

INFLUENCE OF WORK PERIOD OF THE ZS OIL ON LUBRICATING LAYER RESISTANCE IN CODITION OF BOUNDARY FRICTION

Wiesław Olszewski, Artur Maciąg

Politechnika Radomska
Al. Chrobrego 45, 26-600 Radom, Poland
tel.: +48 48 3617642, fax: +48 48 3617644
e-mail: wieols@wp.pl

Abstract

Changes of lubricating layer resistance of the oil LOTOS SYNTHETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC as a function work period in ZS engine were presented in this paper. In condition "boundary friction" (friction pair MT-1 machine) resistance of lubricating film decreases at first (at 22 MPa to 14 MPa) and next grows achieving 40% higher then in fresh oil. After about 9000km resistance of lubricating layer of the oil stabilises on level 33 MPa. The only exception is correlation between range of changes of resistance of oil lubricating layer with changes of content oil oxidation products (IR spectrum). The basic number also doesn't change to 3000 km, next decreases linear with the oil work period. Probably it connected with thermo oxidation kinetics oil and with increase concentration polar products of oxidation process. Such ageing changes of the motor oil during operation time have influence on chemisorptions processes and structure of boundary lubricating layer which decide, among other about oil period time in engine and kinematics pair consumption.

Keywords: motor oil, boundary friction, diesel engine, tribological properties, TBN, IR-spectrum

WPŁYW CZASU EKSPLOATACJI OLEJU W SILNIKU O ZS NA WYTRZYMAŁOŚĆ WARSTWY SMAROWEJ W WARUNKACH TARCIA GRANICZNEGO

Streszczenie

W referacie przedstawiono zmiany wytrzymałości granicznej warstwy smarowej oleju silnikowego LOTOS SYNTHETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC w funkcji czasu eksploatacji w silniku o ZS. W warunkach „tarcia granicznego” (węzeł tarczowy maszyny MT-1) wytrzymałość filmu smarowego początkowo maleje z 22 MPa do ok. 14 MPa, a następnie rośnie, osiągając wartości o 40% wyższe w porównaniu z olejem nie eksploatowanym. Po około 9000 km przebiegu wytrzymałość granicznej warstwy smarowej stabilizuje się na poziomie 33 MPa. Zakres zmian wytrzymałości granicznej warstwy smarowej skorelowany jest ze zmianami zawartości produktów utlenienia oleju (widmo IR). Również liczba zasadowa oleju w początkowym okresie spadku wytrzymałości filmu smarowego (do 3000 km) nie ulega większym zmianom, a następnie liniowo maleje z przebiegiem. Związane jest to prawdopodobnie z kinetyką termoksydacji oleju i ze wzrostem koncentracji polarnych produktów utlenienia. Takie zmiany starzeniowe zachodzące w oleju silnikowym w czasie eksploatacji mają wpływ na procesy chemisorpcji i budowę granicznej warstwy smarowej, a te decydują między innymi o czasie pracy oleju w silniku spalinyowym i wielkości zużycia smarowanych węzłów tarcia.

Słowa kluczowe: olej silnikowy, tarcie graniczne, silnik ZS, właściwości tribologiczne, liczba zasadowa, widmo IR

1. Wstęp

Tarcie w warunkach smarowania granicznego (zwane często „tarcie granicznym”) ma istotne znaczenie dla bezawaryjnej pracy węzłów kinematycznych. W optymalnych warunkach pracy węzła kinematycznego dąży się do zapewnienia tarcia płynnego w ciągłej warstwie środka smarowego. Jednak w rzeczywistych warunkach eksploatacji bardzo często węzły kinematyczne

pracują poza zakresem optymalnym (rozruch i wybieg maszyny, gwałtowne zmiany obciążeń). Powoduje to, że brak jest możliwości zapewnienia warunków tarcia płynnego, a węzeł chwilowo pracuje w warunkach „tarcia granicznego” lub mieszanego.

Z niezawodnościowego punktu widzenia (jeśli nie jest możliwe zapewnienie warunków tarcia płynnego) korzystniejsze jest tarcie w warunkach smarowania granicznego, bo chociaż występują w nim wyższe opory tarcia to nie zachodzą procesy zużycia, jak w przypadku tarcia mieszanego.

