

Nitracja oleju

W silnikach na gaz ziemny



Energy lives here™

Nitracja jest niepożądanym efektem, który przedstawia się nasyceniem oleju w silnikach na gaz ziemny rozpuszczalnymi lub nierozpuszczalnymi związkami tlenu azotu.

W wyniku reakcji azotu z olejem powstają dwa rodzaje związków azotowych: azotany organiczne i związki nitrowe. Występują one niezależnie od produktów utleniania, które powodują utlenianie oleju, co stanowi inną formę jego degradacji.

Azotany organiczne stanowią największą grupę związków azotu w zużytym oleju do silników gazowych. Kiedy olej jest wyrzucany na ściany cylindrów i zgarniany w dół, związki te są zmywane do skrzyni korbowej, gdzie przyczyniają się do tworzenia szlamu i powstawania nagarów. Rozpuszczają się one w oleju, aż zostanie osiągnięty nadmierny poziom, po czym zaczynają tworzyć się osady od jasnobursztynowego do bordowego wokół dźwigni zaworowej i zaworu oraz na płaszcach tłoków. Osady te powodują także zapiekanie pierścieni tłokowych, co zwiększa zużycie oleju i skraca żywotność filtra.

Związki nitrowe tworzą się w wyniku kilku zjawisk: nieszczelności tłoka spowodowanej zapieczonymi, zużytymi lub uszkodzonymi pierścieniami uszczelniającymi; spękaniem lub zużytymi wkładkami lub spalinami przedostającymi się do oleju z powodu zużycia prowadnicy lub gniazda zaworu. Do innych przyczyn należą: przeciekające uszczelki turbosprężarki; krytyczne zależności zapłonu i spalania w silniku lub zbyt długi okres pomiędzy wymianami oleju.

Wyższe od oczekiwanego stężenia związków nitrowych oznaczają, że w oleju znajdują się nieprzereagowane gazy z tlenkami azotu. Zagęszczają one nienaturalnie olej i spowodują przedwczesne wytworzenie się osadów i szlamu, co można poznać po czerwonej warstwie na płaszczu tłoka i szlamie w rowkach dolnego pierścienia uszczelniającego i pierścieni zgarniających.

Przyczyny nitracji

Istnieje związek między tempem nitracji oleju w silniku gazowym a warunkami pracy, takimi jak stosunek ilości powietrza do paliwa, obciążenie silnika i temperatura oleju. Na wykresach 1, 2, 3 i 4 pokazano wpływ tych czynników na nitrację.

Na tlenki azotu formujące się w trakcie spalania mają wpływ także warunki otoczenia, regulacja zapłonu i końcowa temperatura spalania. Badanie eksploatacyjne wykazały, że stopień nitracji zwiększa się, gdy temperatura otoczenia wzrasta i obciążenie jest większe. Mimo że nie ma konkretnych danych dotyczących wpływu czasu zapłonu na nitrację, istnieją wyraźne wskazania, że jest to jeden z najważniejszych czynników.

Spośród różnych czynników mechanicznych, które mają wpływ na tempo nitracji, trzy z nich są wyjątkowo ważne: **tempo mieszania oleju** w skrzyni korbowej, słabe uszczelnienie oraz wentylacja skrzyni korbowej. Mimo że tempo mieszania oleju samo w sobie nie wpływa na nitrację, to rozrzedzanie nowego i wydostawanie się oleju po nitracji w wyniku przecieków zmienia tempo mieszania oleju w skrzyni korbowej z tlenkiem azotu i jego degradacji. Im wyższe tempo mieszania oleju w danym silniku, tym wolniejsze tempo jego degradacji.

Przedostawanie się spalin do skrzyni korbowej powoduje nagromadzenie się związków nitrowych w oleju. **Kiedy uszczelnienie** jest słabe, więcej oleju poddanego nitracji dostanie się z powrotem do skrzyni korbowej, zamiast wydostać się przez układ wydechowy.

Testy silników laboratoryjnych wykazały związek między **obniżoną wentylacją skrzyni korbowej** a degradacją oleju. Wskazuje to, że związki nitrowe w oleju mogą być szybciej usuwane, kiedy wentylacja skrzyni korbowej jest lepsza, zmniejszając tym samym degradację oleju.

