten sposób mikroodrzuty powodują mikroskopijne wykruszenia na powierzchni metalu, co może doprowadzić nawet do bezpośredniego styku powierzchni metalowych, gdy para wodna wypycha chwilowo olej.

Swobodne jony wodoru w wodzie mogą jeszcze bardziej pogorszyć sytuację, ponieważ migrując wewnątrz elementów maszyny, sprawiają, że stal staje się krucha i podatna na pęknięcia.

Woda wywołuje także korozję i erozję prowadzące do wykruszania.

Ponadto woda działa jak katalizator degradacji oleju, przyspieszając jego utlenianie i tworzenie się żywicy, osadu i pokostu.

Rysunek 4: Kawitacja i wykruszenie



Woda występuje w oleju jako:

- **Woda rozpuszczona:**
cząsteczki wody rozpraszane jedna po drugiej w całej objętości oleju; podobnie jak wilgoć w powietrzu.
- **Woda zemulgowana:**
mikroskopijne globulki wody rozproszone w stabilnej zawieszynie w oleju; podobnie jak mgła w powietrzu.
- **Woda swobodna:**
woda, która osiada na dnie zbiornika czy miski olejowej; podobnie jak deszcz.

Stan skupienia wody w oleju zmienia się w zależności od typu bazy olejowej, dodatków, ciśnienia i temperatury. Kiedy stan skupienia wody zmienia się z emulsji na wodę swobodną, przekroczony zostaje poziom **100% wilgotności względnej (100% WW)**, który olej potrafi utrzymać w danej temperaturze i przy danym ciśnieniu (zależnie od typu oleju poziom ten spada do 60% WW).

Punkt nasycenia oleju hydraulicznego na bazie mineralnej (100% WW) wynosi zazwyczaj ok. 150 ppm wody w oleju w temperaturze 20°C. Ale w oleju tym może się rozpuścić do 500 ppm wody w temperaturze 60°C — ciągle zachowując 100% wilgotności względnej. Dlatego 50% WW może odpowiadać ok. 250 ppm w temperaturze 60°C.

Wartości te są różne dla różnych typów oleju. Najwyższym punktem nasycenia charakteryzują się oleje silnikowe SAE, które mogą zawierać do kilku tysięcy ppm wody w roztworze. Ponadto oleje silnikowe SAE tworzą głównie emulsje wodne, rzadko wydzielając samą wodę.

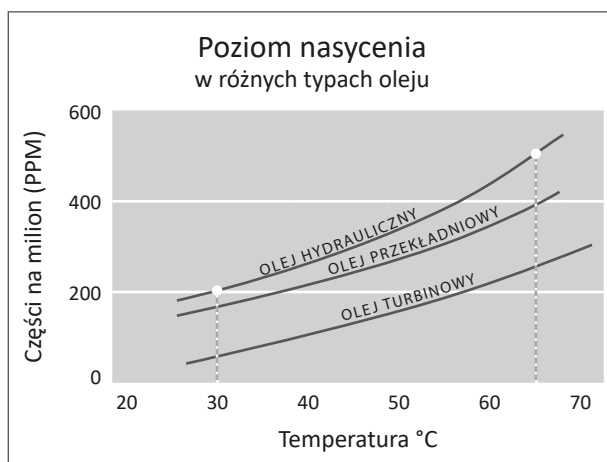
1 Kontrola zanieczyszczenia oleju

Nawet woda w roztworze może powodować uszkodzenie oleju i elementów maszyny, dlatego należy podjąć wszelkie starania, aby utrzymywać jak najniższą zawartość wody w oleju. Zaleca się utrzymywanie wody poniżej 60% poziomu nasycenia we wszystkich maszynach.

Usuwanie wody może wydłużyć żywotność łożysk, pomp, zaworów, wtryskiwaczy itp (*patrz rys. 29 w Załączniku, str. 46*).

Niestety w wielu raportach z analizy oleju zawartość wody podaje się bardzo niedokładnie jako „<0,1%”, co oznacza znacznie mniej niż 1000 ppm. Aby poznać całkowitą zawartość wody, zapytaj o test metodą miareczkowania Karla Fishera, *więcej na str. 26*.

Olej nie powinien zawierać wody w postaci emulsji lub wody swobodnej



Rysunek 5:
Poziomy nasycenia w różnych typach oleju. Źródło: MP Filtri

Przykłady:

Olej hydrauliczny w temp. 30°C = 200 PPM = 100% nasycenia
Olej hydrauliczny w temp. 65°C = 500 PPM = 100% nasycenia

Degradacja oleju

Utlenianie Szlam Pokost

Produkty degradacji oleju lub miękkie substancje zanieczyszczające stanowią powszechny problem w większości branż przemysłu. Prowadzą one do powstawania osadów często określanych jako pokost, które powodują problemy w układach olejowych zarówno w przypadku oleju hydraulicznego, jak i smarnego. Kiedy olej ulega degradacji wskutek podwyższonej temperatury, wody lub zanieczyszczenia chemicznego, np. miedzią, skład i właściwości funkcjonalne oleju ulegają zmianie, co powoduje powstanie następujących produktów:

- Kwasy w oleju
- Związki spolimeryzowane, które rozpuszczają się w ciepłym oleju (określane jako szlam lub żywice)
- Pokost odkładający się w postaci osadu na chłodniejszych elementach maszyny

Produkty pokostu tworzą lepką warstwę na powierzchniach metalu i zatykają wąskie szczeliny, powodując na przykład zatarcie kierunkowych zaworów sterujących. W lepkiej warstwie grzęzną różnej wielkości cząstki, tworząc chropowatą powierzchnię przypominającą papier ścierny, która gwałtownie przyspiesza zużycie maszyny.

Dalszymi skutkami obecności pokostu mogą być nieskuteczne chłodnice oleju, zatkane kanały olejowe lub liniowe filtry ciśnieniowe, niedostateczne smarowanie łożysk itp.

Rysunek 6:
Pokost na
tłoku zaworu



To, czy produkty degradacji oleju spowodują problemy w danym układzie olejowym, zależy od poziomu czułości danych elementów maszyny.

Szlam i pokost można usunąć z oleju — patrz pkt „Metody oczyszczania oleju” na str 32.

1 Kontrola zanieczyszczenia oleju

Zanieczyszczenia kwasami

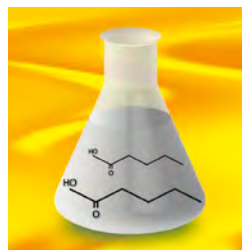
Kwasy występują w oleju jako produkty uboczne degradacji oleju, spalania gazu lub paliwa, hydrolizy płynów na bazie estrów itp. Ilość kwasów w oleju należy ograniczać, ponieważ wywołują one korozję chemiczną elementów maszyny i skracają żywotność oleju, żeby wymienić tylko dwa spośród niepożądanych skutków.

Liczbę kwasową (oznaczaną jako AN lub TAN) mierzy się przez miareczkowanie silną zasadą i wyraża jako ilość wodorotlenku potasu wymagana do zobojętnienia kwasowości w jednym gramie oleju (mg KOH/g). *Więcej na ten temat, patrz str. 27.*

Nie należy dopuścić do tego, by liczby kwasowe przekroczyły poziom nowego oleju o więcej niż +0,5 AN, a jeśli stwierdzony zostanie poziom +1 AN, należy podjąć natychmiastowe działanie (czyli jeśli olej ma 0,5 IA, wówczas 1,0 AN oznacza wartość ostrzegawczą, a 1,5 AN wartość alarmową).

Kwasowość można zobojętnić lub wyeliminować na różne sposoby. Oczywistym rozwiązaniem jest wykorzystanie zasadowości oleju do zobojętnienia nabywanej kwasowości. Tak się robi w przypadku oleju smarowego w silnikach gazowych i Diesla wykorzystujących wysokie liczby zasadowe (BN lub TBN). Zasadą jest, że olej smarny wymienia się, jeśli BN spada poniżej 30% poziomu nowego oleju smarowego.

Kwasowość powstała w wyniku hydrolizy w płynach na bazie estrów (płynach HFD) stosowanych np. w układach sterowania turbiną może spowodować wielkie szkody. Liczby kwasowe przekraczające ponad dwudziestokrotnie poziom nowego oleju, a takie notowano, wywołują silną korozję kwasową elementów układu. Liczbę kwasową w takich płynach można obniżyć i utrzymać przy użyciu katalizatora zobojętniającego, takiego jak żywica jonowymienna, ziemia Fullera czy tlenki glinu. C.C.JENSEN stosuje taki wkład jonowymienny w połączeniu z filtrami dokładnymi.



Rysunek 7:
Olej o wysokiej liczbie AN/TAN
charakteryzuje się niską żywotnością

Próbkowanie oleju

Aby uzyskać reprezentatywne próbki:
Pobierać próbki w warunkach roboczych (temperatura, obciążenie itp.)

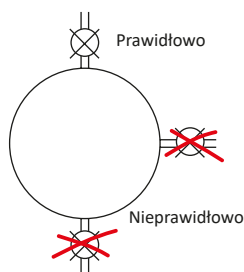
Celem próbkowania oleju jest jego wykorzystanie jako wskaźnika stanu danej maszyny. Może to skłonić do podjęcia proaktywnych działań w celu osiągnięcia najwyższego poziomu wydajności, niezawodności i wyjściowej jakości maszyny po jak najniższych kosztach. Próbki początkowe służą do ustalenia punktów odniesienia i identyfikacji maszyn o krytycznych poziomach zanieczyszczenia.

Rutynowe próbkowanie służy dokumentowaniu realizacji celów i może pomóc w zidentyfikowaniu ponadnormatywnego zużycia, które wymaga interwencji.

Jakość wyników analizy zależy po pierwsze od prawidłowego pobrania próbki i postępowania z nią, a po drugie od jakości laboratorium wykonującego analizę. Olbrzymie znaczenie ma wiedza o tym, gdzie i jak pobrać próbkę, na co należy zwrócić szczególną uwagę.