Opory tarcia granicznego znacząco maleją (prawie trzykrotnie) po około 5000 km przebiegu oleju [1,2,3]. W celu bliższego poznania mechanizmu „docierania” oleju przeprowadzono badania tribologiczne oleju LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC, ze szczególnym uwzględnieniem początkowego okresu eksploatacji.

2. Badania tribologiczne

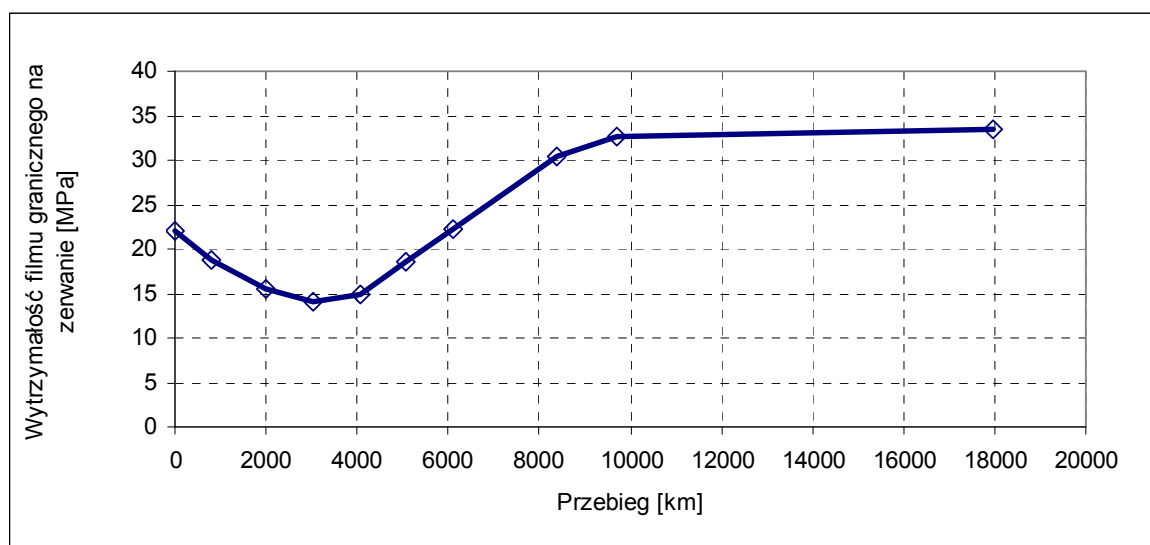
Badania tribologiczne wykonano na próbkach oleju silnikowego LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC eksploatowanego w silniku (DHC 1.7 dm³ Diesel) samochodu Opel Astra zasilanym olejem napędowym). Samochód eksploatowano w warunkach jazdy mieszanej z intensywnością około 2 000 km miesięcznie. Olej eksploatowano w wydłużonym o 80% przebiegu w stosunku do wymagań producenta silnika, tj. do 18 000 km. W początkowym okresie eksploatacji (do ok. 10 000 km) próbki oleju o objętości 0.2 dcm³ pobierano co 1000 km, a w dalszej eksploatacji co 3 000 km. Po pobraniu próbki uzupełniano stan oleju olejem świeżym. Opory tarcia granicznego mierzono po 16 godzinach konstytuowania warstwy granicznej.

Parametry konstytuowania granicznej warstwy smarowej:

- Nacisk 7,5 MPa
- Prędkość ślizgania 0,4 m/s
- Temperatura 40°C

Parametry obciążania granicznej warstwy smarowej:

- Prędkość narastania obciążenia 6 MPa/min
- Prędkość ślizgania 0,4 m/s
- Temperatura 40°C.