Nitracja oleju

Wzorce degradacji

Silniki gazowe czterosuwowe: Organiczne azotany szybko rozkładają się w temperaturze powyżej 150°C. Są główną przyczyną degradacji oleju w czterosuwowych silnikach gazowych o małej prędkości (poniżej 700 obr./min), ponieważ temperatury ścianek cylindra są zwykle niższe niż 160°C, nawet w silnikach chłodzonych przez rozpraszanie ciepła parowania. Tam, gdzie temperatura ścianek cylindrów przekracza 160°C, utlenianie oleju staje się intensywniejsze, co jest główną przyczyną degradacji oleju w małych czterosuwowych silnikach gazowych o dużej prędkości.

Dwusuwowe silniki gazowe: Utlenianie jest główną przyczyną degradacji w dwusuwowych silnikach gazowych z osobnym systemem smarowania cylindra napędowego. Produkty poddane nitracji są wyprowadzone przez układ wydechowy, w związku z czym nie zanieczyszczają wejścia skrzyni korbowej. Obecność nawet umiarkowanej ilości produktów nitracji w tych jednostkach jest jednak silnym wskazaniem, że nadmierny przepływ oleju do cylindrów wiąże się z przedostawaniem się go do skrzyni korbowej.

Wykrywanie

Wizualna inspekcja dźwigni zaworowej i obszaru zaworu oraz płaszczka tłoka w silniku wykryje osad o barwie od bursztynowej do bordowej, który wskazuje na nitrację. Nitracja spowoduje także zapiekanie pierścieni tłokowych i formowanie się szlamu w skrzyni korbowej.

Wskaźniki wydajności, takie jak nadmierne zużycie oleju i krótsza żywotność filtra, mogą wskazywać na zachodzący wewnątrz silnika proces nitracji.

Pochłanianie podczerwieni, powszechnie zwane skanowaniem IR, jest dynamiczną, jakościowo i precyzyjną metodą analizy różnicowej, która określa zmiany chemiczne w użytym oleju oraz ilość i charakter zanieczyszczeń. W tym procesie próbka zużytego środka smarnego porównywana jest z próbką wzorcową nowego oleju. Promieniowanie podczerwone przechodzi przez komórki o grubości 0,1 mm (0,003937 cala), które zawierają próbki. Rejestrowana jest różnica netto w składzie chemicznym. Program laboratoryjny do analizy oleju Mobil SignumSM wykorzystuje pochłanianie promieniowania podczerwonego do określenia poziomu nitracji za pomocą obserwacji trendów i nagłych zmian. W tabeli 1 pokazano niezadawalający stan silnika, który może być spowodowany nitracją i obecnością związków nitrowych, tak jak wykazano w analizie oleju Signum.

Rozwiązywanie problemów

Poniżej przedstawiamy ogólny poradnik dotyczący rozwiązywania problemów dla różnych warunków nitracji.

Nitracja: Sprawdź trendy prowadzące do nieprawidłowej wartości. Jeśli wartość jest wynikiem stopniowego przyrostu, powodem może być:

- mieszanka w komorze spalania, którą można ulepszyć, regulując stosunek ilości powietrza do paliwa;
- niedostatecznie niskie temperatury oleju;
- drobne problemy z zapłonem, np. ze świecami, przewodami lub synchronizacją.

Gwałtowny wzrost wartości nitracji wynika z tych samych problemów, jakie opisano powyżej, ale w większym stopniu. Przy silnikach dwusuwowych sprawdź, czy do cylindra napędowego nie jest doprowadzana zbyt duża ilość oleju.

Tendencje do nitracji: Wskazują na nieprawidłowy zapłon i spalanie, co może być powodowane przez:

- Nieprawidłowy stosunek ilości powietrza do paliwa
- Nierównomierne rozproszanie paliwa/powietrza
- Słabe oczyszczanie
- Detonacja lub przedwczesny zapłon
- Nierównomierne obciążenia i ciśnienie zapłonu
- Uszkodzony zapłon, regulacja zapłonu, świece
- Znaczna nieszczelność
- Nieszczelne zawory paliwowe
- Wysokie ciśnienie spalania
- Przeciążenie silnika; nieprawidłowe chłodzenie
- Niskie temperatury oleju
- Nadmierne zgarnianie oleju w cylindrze (dwusuw)