Gdzie pobrać próbkę oleju?

W odniesieniu do rys. 8, aby uzyskać reprezentatywną próbkę, najlepiej pobrać ją z rury skierowanej ku górze lub kolanka z przepływem turbulentnym. Miejsca próbkowania umieszczone na dolnym obwodzie rury pozwalają na odkładanie się cząstek w zaworze probierczym.



Rysunek 8:
Przekrój rury z zaworami probierczymi

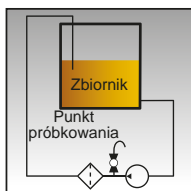
Źródło:
Västeras
PetroleumKemi AB

Najlepszym miejscem na pobranie próbki w celu sprawdzenia, jak spisują się poszczególne elementy maszyny, jest późniejszy etap procesu technologicznego przed filtracją i przed ponownym spustem oleju do zbiornika układu. Da to właściwy obraz zużycia powstałego w maszynie.

Najlepszą gwarancją uzyskania czystości oleju w układzie jest pobranie próbki z najbardziej zanieczyszczonej części układu olejowego — dolnego spustu zbiornika.

Dolny spust znajduje się najczęściej tam, gdzie podłączony jest boczny układ filtrowania oleju, dlatego zadowalający wynik analizy wykonanej między pompą a obudową filtra bocznego jest najlepszą gwarancją czystości oleju i układu.

2 Próbkowanie oleju



Jeśli nie zamontowano filtra bocznikowego, dobrym rozwiązaniem jest pompa probiercza typu próżniowego. W takim przypadku próbka powinna zostać pozyskana w odległości 10 cm od najniższej części zbiornika (*patrz str. 18*).

Jak pobrać próbkę oleju? — między pompą a filtrem bocznikowym

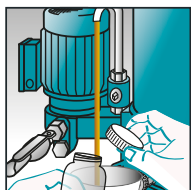
Aby pobrać próbkę oleju, wymagane są:

- certyfikowana pozbawiona cząstek szklanka lub twarda plastikowa butelka (100-200 ml)
- ściereczka
- otwarty pojemnik na olej o poj. ok. 4 litrów

Kroki 1-3



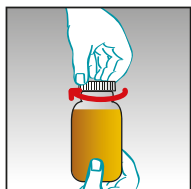
Krok 4



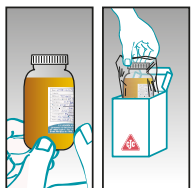
Krok 5-6



Krok 7



Krok 8-10



Przed pobraniem próbki należy zapoznać się uważnie z poniższymi instrukcjami.

Pobieranie próbki oleju krok po kroku


Upewnić się, że układ olejowy pracuje stabilnie

1. Pojemnik z olejem umieścić pod zaworem probierczym
2. Otworzyć i zamknąć zawór pięciokrotnie i pozostawić w pozycji otwartej
3. Przepłukać rurę przez spuszczenie do pojemnika 1 litra
4. Otworzyć butelkę na próbki, trzymając w ręku zatyczkę, tak by jej nie zanieczyścić
5. Postawić butelkę pod wylotem oleju, **nie dotykając zaworu probierczego ani rury spustowej**
6. Napełnić butelkę w ok. 80%.
7. Zamknąć butelkę zatyczką natychmiast po pobraniu próbki.
8. Zamknąć zawór probierczy.
9. Wypełnić etykietę i nakleić ją na butelkę.
10. Włożyć butelkę na próbki do plastikowej torebki i kartonowego pojemnika i wysłać ją pocztą lub kurierem.

Wszystkie próbki muszą być wyraźnie oznaczone numerem, miejscem pobrania próbki i typem/marką oleju (*patrz przykład na str. 17*)

Rysunek 9:

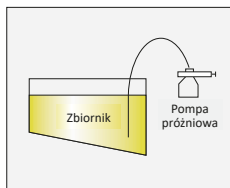
Pobieranie próbki oleju między pompą a filtrem bocznikowym

 OIL SAMPLING		Date: 01.07.14
Customer & Site:	COMPANY NAME	
Customer Contact Person:	MR. JENSEN	
Type of Industry:	MARINE	
System Type:	HYDRAULIC UNIT	
Machine Brand:	BRAND NAME	
Sampling Point:	BEFORE OFFLINE FILTER	
Fluid Brand & Type:	OIL NAME	
Sample No.:	1	CJC Sales Responsible: XXX
System/Tank Volume:	2800 L	CJC™ Filter Type: HDU
Fluid Temperature:	50° C	CJC™ Insert Type: B9 15/25
Fluid Operating Hours:	8000	CJC™ Filter Pressure (bar): 0,5
Note:		

Rysunek 10: Etykieta próbki oleju CJC®

Należy pamiętać,
**że próbki nigdy nie da się
 uczynić lepszą ani czystsza**
 niż olej w układzie,
ale można ją łatwo pogorszyć!

2 Próbkiowanie oleju

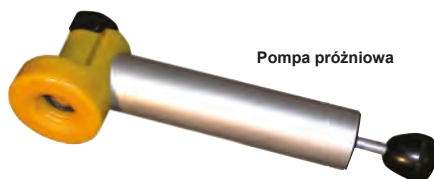


Jak pobrać próbkę oleju?

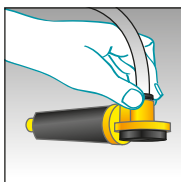
— korzystanie z pompy próżniowej

Postępować wg instrukcji dostarczonej wraz z zestawem tłoczącym.

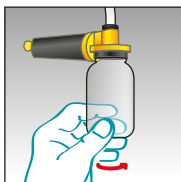
Poniższe rysunki pokazują zestaw do próbkiowania oleju CJC®.



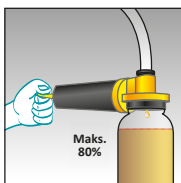
Krok 1



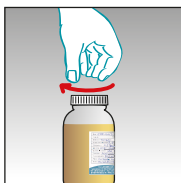
Krok 2



Krok 3



Krok 4



Rysunek 11:
Próbkiowanie oleju
za pomocą pompy
próżniowej

Pobieranie próbki oleju krok po kroku

1. Wyciąć z rolki odpowiedni kawałek rurki. **Za każdym razem korzystać z nowego oleju.** Wcisnąć rurkę do głowicy pompy. Przed każdym pobraniem próbki należy przepłukać rurkę 2 litrami oleju.
2. Zamocować butelkę, mocując ją na głowicy pompy.
3. Wytworzyć próżnię w butelce kilkoma naciśnięciami pompy i wypełnić butelkę do ok. 80%
4. Zamknąć pokrywę

Obniżyć dolną końcówkę plastikowej rurki do wysokości 10 cm ponad najniższą, środkową część zbiornika.

Uważać, aby rurka nie dotknęła ścian ani dna zbiornika.

W odpowiednim ustawieniu rurki probierczej może pomóc przywiązanie jej do pręta. Zaleca się także stosowanie rurki Pitota zamocowanej na stałe na wysokości jednej trzeciej zbiornika, licząc od dołu.

Po zatankowaniu butelki upewnić się, że **etykieta zawiera wszystkie informacje, jak pokazuje przykład na str. 17.**

Raporty z analiz

Okres przydatności eksploatacyjnej używanego oleju można określić, badając bazę oleju i pakiet dodatków podczas analizy oleju. Zasadniczo poziom dodatków w zużytym oleju musi wynosić co najmniej 70% poziomu w nowym oleju (źródło: Noria Corporation). Dlatego bardzo ważne jest, aby pobierać próbki z każdej nowej beczki czy partii w celu ustalenia poziomu bazowego. Pomoże to także zapobiec użyciu wadliwej partii oleju. Ustalanie, czy wymienić olej na podstawie czasu lub godzin pracy jest drogie i niepotrzebne. Najlepiej jest kierować się stanem oleju — i w tym właśnie pomóc może analiza oleju.

Dobry raport z analizy oleju da odpowiedź na najważniejsze pytania:

- Czy olej nadaje się do dalszego użytku? To znaczy: czy bazowe właściwości oleju i dodatków pozostały niezmienione?
- Jaki jest stan maszyny? Czy doszło do krytycznego stanu zużycia?
- Jaki stwierdzono poziom substancji zanieczyszczających? Czy uszczelnienia, odpowietrzniki i filtry działają sprawnie?
- Czy degradacja oleju postępuje coraz szybciej? Czy wkrótce mogą wystąpić problemy związane z pokostem?



Rysunek 12:
Zdegradowany olej hydrauliczny
w porównaniu z nowym
Źródło: C.C.JENSEN A/S

Analiza oleju powinna zawierać co najmniej:

- Lepkość
- Liczbę cząsteczek
- Zawartość wilgoci/wody w ppm
- Poziom kwasowości
- Analizę składników (zużycie i poziom dodatków)

Zaleca się, aby analiza wykonywana była w niezależnym laboratorium przez osoby posiadające specjalistyczną wiedzę na temat smarów oraz konkretnych zastosowań oleju.

Istotne mogą być też inne analizy zależnie od zastosowania. W układach olejowych podatnych na problemy związane z pokostem (np. turbiny gazowe i hydrauliczne układy sterowania) zaleca się wykonanie testu na potencjalne powstawanie pokostu.

Oleje smarne do silników Diesla wymagają testów na poziom rozwodnienia paliwa, zawartość sadzy, liczbę zasadową (BN) itd. Różne zastosowania wymagają różnego typu analiz oleju. W tej broszurze przedstawiamy pięć najczęściej wykonywanych analiz.

Metody i częstotliwość analiz

Przed ustaleniem tendencji należy pobrać próbkę bazową świeżego oleju. Będzie ona stanowić podstawę późniejszych porównań, np. sprawdzenia, czy pakiet dodatków pozostał nienaruszony.

W fazie wdrażania systemu monitorującego analizy należy wykonywać często — co najmniej raz na 3 miesiące, a jeszcze lepiej raz na miesiąc, aby ustalić tendencję.