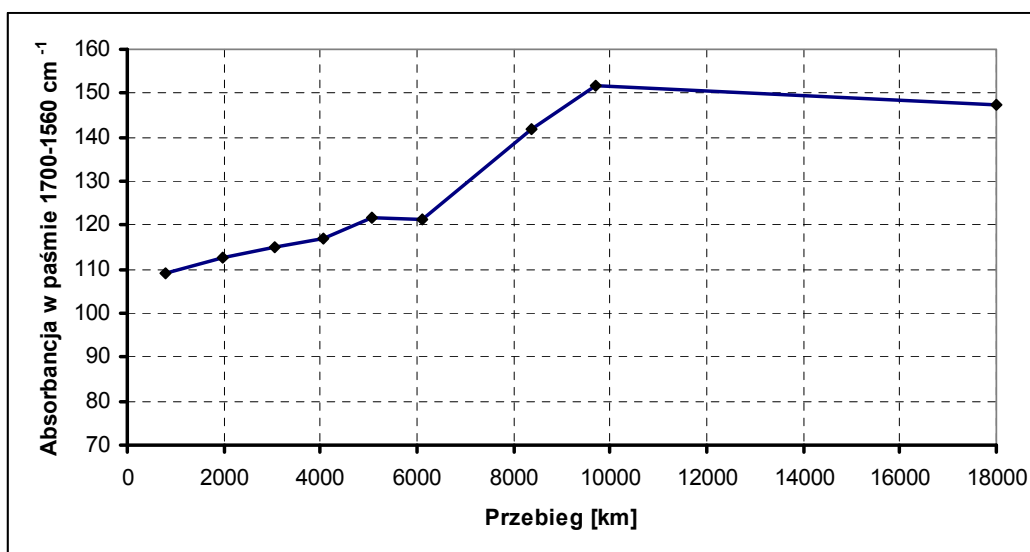
Rys. 1. Zmiana wytrzymałości granicznej warstwy smarowej na przerwanie ukonstytuowanej z eksploatowanego oleju w funkcji przebiegu oleju

Fig. 1. A change of resistance of boundary lubricating layer on break formed with used oil as a function of work period of the oil

Metodykę konstituowania granicznej warstwy smarowej, pomiaru wytrzymałości granicznej warstwy smarowej szczegółowo opisano w pracy [1]. Zależność wytrzymałości granicznej warstwy smarowej na przerwanie przedstawiono na rys. 1.

Wytrzymałość granicznej warstwy smarowej początkowo gwałtownie maleje z 22 MPa dla oleju nie eksploatowanego do około 14 MPa po przebiegu 3000 km. W czasie dalszej eksploatacji rośnie i po przebiegu 9000 km stabilizuje się na poziomie 33 MPa. Przebieg zmian w przybliżeniu odpowiada zmianom wytrzymałości granicznej warstwy oleju eksploatowanego w silniku zasilanym LPG [4]. Prawie dwukrotnie zwiększył się okres w którym nastąpiło obniżenie wytrzymałości filmu smarowego (ok. 2000 km w silniku zasilanym LPG) jednak wartość minimalna wytrzymałości jest dwukrotnie wyższa w silniku zasilanym olejem napędowym.

Proces zmian wytrzymałości granicznej warstwy smarowej jest prawdopodobnie spowodowany przebudową jej struktury związaną ze wzrostem zawartości polarnych produktów termooksydacji oleju w czasie eksploatacji. Na rys.2 pokazano zmiany absorbancji promieniowania IR w paśmie $1700-1560\text{ cm}^{-1}$ (charakterystyczne dla grup zawierających tlen) w funkcji przebiegu oleju. Absorbancja promieniowania jest wprost proporcjonalna do koncentracji produktów utlenienia. W zakresie w przybliżeniu odpowiadającym spadkowi wytrzymałości filmu smarowego obserwuje się stosunkowo powolny wzrost zawartości związków zawierających grupy tlenowe. Powyżej 6 000 km przebiegu następuje gwałtowny wzrost zawartości produktów utlenienia (ok. 3-krotny). Związane jest to ze wzrostem wytrzymałości filmu smarowego na przerwanie. Powyżej 10 000 km następuje stabilizacja zarówno zawartości tlenowych produktów utlenienia jak i wytrzymałości filmu smarowego.