Związki nitrowe: Sprawdź poziom kilka godzin po remoncie; wartości po remoncie często są wyższe. Wartości te nie muszą wskazywać na degradację oleju, sugerują jednak istnienie problemów z działaniem. Do możliwych przyczyn należą:

- Nieszczelność tłoka lub przeciekanie uszczelki turbosprężarki
- Doprowadzanie nadmiernych ilości oleju do cylindra napędowego (silniki dwusuwowe)



Nitracja oleju

Rozwiązanie problemu

Testy eksploatacyjne i analizy próbek pokazują, że oleje do silników gazowych stają się niezdatne do użycia, kiedy koncentracja azotanów organicznych zbliża się do pięciu procent. Nadmierne ilości azotanów organicznych działają jak utleniacze, które gwałtownie przyspieszają utlenianie oleju. Stałe gromadzenie się produktów nitracji będzie prowadzić do degradacji oleju.

Sprawdź stosunek ilości powietrza do paliwa:

Niskie poziomy nitracji mogą być utrzymane, jeśli poziom tlenu w gazach wylotowych jest poza przedziałem od 0,5 do 4,5 procent; tempo nitracji jest najwyższe przy 3,3% tlenu.

Temperatura oleju: Obniżenie temperatury oleju z 65°C do 58°C zdaje się znacznie zwiększać tempo nitracji. Może być to wynikiem nagrzewania się warstwy oleju wystawionej na reakcję z azotem.

Temperatury oleju w silniku nie powinny być niższe niż 65°C, a najlepiej, żeby przekraczały 70°C, jeżeli nasycenie azotanami organicznymi ma pozostać na umiarkowanym poziomie.

Azotany organiczne rozkładają się gwałtownie w temperaturach powyżej 150°C, nie zostają więc w warstwach oleju, kiedy temperatura ścianek cylindra przekracza 160°C. Utlenianie oleju jest jednak bezpośrednio związane z wysoką temperaturą silnika, jak przy czterosuwowych silnikach gazowych o dużej prędkości, w których temperatura ścianek cylindra przekracza 160°C.

Wyreguluj obciążenie: Wysokie i nierównomierne obciążenia cylindrów zwiększają tempo nitracji. Wzrost obciążenia znamionowego od 75 do 105 procent może znacznie zwiększyć nachylenie krzywej nitracji.

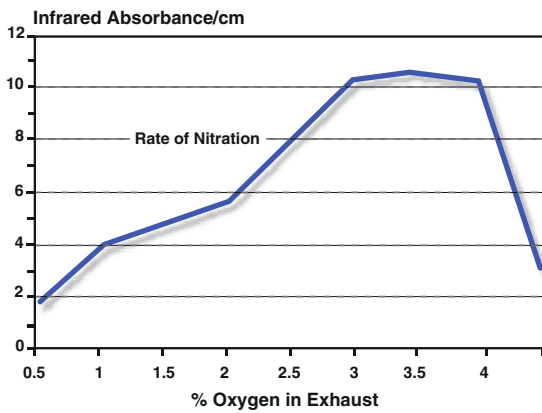
| Niezsadowalający stan | Przyczyny stanu zidentyfikowanego przez aplikację Signum SM Oil Analysis | | | | | | | | | Zweryfikowano wg analizy silnika |
|---------------------------------------|---|------|--------|------------|----------|------|-----------|------------------|--------|----------------------------------|
| | Lepkość | Woda | Glikol | Utlenianie | Nitracja | Azot | Spiekanie | Nierozpuszczalne | Metale | |
| Szlam – zimny, gorący | X | X | | X | X | | | X | | |
| Osady i nagary | X | | X | X | X | | | X | | |
| Węgiel - Sadza, koks, nagar | | | | X | X | | X | X | | |
| Zablokowane pierścienie | | | X | X | X | | X | | | X |
| Nieszczelność | X | | | | X | X | | | | X |
| Słabe spalanie | | | | X | X | | X | X | | X |
| Zatkanie filtra | | X | X | X | X | | X | X | | |
| Słaby dopływ powietrza Filtrowanie | | | | | | | | | X | |
| Wycieki płynu chłodzącego | | X | X | | | | | | X | X |
| Zużyty wkład | | | | | | | | | X | X |
| Zużyty pierścień | | | | | | | | | X | X |
| Zużyte łożysko | | | | | | | | | X | X |

Tabela 1. Identyfikowanie niezadowalającego stanu silnika za pomocą program do analizy olejów - Mobil SignumSM.