Miarodajną tendencję ustala się na podstawie co najmniej 5 kolejnych próbkowań z tego samego układu olejowego wykonanych w tych samych warunkach roboczych.

Każdy układ olejowy powinien mieć dziennik, gdzie rejestrowane są wyniki analiz. Dziennik taki powinien zawierać także pewien minimalny zakres informacji na temat typu oleju, wymian oleju, awarii, kodu ISO docelowego poziomu czystości oraz wyników analizy oleju.

Lepkość

Lepkość to najważniejsza właściwość smaru. Pozwala oddzielić od siebie powierzchnie maszyny pod obciążeniem, w czasie obrotu i w innych trudnych warunkach. Zmiany lepkości nawet rzędu 15% w obie strony mogą powodować awarię i poważne zużycie maszyny.

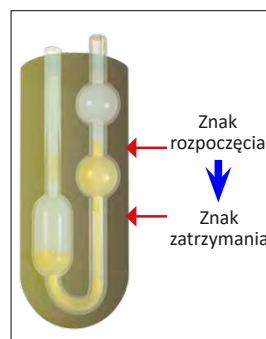
Pomiar lepkości wykonuje się w temperaturze 40°C, chyba że są inne wymagania. Oleje smarne do silników są często testowane w temperaturze 100°C. Lepkość zmienia się wraz z temperaturą, dlatego należy zawsze podawać temperaturę pomiaru.

Lepkość bezwzględna/dynamiczna (cP) jest miarą oporu podczas ruchu obrotowego wrzeciona w oleju w zbiorniku na płyn (podgrzany do 40°C lub 100°C). Lepkość bezwzględna/dynamiczną oznacza się w cP po 5 minutach dla wybranej prędkości i temperatury.

Lepkość kinetyczną (cSt) można obliczyć, dzieląc lepkość dynamiczną przez gęstość oleju. Lepkość kinetyczną można także zmierzyć przy użyciu skalibrowanej szklanej rurki w kształcie litery „U” — wiskozymetru.

Należy zwrócić uwagę, że wg DIN 51519, dopuszcza się odchylenie poziomu lepkości o 10%; tj. ISO VG 320 może wahać się w przedziale 288-352 cSt.

W celu określenia indeksu lepkości oleju, lepkość kinetyczną w temperaturze 40°C i 100°C nanosi się na wykresy standardowej lepkości/temperatury ASTM dla płynnych produktów ropopochodnych (ASTM D 341).

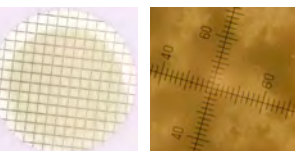


Rysunek 13:
Wiskozymetr mierzy lepkość kinetyczną (cSt)

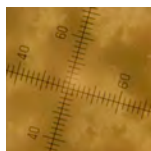


Rysunek 14:
Urządzenie do badania lepkości dynamicznej (cP)

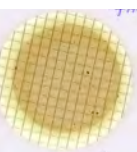
Liczenie cząstek



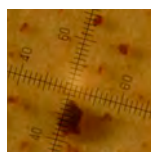
ISO 11/10/6



Zanieczyszczenie oleju jest jedną z głównych przyczyn awarii maszyn, dlatego monitorowanie poziomu twardych zanieczyszczeń ma bardzo duże znaczenie. Metoda ISO 4406/2017 kodowania poziomu zanieczyszczenia cząstkami stałymi to system klasyfikacji, który przelicza daną liczbę cząstek na klasę ISO. Nie jest to metoda badawcza.



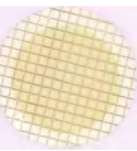
ISO 18/17/15



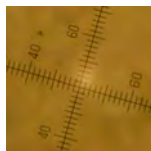
Najczęściej stosowane metody testowe obliczania liczby cząstek:

Automatyczny licznik cząstek (wg ISO 11500)

Poziom zanieczyszczenia próbki płynnej określa się metodą automatycznego liczenia cząstek przy zastosowaniu zasady pochłaniania światła.

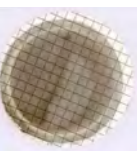


ISO 13/12/7

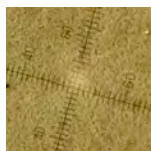


Automatyczne liczniki cząstek: ≥ 4 , ≥ 6 i $\geq 14 \mu\text{m}$

(w niektórych typach także większe rozmiary)



ISO 20/18/13

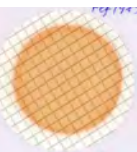


Ręczny licznik cząstek (wg ISO 4407)

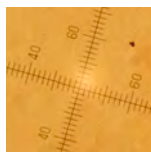
Cząstki liczy się ręcznie przy użyciu membran (o rozmiarze porów do 1,5 mikrona) i mikroskopu optycznego.

Rozmiary cząstek do których stosuje się liczenie ręczne:

≥ 2 , ≥ 5 i $\geq 15 \mu\text{m}$



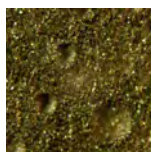
ISO 15/13/8



Zgodnie z normą ISO 4407 liczby cząstek 5 i 15 μm odpowiadają liczbie cząstek 6 i 14 μm liczoną przy użyciu automatycznego licznika cząstek skalibrowanego wg normy ISO 11171.



ISO 24/23/20



*Rysunek 15:
Membrany testowe
i fotografie mikroskopowe
różnych poziomów
zanieczyszczeń*

Tabela klasyfikacji ISO

Typowa próbka z nowej partii oleju luzem zawiera w każdym 100 ml oleju:

450 000 cząstek stałych ≥ 4 mikrony
120 000 cząstek stałych ≥ 6 mikronów
14 000 cząstek stałych ≥ 14 mikronów

W tabeli klasyfikacji ISO (po prawej) ta próbka oleju ma klasę zanieczyszczenia 19/17/14.

Niektóre laboratoria (przeważnie w USA) podają liczbę cząstek na milimetr zamiast na 100 milimetrów.

Uwaga: klasa ISO jest skala logarytmiczna; to znaczy, że podwojenie liczby cząstek prowadzi do zwiększenia klasy ISO o jeden.

<i>Liczba cząstek na 100 ml płynu po tym, jak ich rozmiar osiąga zakres</i>		
Więcej niż	Do	Klasa ISO
8 000 000	16 000 000	24
4 000 000	8 000 000	23
2 000 000	4 000 000	22
1 000 000	2 000 000	21
500 000	1 000 000	20
250 000	500 000	19
130 000	250 000	18
64 000	130 000	17
32 000	64 000	16
16 000	32 000	15
8000	16 000	14
4000	8000	13
2000	4000	12
1000	2000	11
500	1000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6

Rysunek 16: Klasy zanieczyszczeń wg normy ISO 4406/2017

Klasy AS / NAS

Amerykańska norma NAS 1638 została zmieniona na AS4059 (wydanie E) w 2001 r., co uznaje się za duży postęp, ponieważ przedstawia ona dane w postaci liczb skumulowanych ($>X \mu\text{m}$) zamiast przedziałów ($X\text{-}Y \mu\text{m}$), wprowadza czystsza klasę (Klasa 000,) i rozszerza zakres rozmiarów ($>4 \mu\text{m}$), zwiększając w ten sposób czułość.

Tabela korelacji do porównania ISO i AS/NAS

Rozmiar	Maksymalne limity zanieczyszczeń (cząstki/100 ml)				
ISO 4402 *	$>1 \mu\text{m}$	$>5 \mu\text{m}$	$>15 \mu\text{m}$	$>25 \mu\text{m}$	$>50 \mu\text{m}$
ISO 11171 **	$>4 \mu\text{m(c)}$	$>6 \mu\text{m(c)}$	$>14 \mu\text{m(c)}$	$>21 \mu\text{m(c)}$	$>38 \mu\text{m(c)}$
Kod rozmiaru	A	B	C	D	E
Klasa 000	195	76	14	3	1
Klasa 00	390	152	27	5	1
Klasa 0	780	304	54	10	2
Klasa 1	1560	609	109	20	4
Klasa 2	3120	1220	217	39	7
Klasa 3	6520	2430	432	76	13
Klasa 4	12 500	4860	864	152	26
Klasa 5	25 000	9730	1730	306	53
Klasa 6	50 000	19 500	3460	612	106
Klasa 7	100 000	38 900	6920	1220	212
Klasa 8	200 000	77 900	13 900	2450	424
Klasa 9	400 000	156 000	27 700	4 900	848
Klasa 10	800 000	311 000	55 400	9 800	1 700
Klasa 11	1 600 000	623 000	111 000	19 600	3390
Klasa 12	3 200 000	1 250 000	222 000	39 200	6780

* ISO 4402 lub mikroskop optyczny.

Rozmiar cząstki wg najdłuższego wymiaru

** ISO 11171 lub mikroskop elektronowy.

Rozmiar cząstki wg projekcji średnicy zastępczej cząstki

Rysunek 17: System kodowania czystości AS4059 w porównaniu z ISO

Ocena licznika cząstek i żywotności maszyny

Na rys. 28 str. 46 przedstawiono tabelę przedłużenia żywotności. Tabela opisuje oczekiwany przyrost żywotności po poprawie czystości oleju. Każdy kwadrant reprezentuje typ maszyny:

- górny lewy kwadrant dotyczy elementów hydraulicznych i silników Diesla
- prawy górny kwadrant dotyczy łożysk rolkowych
- lewy dolny kwadrant dotyczy maszyn wyposażonych w łożyska poprzeczne, np. turbin i turbosprężarek
- prawy dolny kwadrant dotyczy skrzyń przekładniowych i innych elementów nieobjętych innymi kwadrantami

Jeśli na przykład bieżąca czystość oleju w skrzyni przekładniowej wynosi ISO 22/20/17, a olej jest oczyszczony do poziomu oznaczonego kodem czystości ISO 16/14/11, oczekuje się, że **żywotność przekładni wzrośnie 2,5 raza**. Docelowy poziom czystości należy wyznaczyć dla każdego układu wypełnionego olejem. To podstawowy wymóg, który zapewnia niezawodność najmniejszym kosztem.