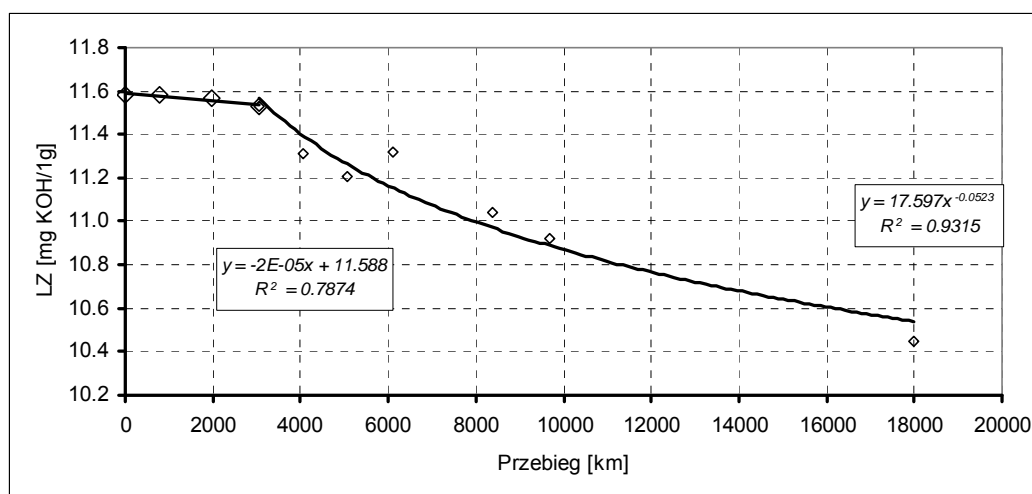


Rys. 2. Zmiany absorbancji promieniowania IR w paśmie $1700 \div 1560\text{ cm}^{-1}$ w funkcji przebiegu oleju
Fig. 2. Changes of absorbance IR spectrum in range $1700 \div 1560\text{ cm}^{-1}$ as a function of work period of the oil

Prawdopodobnie polarne produkty utlenienia oleju w początkowym okresie eksploatacji powodują destabilizację struktury granicznych warstw oleju ukonstituowanych głównie z molekuł dodatków funkcyjnych zawartych w oleju świeżym. Przy wyższej koncentracji produktów utlenienia prawdopodobnie dochodzi do synergetycznego ich oddziaływania z dodatkami funkcyjnymi co skutkuje wytworzeniem bardziej wytrzymałych struktur przypowierzchniowych środka smarowego. Może to być związane z większymi siłami chemisorpcji polarnych produktów utlenienia na powierzchni metalu.

Również zmiana liczby zasadowej (rys. 3) sugeruje taki mechanizm zmian wytrzymałości granicznej warstwy smarowej. Do 3 000 km przebiegu następuje stosunkowo niewielki jej spadek co odpowiada zakresowi spadku wytrzymałości filmu smarowego. W dalszej eksploatacji znacznie

zwiększa się dynamika zmian liczby zasadowej, co pośrednio świadczy o wzroście stężenia polarnych związków będących produktami neutralizacji kwaśnych związków powstających w procesie termooksydacji oleju silnikowego.



Rys. 3. Zmiana liczby zasadowej w oleju funkcji przebiegu
Fig. 3. A change of the Total Basic Number as a function of work period of the oil

3. Wnioski

1. Wytrzymałość granicznej warstwy smarowej ukonstytuowanej z oleju z eksploatacji spada w początkowym okresie o około 30% w stosunku do oleju świeżego. Następnie rośnie i po 10 000 km przebiegu stabilizuje się na poziomie 33 MPa tj. o około 50% wyższym niż w oleju nie eksploatowanym.
2. Zmiany wytrzymałości granicznej warstwy smarowej są skorelowane ze zmianą koncentracji polarnych produktów utlenienia oleju (widmo IR).
3. Mechanizm zmian wytrzymałości granicznej warstwy smarowej związany jest prawdopodobnie z różnym powinowactwem do chemisorpcji polarnych produktów utlenienia oleju i dodatków funkcyjnych na powierzchni metalu.

Literatura

- [1] 1. Maciąg A., Olszewski W., Jakóbiec J., Badanie wpływu stopnia przepracowania syntetycznego oleju silnikowego na parametry tarcia, Journal of Kones International Combustion Engines. vol 9, No 3-4, 2002, str. 161-168.
- [2] 2. Maciąg A., Olszewski W. Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych i tribologicznych syntetycznego oleju silnikowego w czasie eksploatacji, IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa "BADANIA SYMULACYJNE W TECHNICIE SAMOCHODOWEJ", Kazimierz Dolny 26-28-05-2003, Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN O/Kraków 2003, Zeszyt Nr 26-27, str. 349-356.
- [3] 3. Olszewski W. i in., Badania właściwości tribologicznych olejów silnikowych z eksploatacji w warunkach zmiennych wymuszeń – Etap II, sprawozdanie z pracy statutowej, Politechnika Radomska, 2003.
- [4] Maciąg A., Olszewski W., Proces „docierania” oleju silnikowego w czasie eksploatacji, Tribologia, 3, 2004, str. 265-271