Niezadowalający stan spowodowany nitracją i obecnością związków nitrowych wskazany jest w kolumnie „Nitracja”. Należy zwrócić uwagę na związek niektórych warunków z wynikami analizy silnika.

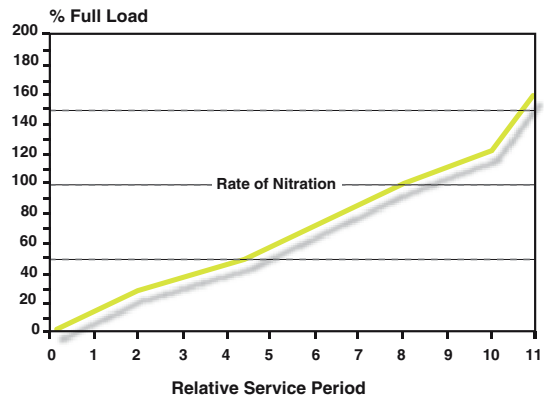
Aby dowiedzieć się więcej na temat analizy zużytego oleju Signum i olejów do silników gazowych Mobil PegasusTM, prosimy skontaktować się z przedstawicielem firmy lub centrum pomocy ExxonMobil pod adresem TechDeskEurope@exxonmobil.com. Zachęcamy również do odwiedzenia strony mobilindustrial.com.

Nitracja oleju



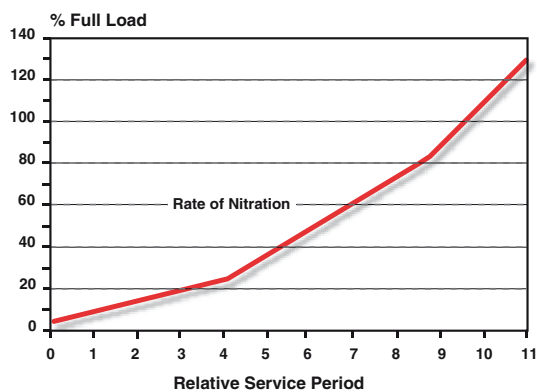
Wykres 1. Wpływ na nitrację stosunku ilości powietrza do paliwa.

Różne stosunki procentowe tlenu od 0,5 do 2,5, a nawet do 4,2% na wydechu w naturalnie napowietrzanych, czterosuwowych silnikach potwierdza, że niskie poziomy nitracji mogą być utrzymane, jeśli poziom tlenu jest poza przedziałem od 0,5 do 4,5%; tempo nitracji jest najwyższe przy 3,3% tlenu.



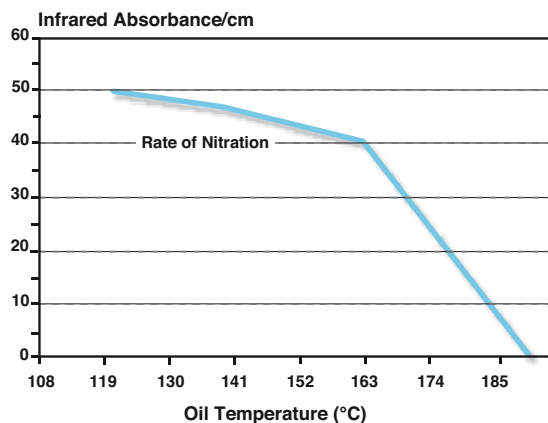
Wykres 2. Wpływ obciążenia na nitrację

Nieprawidłowy stosunek ilości powietrza do paliwa i 2,5% tlenu na wydechu.



Wykres 3. Wpływ obciążenia na nitrację.

Wzrost obciążenia znamionowego od 75 do 105% znacznie zwiększa nachylenie krzywej nitracji nawet przy satysfakcjonującym stosunku ilości powietrza do paliwa i tlenu w gazach wylotowych na poziomie wyższym niż 4,6%.



Wykres 4. Wpływ temperatury oleju na nitrację.

Azotany organiczne gwałtownie rozkładają się przy podgrzaniu do temperatury powyżej 150°C.

Więcej informacji na temat środków smarnych marki Mobil i świadczonych usług można uzyskać, kontaktując się z lokalnym przedstawicielem firmy lub odwiedzając stronę mobilindustrial.com.