Rysunek 18 przedstawia zalecane poziomy czystości w układach olejowych i paliwowych wg ISO. Nowy olej jest zazwyczaj zanieczyszczony cząstkami stałymi do poziomu ISO 19/17/14.

Kod ISO	NAS 1638	Opis	Odpowiedni dla	Zanieczyszczenie/rok
ISO 14/12/10	NAS 3	Bardzo czysty olej	Wszystkie układy olejowe	7,5 kg *
ISO 16/14/11	NAS 5	Czysty olej	Siłowniki i wysokociśnieniowe układy hydrauliczne	17 kg *
ISO 17/15/12	NAS 6	Olej lekko zanieczyszczony	Standardowe układy hydrauliczne i olejowe	36 kg *
ISO 19/17/14	NAS 8	Nowy olej	Układy średnio- i niskociśnieniowe	144 kg *
ISO 22/20/17	NAS 11	Olej bardzo zanieczyszczony	Nie nadaje się do układów olejowych	> 589 kg *

Rysunek 18: Poradnik na temat zanieczyszczeń układów **olejowych i paliwowych**

*) Ilość zanieczyszczeń, jakie przechodzą przez pompę w ciągu roku, jeśli olej płynie z prędkością 200 l/min, 18 godzin dziennie, 340 dni roboczych w roku.

Poziom wilgoci

Większość laboratoriów zaczyna od testu przesiewowego wody zwanego **testem gorącej płytki** (*crackle test*). Polega on na przyłożeniu kropli badanego smaru do gorącej płytki (160°C). Wilgoć wyparowuje wówczas z oleju, powodując skwierczenie. Test ten wskazuje głównie zawartość wody, a brak skwierczenia oznacza normalnie, że w badanym oleju jest mniej niż 0,1% wody (1000 ppm). Jeśli test gorącej płytki potwierdza obecność wilgoci, wymagana jest bardziej dokładna metoda badawcza.

Miareczkowanie metodą **Karla Fishera (KF)** zapewnia dokładność do 10 ppm wilgoci w oleju (ASTM D 6304) i opiera się na reakcji jodu w wodzie w odczynie Karla Fischera. Jod jest generowany elektronicznie przy anodzie i reaguje z wodą w próbce. Jod jest zużywany tak długo, jak długo utrzymuje się obecność wody, a nadmiar jodu wskazuje na punkt końcowy miareczkowania. Na tej podstawie można bezpośrednio ustalić ilość wody, mierząc prąd potrzebny do elektrolizy.

Oznaczenie wody metodą KF może być wolumetryczne lub kulometryczne, bezpośrednie lub pośrednie. Wynik podaje się w ppm.

Nie zaleca się bezpośredniego miareczkowania metodą KF olejów o wysokiej zawartości dodatków wzbogacających, gdyż może ono wywoływać reakcje uboczne z odczynnem KF, a przez to dawać fałszywe wskazanie zwiększonej zawartości wody.

Pośrednia lub piecowa metoda KF polega na przepuszczaniu strumienia suchego powietrza przez podgrzaną próbkę.

Uwolniona w ten sposób wilgoć jest przenoszona z pieca do komory miareczkowania.



Rysunek 19:
Urządzenia używane
w pośredniej metodzie
Karla Fishera

Liczba kwasowa i liczba zasadowa

Liczba kwasowa (AN/TAN) jest miarą kwasowości w smarach przemysłowych; np. w olejach hydraulicznych i przekładniowych. AN określa się metodą miareczkowania i podaje jako ilość wodorotlenku potasu (KOH) użyta do zobojętnienia kwasowości w jednym gramie oleju, zgodnie z normą ASTM D 664. Wynik podaje się w mg KOH/g.

Rosnąca liczba AN często oznacza degradację oleju (pokost). Niektóre dodatki, takie jak siarka, powodują wysokie początkowe wskazanie AN w świeżym oleju, np. 1 mg KOH/g. Dlatego bardzo ważne jest, aby znać poziom wyjściowy oleju, by móc monitorować rosnącą liczbę AN w używanym oleju.

Praktyczna zasada:

Poziom ostrzegawczy: AN nowy + 0,5 mg KOH/g

Poziom krytyczny: AN nowy + 1,0 mg KOH/g

W przypadku olejów smarnych do silników mierzy się **liczbę zasadową (BN/TBN)**, ponieważ oleje te zawierają dodatki (pakiet detergentów i dyspersantów) stosowane do zobojętniania kwasowości powstałej jako efekt uboczny procesu spalania; np. kwas siarkowy.

Liczba BN jest monitorowana, aby upewnić się, że poziom dodatków zobojętniających kwasowość jest akceptowalny. Miareczkowanie za pomocą wodorotlenku potasu daje wynik w mg KOH/gram.

Praktyczna zasada:

Poziom ostrzegawczy: BN nowy minus 50%

Poziom krytyczny: BN nowy minus 70%



Rysunek 20:
Urządzenia do badania kwasowości

Analiza składników

Emisyjna spektrometria atomowa (AES) to metoda stosowana do określania poziomu składników wzbogacających, zużycia metali i zanieczyszczenia smaru. Zasadnicze znaczenie ma tendencja, należy zatem oznaczyć poziom bazy pokazujący pakiet dodatków w świeżym oleju.

Jak to działa?

Przegrzanie próbki zamienia olej i jego składniki w „żarówkę” emitującą światło atomowe. Światło jest analizowane pod kątem długości i intensywności emitowanych fal. Długości fal odpowiadają danemu pierwiastkowi (na przykład żelazu), a intensywność określa stężenie (podane w ppm). Stężenie danego pierwiastka/metalu jest sumą bardzo drobnych cząstek i metali rozpuszczonych chemicznie w oleju.

Wykorzystuje się dwie standardowe metody:



Rysunek 21:
Ilustracje przedstawiają ICP.
Źródło:
Noria Corp

Metodę indukcyjnie wzbudzonej plazmy (ICP wg ASTM D 5185).

W tym przypadku próbka jest rozpylana, tak by utworzyła aerosol. Kiedy aerosol przejdzie w stan plazmy, kropelki są bardzo małe, przeważnie 3-5 mikronów. W efekcie powodujące zużycie cząstki większe niż 5 mikronów nie mogą być wykrywane tą metodą.

Metoda wirującej elektrody dysków (RDE wg normy ASTM D 6595).

W tym przyrządzie olej jest zamieniany w parę i pobudzany przy użyciu ładunku o wysokim napięciu między elektrodą a wirującym węglowym dyskiem. RDE wykrywa i kwantyfikuje elementy wielkości do ok. 10 mikronów.

Rysunek 22:
Ilustracje przedstawiają RDE. Źródło: Noria Corp



AES jest jednym z najczęściej używanych rodzajów analizy oleju, ale ponieważ próbka wymaga pełnego odparowania, wykrywanie cząstek większych niż 5-10 mikronów jest prawie niemożliwe. Odpryski zmęczeniowe z mocno obciążonych przekładni (zużycie adhezyjne) nie zostaną wykryte, chyba że wykonany zostanie inny test. Większe cząstki można monitorować na podstawie liczby cząstek, gęstości żelaza lub wskaźników magnetycznych w oleju.

Dziennik analizy

Przykład analizy oleju hydraulicznego obejmujący poziom bazowy nowego oleju, poziom ostrzegawczy i poziom krytyczny

Dziennik analizy oleju			
Parametr	Poziom bazowy	Poziom ostrzegawczy	Poziom krytyczny
Liczba cząstek stałych ISO 4406	15/13/10 (wstępnie filtrowany)	17/15/12	19/17/15
Lepkość (cSt)	32	niski 29 wysoki 35	niski 25 wysoki 38
Liczba kwasowa (AN, mg KOH/g)	0,5	1,0 - 1,5	powyżej 1,5
Wilgoć (KF w ppm)	100	200 - 300	powyżej 300
Pierwiastki (w ppm) Fe	7	10 - 15	powyżej 15
Al	2	20 - 30	powyżej 30
Si	5	10 - 15	powyżej 15
Cu	5	30 - 40	powyżej 40
P	300	220	150 i mniej
Zn	200	150	100 i mniej
Utlenianie (FTIR)	1	5	powyżej 10
Gęstość żelaza (PQ, WPC, DR)	-	15	powyżej 20

Rysunek 23:
Przykład
dziennika
analizy



Test pokostu

Jest wiele rodzajów analiz, które mogą wykazać degradację oleju — na przykład wzrost liczby kwasowej (AN) i lepkości — ale w C.C.JENSEN stwierdziliśmy, że bardzo szczegółowy obraz problemu związanego z pokostem można uzyskać za pomocą następujących analiz:

1. Test kalorymetryczny sączka membranowego (MPC wg ASTM D 7843) wykazuje obecność szlamu/żywicy/pokostu w oleju przez przebarwienie białego plastra celulozowego (wielkość porów 0,45 mikrona). Wskazuje to również na obecność rozpuszczonych w oleju produktów jego degradacji, co może, ale nie musi powodować osadzenie się pokostu na elementach maszyny (w zależności od temperatury oleju). Kolor osadu na membranie mierzy się za pomocą spektrofotometru. Im ciemniejszy kolor i wyższa liczba (najczęściej do 100), tym większa podatność oleju na tworzenie się osadów pokostu.

Test MPC opracowano dla olejów turbinowych i nie zaleca się go dla olejów mocno zanieczyszczonych cząstkami stałymi, gdyż wpływają one na kolor membrany, nawet jeśli nie ma pokostu.

2. Spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR wg ASTM E 2412). Spektra FTIR generowane są poprzez pomiar stopnia absorpcji podczerwieni w obszarze 4000-500 cm^{-1} , podczas przechodzenia światła podczerwonego przez próbkę oleju. Jest to efektywna kosztowo analiza, która pozwala wykryć degradację oleju, pokost oraz inne substancje zanieczyszczające, takie jak glikol, paliwo, sadzę, niewłaściwy rodzaj oleju itp. Produkty degradacji oleju, takie jak aldehydy, ketony i kwas karboksylowy, zawierają podwójne wiązania węgiel-tlen (grupy karbonylowe). Grupy karbonylowe absorbują światło podczerwone w rejonie 1740 cm^{-1} spektrum podczerwieni. Wraz z postępowaniem degradacji szczyt absorpcji w tym rejonie będzie coraz wyższy. Obserwuje się odchylenia między poszczególnymi rodzajami oleju, dodatkami, typami degradacji itp. Rozkład termiczny oleju bazowego przy 1740 cm^{-1} nie jest istotny; zamiast tego przy 1640-1600 cm^{-1} obserwuje się szczyt (szczyt nitrowania).

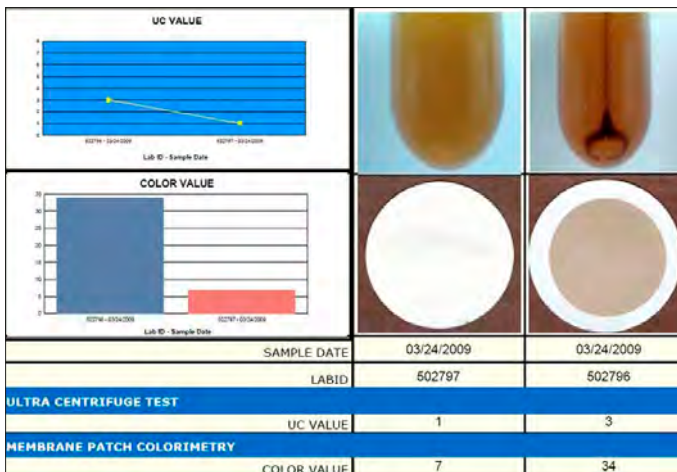
Podobnie jak większość innych analiz FTIR ma największa wartość wówczas, gdy monitorowana jest tendencja.

3. Test ultrawirówki (UC) wykorzystuje siłę odśrodkową do ekstrakcji prekursorów szlamu i pokostu, wyrzucając je na dno probówki. Gęstość/Wielkość stężonego materiału ocenia się następnie na podstawie widocznej skali tworzenia się osadu, przyznając wynik od 1 do 8 (gdzie 8 jest najgorszym rezultatem).

Test UC pokazuje rzeczywistą zawartość pokostu i nierozpuszczalnych substancji zanieczyszczających w oleju. Stwierdzona w tym badaniu degradacja oleju doprowadzi do powstania pokostu w postaci osadu na elementach układu).

Testu UC nie zaleca się dla oleju mocno zanieczyszczonego cząstkami stałymi, bo maskuje on wynik, ani dla płynów na bazie estru i glikolu, gdyż w przypadku testu UC dużą rolę odgrywa ciężar właściwy.

Testy UC i MPC są bardzo przydatne w uruchamianiu działań, np. montaż filtra lub wymiana oleju.



Rysunek 24: Analiza UC i wynik testu MPC

Metody oczyszczania oleju

Istnieje kilka metod oczyszczania oleju:

Metoda	Czyszczenie
Filtr ciśnieniowy na bazie celulozy	Zmniejsza zawartość cząstek stałych, wody i produktów degradacji oleju. Aby obniżyć kwasowość, można dodać wkład jonowymienny
Filtr ciśnieniowy na bazie włókna szklanego	Zmniejsza zawartość cząstek stałych
Filtr elektrostatyczny	Zmniejsza zawartość cząstek stałych i produktów degradacji oleju
Separator wirówkowy	Zmniejsza zawartość cząstek stałych o gęstości wyższej niż gęstość oleju oraz wody
Filtry próżniowe	Zmniejsza zawartość powietrza i wody

Rysunek 25: Metody oczyszczania oleju

Wszystkie wymienione wyżej techniki są dostępne na rynku. Jednak preferuje się często filtr ciśnieniowy na bazie włókna szklanego lub filtr bocznikowy na bazie celulozy ze względu na ich znakomitą skuteczność i ekonomię. Obie metody filtrowania działają najlepiej w stałych warunkach, tj. przy równomiernym przepływie i ciśnieniu.

Filtr głęboki na bazie celulozy umieszcza się często w oddzielnym zamkniętym obiegu bocznikowym, gdzie mając stabilne warunki działania, potrafi zatrzymać większość znajdujących się w oleju substancji zanieczyszczających. Filtr ciśnieniowy na bazie włókna szklanego można montować w obiegu chłodzącym olej lub jako pełnoprzepływowy filtr „ostatniej szansy” w układzie.

Typy filtrów

Najlepszą metodą przechwytywania i zatrzymywania drobnych cząstek oraz wody i pokostu jest montaż filtra bocznikowego. Filtr bocznikowy powinien działać nieprzerwanie, wiele razy dziennie przepuszczając zawartość oleju w układzie. Jeśli ciśnienie i szybkość przepływu są niskie, można wybrać gęsty wkład filtrujący zapewniający dokładne filtrowanie (filtracja < 3 mikrony).

Filtr bocznikowy na bazie celulozy przypomina labirynt, w którym olej przechodzi przez kilka warstw celulozy. Największe cząstki są zatrzymywane na powierzchni wkładu filtra, natomiast mniejsze dostają się do wewnątrz i są zatrzymywane w materiale filtra, co zapewnia wysoką skuteczność zatrzymywania zanieczyszczeń.

Ten rodzaj filtra można także montować w obiegu obejściowym dławiącym ciśnienie pompy w układzie. Stosowanie filtra bocznikowego na bazie celulozy umożliwia także usuwanie wody metodą absorpcyjną lub koalescencyjną oraz usuwanie produktów degradacji oleju, takich jak szlam czy pokost.

Pokost można usunąć z układów olejowych za pomocą dodanych do oleju detergentów lub dyspersantów, ale zanim wykonają one swoją pracę olej musi być oczyszczony ze wszelkich cząstek, wody i szlamu. Ponieważ szlam i pokost wytrącają się z zimnego oleju, przeważnie w temp. między 10 - 40°C (50 - 100°F), bardzo skutecznym sposobem jest chłodzenie oleju w bocznikowym obiegu filtracyjnym połączone z głęboką filtracją za pomocą wkładu na bazie celulozy.

Bocznikowe filtry oleju CJC® usuwają produkty degradacji, takie jak szlam czy pokost, przez biegunowe przyciąganie do wkładu filtrującego. Połączenie adsorpcji i absorpcji powoduje wypełnienie każdego włókna celulozy produktami degradacji oleju aż do całkowitego nasycenia wkładu. Wkłady filtrów CJC® mogą zatrzymać do 4 kg pokostu w zależności od rodzaju.

Konwencjonalne liniowe filtry ciśnieniowe są najczęściej wykonane na bazie włókna szklanego, ponieważ muszą działać w warunkach wysokiego ciśnienia i wysokiego przepływu, stawiając przy tym jak najmniej ograniczeń. Element filtra jest karbowany po to, by zwiększyć powierzchnię i zredukować spadek ciśnienia.

Montuje się je po głównej pompie układu, dlatego muszą działać w trudnych warunkach z cyklicznymi przepływami oraz licznymi rozruchami i przystankami, co bardzo niekorzystnie oddziałuje na sprawność filtra. Wychwytywanie i zatrzymywanie drobnych cząstek soli jest w związku z tym bardzo trudne, dlatego większość takich filtrów liniowych ma współczynnik filtracji w zakresie 10-30 mikronów. Jednak wiele spośród wychwyconych już cząstek zostanie ponownie uwolnionych, kiedy filtr zostanie poddany skokom ciśnienia przy rozruchach i przystankach.

Filtr ciśnieniowy na bazie włókna szklanego potrafi usuwać jedynie cząstki stałe i z powodu stosunkowo niewielkiej głębokości i objętości filtra ma ograniczoną zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń.

Patrz ilustracje na str. 34-35.

Nowoczesne układy olejowe często łączą w sobie dwa systemy czyszczące, gdzie filtr bocznikowy usuwa zanieczyszczenie, a ciśnieniowy filtr liniowy służy jako zabezpieczenie lub filtr „ostatniej szansy” przed elementami o krytycznym znaczeniu.

4 Metody oczyszczania oleju

Filtr ciśnieniowy na bazie włókna szklanego

O-ring obudowy
elementu
filtrującego

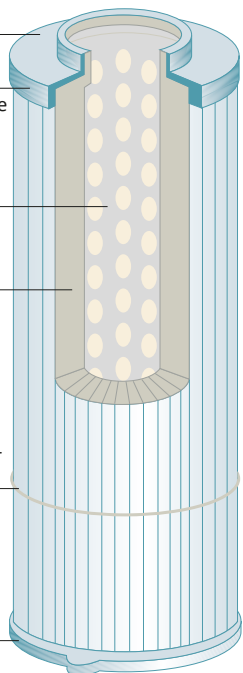
Uszczelnienie
zatyczki
końcowej

Trzon

Podpórka
wkładu

Karbowana
opaska pod-
trzymująca

Zatyczka



Element
filtra

Przefiltrowany
olej wpuszczony
z powrotem do obiegu

Wejście
nieprzefiltrowanego
oleju pod wysokim
ciśnieniem

Warstwa
pomocnicza

Zewnętrzna
obudowa filtra

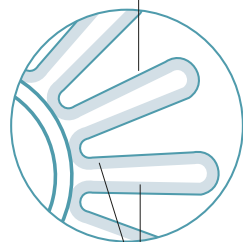
Funkcja

Przepływ
oleju

Uwięzione
cząstki stałe

Wkład filtrujący

Warstwa
pomocnicza

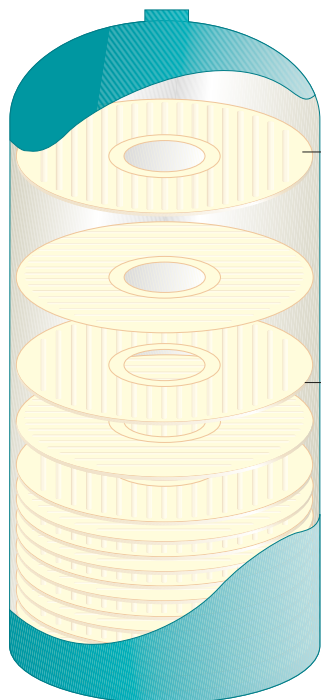


Filtry ciśnieniowe mają ograniczoną zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń, zwykle między 1 a 100 gramów, co oznacza konieczność częstej wymiany wkładu filtra w celu zapewnienia skutecznej filtracji.

Typowy współczynnik filtracji dla liniowych filtrów ciśnieniowych wynosi 5-50 mikronów.

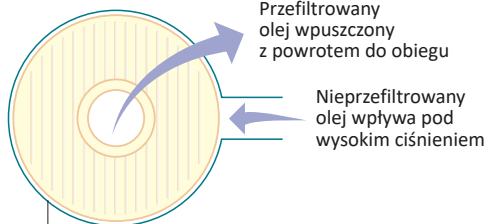
Konwencjonalne liniowe filtry ciśnieniowe na bazie włókna szklanego nie absorbują wody ani nie zatrzymują produktów degradacji oleju, takich jak szlam i pokost.

Filtr ciśnieniowy na bazie celulozy



Wkład filtracyjny

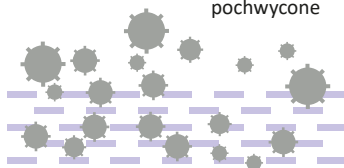
Wykonany z połażowanych krążków z celulozy drzewnej obróconych o 90° w stosunku do następnego i scalonych ze sobą. Tworzy to serię połączonych ze sobą powierzchni z fałdami biegnącymi na przemian wzdłużnie i poprzecznie.



Obudowa filtra

Funkcja

Cząstki stałe przechodzą przez labirynt filtra aż zostaną pochwycone



Bocnikowy filtr oleju CJC® ma dużą zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń wynoszącą ok. 4 l substancji stałych, do 2 l wody i 4 l produktów degradacji oleju (pokost). Bocnikowe filtry oleju CJC® zazwyczaj wymagają wymiany raz na 12 miesięcy.

Bocnikowy filtr oleju CJC® filtruje efektywnie dokładnością bezwzględną do 3 µm i usuwa z oleju wodę oraz produkty degradacji oleju (produkty utleniania, żywicę, szlam i pokost), czyszcząc nieprzerwanie elementy i cały układ olejowy.

Definicje filtracji

Nominalny współczynnik filtracji to szacunkowa wartość oznaczająca zakres wielkości cząstki, przy którym filtr ma usuwać określony procent takich cząstek. Nie ma w tym względzie ustalonego standardu, nie można więc porównywać różnych produktów czy marek. Ciśnienie robocze i stężenie substancji zanieczyszczających wpływa na skuteczność zatrzymywania zanieczyszczeń przez filtry o danym współczynniku znamionowym.

Bezwzględny współczynnik filtracji opisuje wielkość porów, wskazując największy rozmiar cząstki, jaka przejdzie przez filtr. Filtr musi zostać poddany standardowej metodzie testu przeznaczonego do danego zastosowania.

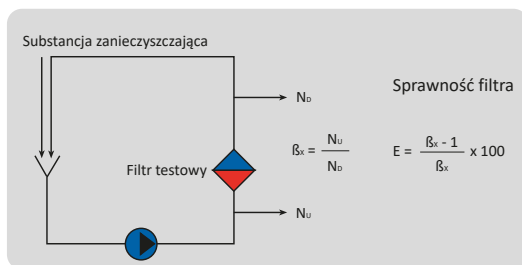
Dokładność filtra bocznikowego na bazie celulozy wynosi często 3 μm w ujęciu bezwzględnym lub mniej. Współczynnik filtracji filtra ciśnieniowego na bazie włókna szklanego różni się w zależności od wymogów zabezpieczanych elementów układu.

Wartości beta opisują sprawność filtra przy danej wielkości cząstek. Wartość tę zapisuje się jako β_x , gdzie „x” oznacza wielkość danej cząstki, a β („beta”) oznacza sprawność, np. $\beta_3 = 200$ oznacza, że przez filtr przejdzie jedna na 200 cząstek o rozmiarze 3 mikronów (0,5% przechodzi, a 99,5% jest zatrzymywana przy jednym przejściu). Aby ustalić wartość beta, stosuje się znormalizowany test wielokrotnego przejścia ISO 16889, a wartość beta oblicza się z poniższego wzoru.

$$\beta_x = \frac{\text{liczba cząsteczek przed filtrem} > x (N_U)}{\text{liczba cząsteczek za filtrem} > x (N_D)}$$

Test wielokrotnego przejścia wykonuje się w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych bez uwzględnienia niektórych trudności, na które napotyka liniowy filtr ciśnieniowy w większości układów olejowych, takich jak pęcherze, wiracje, skoki ciśnienia w wyniku przyrostach i przystankach itp.

Rysunek 26: Test wielokrotnego przejścia
Źródło: Normy SO



Zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń oznacza ilość zanieczyszczeń zatrzymaną przez wkład filtra po osiągnięciu ciśnienia nasycenia. Jej miarą jest waga lub objętość. To, ile zanieczyszczeń jest w stanie zatrzymać wkład filtra, ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia kosztów działania w danym czasie. Większość konwencjonalnych karbowanych wkładów filtracyjnych potrafi zatrzymać mniej niż sto gramów zanieczyszczeń, ale ich wymiana może być dosyć tania. Jednak jeśli policzy się koszt usunięcia 1 kg zanieczyszczeń z oleju, takie konwencjonalne wkłady okażą się nagle bardzo drogie.

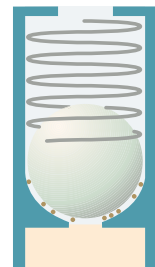
Dobrej jakości wkład filtra bocznikowego na bazie celulozy może zatrzymać do kilku kilogramów zanieczyszczeń, tak więc mimo wyższej ceny zakupu, skalkulowany koszt usunięcia 1 kg zanieczyszczeń będzie znacząco niższy niż koszt karbowanego wkładu filtra ciśnieniowego, co przekłada się na niższe ogólne koszty eksploatacji.

Koszt usunięcia 1 kg zanieczyszczeń

$\frac{\text{Koszt wkładu filtrującego w Twojej walucie}}{\text{Zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń w kg}} = \text{koszt usunięcia 1 kg zanieczyszczeń}$

	Przykład 1	Przykład 2
Typ filtra	Ciśnieniowy wkład filtracyjny na bazie włókna szklanego	Wkład filtra bocznikowego na bazie celulozy
Koszt elementu/wkładu filtrującego	€ 35 / \$ 50	€ 200 / \$ 300
Zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń	0,085 kg / 0,18 lbs	4 kg / 8 lbs
Koszt na 1 kg usuniętych zanieczyszczeń	€ 412 / \$ 278	€ 50 / \$ 40

Zawór obejściowy w filtrach to urządzenie zabezpieczające, które redukuje ciśnienie, gdy spadek ciśnienia nad filtrem staje się zbyt duży. Eliminuje on funkcję filtracji przez obejście filtra pełnoprzepływowego, co oznacza, że olej całkowicie lub częściowo omija wówczas filtr zamiast przez niego przepływać. Nieszczelny zawór obejściowy bardzo negatywnie wpływa na sprawność filtra. (Rysunek 27).



Rysunek 27:
Zawór obejściowy

Metody montażu

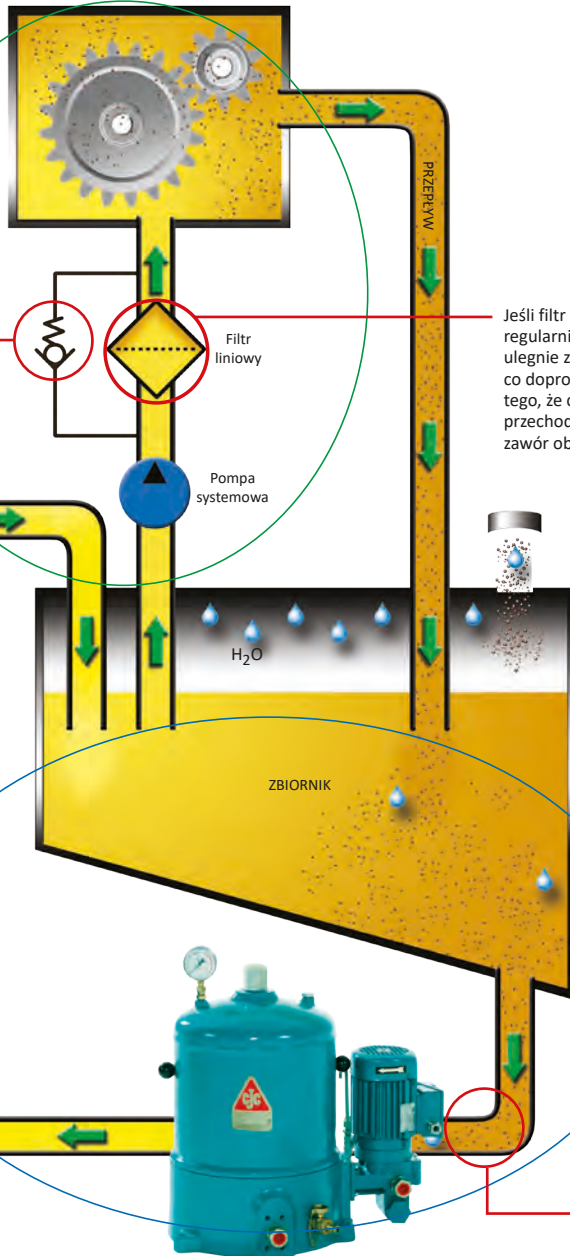
Filtracja pełnoprzepływowa (in-line)

Cały olej w układzie przepływa przez filtr
Zastosowanie mają tu wyłącznie ciśnieniowe elementy filtrujące.

Filtracja boczniowa

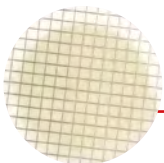
Metoda montażu, w której element filtrujący działa w oddzielnym zamkniętym obiegu, co pozwala na zastosowanie gęstych wkładów filtrujących.

Substancje zanieczyszczające przechodzą przez filtr, kiedy zawory obejściowe nie zamykają się do końca po otwarciu.



Jeśli filtr liniowy nie jest regularnie wymieniany, ulegnie zatkanie, co doprowadzi do tego, że cząstki zaczną przechodzić przez zawór obejściowy.

Membrana miliporowa. Próbka pobrana po filtracji bocznikowej.



Zanieczyszczona membrana miliporowa. Próbka pobrana przed filtracją bocznikową.



Bocznikowy filtr oleju CJC®

Ekonomia

Przed zainwestowaniem w system filtrujący należy przeprowadzić analizę kosztów i korzyści. Koszty należy podzielić na dwie grupy:

- **Koszty zakupu:** koszty związane bezpośrednio z zakupem systemu filtrującego, tj. cena zakupu i koszty instalacji.
- **Koszty operacyjne:** koszty utrzymania i eksploatacji systemu filtrującego, tj. wymiana wkładów filtrujących, zużycie energii i naprawy.

Koszty zakupu + koszty operacyjne = inwestycja ogółem

Całkowity koszt inwestycji musi być niższy niż oszczędności uzyskane dzięki czystemu olejowi.

- **Oszczędności:** redukcja kosztów utrzymania, zmniejszenie do minimum kosztów utraty godzin produkcji, dłuższa eksploatacja, dłuższa żywotność oleju, wydłużony okres eksploatacji elementów maszyny itp.

W większości zastosowań okres **zwrotu z inwestycji** dla filtra bocznikowego CJC® wynosi zazwyczaj kilka tygodni do kilku miesięcy, ale rzadko powyżej jednego roku. W tych branżach przemysłu, gdzie przestoje są bardzo kosztowne, np. produkcja stali, inwestycja może się zwrócić już po kilku godzinach. Oznacza to, że jeśli ulepszony stan oleju powoduje na przykład wydłużenie czasu produkcji o dodatkowe 3 godziny, to system filtrujący całkowicie się spłacił. Ponieważ koszt operacyjny filtra ma także istotny udział w całkowitym koszcie inwestycji, należy sprawdzić, jaką ilość zanieczyszczeń może zatrzymać taki filtr, czyli jaką ma zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń.

Większość konwencjonalnych filtrów ciśnieniowych potrafi zatrzymać mniej niż sto gramów zanieczyszczeń, dlatego wymaga częstszej wymiany niż dobrej jakości filtr bocznikowy na bazie celulozy który może zatrzymać kilka kilogramów zanieczyszczeń. Koszt usunięcia 1 kg zanieczyszczeń z oleju jest dobrym wskaźnikiem do porównań różnych marek filtrów i pomaga obniżyć łączny koszt zakupu i eksploatacji (inwestycja ogółem).

Patrz wyliczenie kosztu usunięcia 0,45 kg zanieczyszczeń na str. 37.

Zamawianie układu filtrującego

W wycenie systemu filtrującego od dowolnego dostawcy należy zwrócić uwagę na następujące aspekty:

- Koszty operacyjne filtra w okresie co najmniej 5 lat (energia, wkłady filtrujące, części zamienne itd.)
- Możliwość do uzyskania poziom czystości układu (np. ISO 17/15/12 i ISO 200 ppm wody)
- Procedura kontrolna potwierdzająca osiągnięcie danego poziomu czystości (np. próbkowanie oleju)

Skalowanie filtra oleju offline

Przy skalowaniu bocznikowego filtra oleju należy określić następujące podstawowe informacje na temat układu olejowego:

- Objętość oleju w układzie (objętość zbiornika)
- Typ oleju (ISO VG)
- Temperaturę oleju: temperatura normalnej pracy i temperatura minimalna (otoczenia)
- Problem z zanieczyszczeniem oleju:
 - cząstki stałe
 - produkty degradacji oleju, szlam i pokost
 - woda (napływowa lub skumulowana)
- Rodzaj zastosowania (pod dachem/czysty, na zewnątrz/zanieczyszczony, istotny napływ itp.)
- Ile godzin dziennie działa maszyna
- Dostępne źródło zasilania

Informacja ta pomoże Twojemu lokalnemu dystrybutorowi dobrać prawidłową wielkość filtra oleju CJC®.

Oprócz ciągłej filtracji oleju w maszynach, beczkach lub zbiornikach, bocznikowych filtrów oleju CJC® można także używać do napełniania i uzupełniania oleju, upewniając się w ten sposób, że do układu dostaje się wyłącznie czysty olej.

Systemy konserwacji oleju CJC®

Filtr dokładny CJC®



- Suchy olej o ograniczonej zawartości (nagromadzonej z czasem) wody
- Oleje hydrauliczne, smarne i przekładniowe — także płyny na bazie EAL, glikolu i estru
- Zatrzymuje cząstki i pokost
- Usuwanie wody przez absorpcję (woda swobodna i emulsja wodna oraz pewna ilość wody rozpuszczonej)
- Obniża poziom kwasowości przy użyciu wkładów jonowymiennych



Filtr separator CJC®

- Olej i paliwo diesel zanieczyszczony wodą
- Oleje hydrauliczne, smarne i przekładniowe — do ISO VG 150
- Zatrzymuje cząstki i pokost
- Woda swobodna jest usuwana przez separację (koalescencję)
- Nadaje się do oleju o dobrej deemułgowalności (nie dotyczy oleju silnikowego, płynów estrowych itp.)



Desorbery CJC®

- Olej zanieczyszczony wodą — nawet z silnymi emulsjami
- Oleje hydrauliczne, smarne i przekładniowe — do ISO VG 1000 (w zależności od typu desorbera)
- Usuwa wodę swobodną, zemułgowaną i rozpuszczoną
- Nadaje się do większości olejów, nawet oleju silnikowego, oleju do maszyn papierniczych, EAL itp.

Desorbery CJC® nie zatrzymują cząstek stałych i pokostu, dlatego zaleca się użycie filtra dokładnego CJC®.



Jednostka VRU CJC®

- Suchy olej o ograniczonej zawartości wody
- Bardzo skutecznie zatrzymuje pokost
- Nadaje się do układów charakteryzujących się wzmożonym wytwarzaniem pokostu, np. do turbin gazowych

Postępowanie z olejem i układami olejowymi

Nowy olej w pojemnikach

- Nowy olej należy uznawać za zanieczyszczony, dopóki nie zostanie przeanalizowana próbka
- Oleje zawierające dodatki, które nie są konieczne do danego zastosowania, należy uznawać za zanieczyszczony
- Nowy olej powinien być zawsze wprowadzany do układu przez filtr, najlepiej z bezwzględny współczynnikiem filtracji 3 μm
- Nie mieszać olejów bez sprawdzenia ich zgodności
- Produkty smarne należy przechowywać w zamkniętych pojemnikach, aby uniknąć przedostania się do nich substancji zanieczyszczających

Olej w układzie

- Regularnie obserwować olej podczas działania w celu ewentualnego wykrycia nagłej obecności wody, powietrza lub innych substancji zanieczyszczających. Pomocne może być użycie świeżego oleju dla porównania
- Sprawdzać olej po awarii maszyny lub innych incydentach, które mogą mieć wpływ na stan oleju
- Zawsze zachowywać maksymalną czystość i dokładność podczas próbkowania
- Układy powinny być jak najbardziej szczelne. Wszystkie stałe otwory należy wyposażyć w filtry wentylacyjne (najlepiej odpowietrzniki osuszające). Wszystkie układy wyposażyć w stałe instalacje filtrujące
- Podczas wymiany oleju zbiornik i układ powinny być całkowicie opróżnione, a zbiornik powinien być oczyszczony ręcznie z osadów, szlamu itp. (można tego uniknąć montując bocznikowe filtry oleju CJC®)
- Podczas wymiany uszczelek należy używać jedynie materiałów odpornych na działanie oleju. Sprawdzić zgodność materiałów z olejem
- Nigdy nie stosować nowych dodatków bez konsultacji z dostawcą oleju czy konsultantem. Poprosić o pisemne potwierdzenie czynności, które należy wykonać
- Zawsze korzystać ze źródeł niezależnych analiz zapewniających wysokiej jakości kontrolę i powtarzalność

Zalecenia dotyczące zakupu oleju

Kupując olej luzem, nabywcy mają prawo wyznaczyć określone certyfikowane wymogi w celu zapewnienia jakości.

Poniżej przedstawiamy kilka przykładów wymogów i testów sprawdzających jakość oleju z naciskiem na jego czystość.

Certyfikaty testów i próbkowanie testowe

Kupującemu powinny zostać przedstawione wyniki testów oleju z danej partii. Podczas napełniania olejem z pierwszej partii należy pobrać próbkę. Próbki powinny być oznaczone znakiem towarowym, numerem partii i wielkością przesyłki. Olej powinien zostać przeanalizowany przez niezależne laboratorium, a analiza powinna zawierać dane opisane w niniejszej broszurze w rozdziale poświęconym analizie oleju.

Reklamacje

Jeśli olej nie spełnia wymogów, należy rozważyć zwrot przesyłki.

Jeśli problemu nie da się naprawić, należy zatwierdzić nowe próbki. Dostawca musi opłacić wszelkie koszty, w tym koszty związane z awariami maszyn i przestojami w produkcji.

Próbkowanie nowego oleju

Próbki należy pobierać z każdej wyprodukowanej partii.

Analizowana próbka musi być reprezentatywna dla wyprodukowanej partii. Kupujący musi mieć wgląd w zapisy z co najmniej 5 lat.

Wraz z zamówionym olejem musi zostać dostarczony certyfikat analizy zawierający co najmniej następujące pozycje:

- Kontrolę wzrokową
- Lepkość w temp. 40C
- Gęstość
- Całkowitą liczbę kwasową gotowego produktu
- Czas oddzielania się pęcherza
- Substancje zanieczyszczające, ocena grawimetryczna lub kod czystości ISO

W przypadku olejów do turbin wiatrowych można uwzględnić spienianie w temperaturze 50°C.

Olej musi być dostarczany cysternami, w beczkach malowanych farbą epoksydową lub 20-litrowych kanistrach. Nabywca musi w każdym przypadku wskazać typ zbiornika. Zbiornik musi mieć pierwszą klasę jakości i musi być typu ogólnie stosowanego w branży. Zbiornik musi być oznaczony znakiem towarowym nabywcy, znakiem towarowym dostawcy, zawartością netto oraz ciągłym numerem partii produkcyjnej.

Załącznik

Tabele wydłużenia żywotności — poziom czystości, kody ISO

	21/19/16	20/18/15	19/17/14	18/16/13	17/15/12	16/14/11	15/13/10	14/12/9	13/11/8	12/10/7
24/22/19	2 1,6 1,8 1,3	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	6 3 3,5 2,5	7 3,5 4,5 3	8 4 5,5 3,5	>10 5 7 4	>10 6 8 5	>10 7 10 5,5	>10 >10 >10 8,5
23/21/18	1,5 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,4	3 2 2,2 1,6	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 3,5 4,5 3	9 4 5 3,5	>10 5 7 4	>10 7 9 5,5	>10 10 10 8
22/20/17	1,3 1,2 1,2 1,05	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,4	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 4 5 3	9 5 6 4	>10 7 8 5,5	>10 9 10 7
21/19/16		1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,2 1,7	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 4 5 3,5	9 6 7 4,5	>10 8 9 6
20/18/15			1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 4,6 5,5 3,7	>10 6 8 5
19/17/14				1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	6 3 4 2,5	8 5 6 3,5
18/16/13					1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,3 1,8	4 3,5 3 3,7	6 4 4,5 3,5
17/15/12		Urządzenia hydrauliczne i silniki diesla				1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,4	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,3 1,8	4 2,5 3 2,2
16/14/11							1,3 1,3 1,3 1,2	1,6 1,6 1,6 1,4	2 1,8 1,9 1,5	3 2 2,3 1,8
15/13/10								1,4 1,2 1,2 1,1	1,8 1,5 1,6 1,3	2,5 1,8 2 1,6

Rysunek 28: Tabele wydłużenia żywotności, poziom czystości — patrz przykład na str. 25 Źródło: Noria Corp.

LEM — poziom wilgoci

Bieżący poziom wilgotności, ppm	Współczynnik wydłużenia żywotności								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50 000	12 500	6500	4500	3125	2500	2000	1500	1000	782
25 000	6250	3250	2250	1563	1250	1000	750	500	391
10 000	2500	1300	900	625	500	400	300	200	156
5000	1250	650	450	313	250	200	150	100	78
2500	625	325	225	156	125	100	75	50	39
1000	250	130	90	63	50	40	30	20	16
500	125	65	45	31	25	20	15	10	8
260	63	33	23	16	13	10	8	5	4
100	25	13	9	6	5	4	3	2	2

1% wody = 10 000 ppm. | Szacowane wydłużenie żywotności dla systemów mechanicznych wykorzystujących płyny mineralne

Przykład: zmniejszając średnie poziomy wilgotności płynów z 2500 ppm do 156 ppm, żywotność maszyny (MTBF) wydłuża się o współczynnik 5

Rysunek 29: Metoda wydłużania żywotności, poziom wilgoci

Źródło: Noria Corp.

Spis treści

Analiza pierwiastków.....	28	Ocena licznika cząstek i żywotności maszyny.....	25
Automatyczny licznik cząstek (ISO 11500).....	22	Olej w układzie	43
Certyfikaty testów i próbkowanie testowe....	44	Pokost.....	13
Definicje filtracji.....	36	Postępowanie z olejem i układami olejowymi.....	43
Degradacja oleju.....	13	Poziom wilgoci.....	26
Dynamiczna powłoka olejowa.....	8	Próbkowanie nowego oleju.....	45
Dziennik analizy	29	Próbkowanie oleju, gdzie pobierać?.....	15
Ekonomia.....	40	Próbkowanie oleju, jak pobierać?	16
Emisyjna spektrometria atomowa (AES)	28	Próbkowanie oleju, pompa próżniowa.....	18
Etykieta próbkowania oleju.....	17	Próbkowanie oleju.....	15
Filtracja bezwzględna	36	Raporty z analiz	19
Filtracja bocznikowa	38	Reklamacje	44
Filtracja nominalna	36	Rekomendacje dot. oleju.....	44
Filtracja pełnoprzepływowa (in-line).....	38	Rekomendacje dot. zakupu oleju	44
Filtr bocznikowy, na bazie celulozy.....	35	Ręczny licznik cząstek (ISO 4407).....	22
Filtr ciśnieniowy na bazie celulozy.....	35	Skalowanie filtra oleju offline	41
Filtr ciśnieniowy na bazie włókna szklanego .	34	Spektroskopia w podczerwieni z transformatą Fouriera (FTIR)	30
Filtr ciśnieniowy.....	34	Systemy konserwacji oleju CJC®	42
Indukcyjnie wzbudzana plazma (ICP)	28	Systemy konserwacji oleju.....	42
Jak pobrać próbkę oleju?.....	16	Szlam	13
Karl Fisher.....	26	Tabela klasyfikacji ISO.....	23
Klasy AS / NAS	24	Test pokostu	30
Klasy NAS.....	24	Test ultrawirówki (UC)	31
Kolorymetria sączka membranowego (MPC).....	30	Typy filtrów.....	32
Kontrola zanieczyszczenia oleju.....	7	Utlenianie	13
Kontrola zanieczyszczenia.....	7	Wartości beta	36
Lepkość bezwzględna/dynamiczna.....	21	Wirująca elektroda dysków (RDE)	28
Lepkość dynamiczna.....	21	Woda rozpuszczona	11
Lepkość kinematyczna	21	Woda swobodna.....	11
Lepkość.....	21	Woda zemułgowana	11
Liczba kwasowa i liczba zasadowa	27	Wprowadzenie	3
Liczba zasadowa	27	Zamawianie układu filtrującego	41
Liczenie cząstek	22	Zanieczyszczenia kwasami	14
Metody i częstotliwość analiz.....	20	Zanieczyszczenie cząstkami stałymi.....	8
Metody montażu.....	38	Zanieczyszczenie wodą	10
Metody oczyszczania oleju	32	Zawór obejściowy w filtrach.....	37
Nowy olej w pojemnikach	43	Załącznik.....	46
Nowy olej, próbkowanie.....	45	Zdolność zatrzymywania zanieczyszczeń.....	37
		Zużycie układów olejowych.....	7



Produkcja i centrala

C.C.JENSEN A/S

Løvholmen 13 | DK - 5700 Svendborg | Dania

Tel. +45 6321 2014

sales@ccj.dk | www.ccj.dk

C.C.JENSEN na świecie

Benelux

C.C.JENSEN Benelux B.V.
Tel.: +31 182 37 90 29
info.nl@ccj.dk
www.ccjensen.nl

Chile

C.C.JENSEN S.L. Limitada
Tel.: +56 2 739 2910
ccjensen.cl@ccj.dk
www.ccjensen.cl

Chiny

C.C.JENSEN Filtration
Equipment (Tianjin) Co. Ltd.
Tel.: +86 10 6436 4838
ccjensen.cn@ccj.dk
www.ccjensen.cn

Dania

C.C.JENSEN Danmark
Tel.: +45 6321 2014
sales@ccj.dk
www.ccj.dk

Francja

C.C.JENSEN France
Tel.: +33 366 753 170
contact.fr@ccj.dk
www.ccjensen.fr

Niemcy

KARBERG & HENNEMANN
GmbH & Co. KG
Tel.: +49 (0)40 855 04 79 0
kontakt@ccj.de
www.ccj.de

Grecja

C.C.JENSEN Greece LTD.
Tel.: +30 210 42 81 260
ccjensen.gr@ccj.dk
www.ccjensen.gr

Indie

C.C.JENSEN India
Tel.: +91 4426241364
ccjensen.in@ccj.dk
www.ccjensen.in

Irlandia

C.C.JENSEN Ireland
Tel.: +353 86 827 1508
ccjensen.ie@ccj.dk
www.ccjensen.ie

Włochy

KARBERG & HENNEMANN srl
Tel.: +39 059 29 29 498
info@ccj.it
www.ccj.it

Polska

C.C.JENSEN Polska Sp. z o.o.
Tel.: +48 22 648 83 43
ccjensen@ccjensen.com.pl
www.ccjensen.pl

Hiszpania

C.C.JENSEN Ibérica, S. L.
Tel.: +34 93 590 63 31
ccjensen.es@ccj.dk
www.ccj.dk

Szwecja

C.C.JENSEN AB
Tel.: +46 8 755 4411
sales@ccj.dk
www.ccjensen.se

Zjednoczone Emiraty Arabskie

C.C.JENSEN Middle East
Tel.: +971 4 447 2886
ccjensen.uae@ccj.dk
www.ccj.ae

Wielka Brytania

C.C.JENSEN LTD.
Tel.: +44 1 388 420 721
filtration@ccj.co.uk
www.ccjensen.co.uk

USA

C.C.JENSEN INC.
Tel.: +1 770 692 6001
ccjensen@ccjensen.com
www.ccjensen.com

Twój lokalny dystrybutor CJC®

Na całym świecie reprezentują nas dystrybutorzy. Odszukaj swojego najbliższego dystrybutora na naszej stronie internetowej: www.ccj.dk

— lub zadzwoń do nas.



C.C.JENSEN A/S
www.ccj.dk

