

INVESTIGATIONS OF BOUNDARY FRICTION OF USED MOTOR OIL IN CONDITION OF VARIABLE LOAD

Artur Maciąg

Wiesław Olszewski

Politechnika Radomska

Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn

Aleja Bolesława Chrobrego 45

26-600 RADOM

tel.: +48 (48) 3617666, fax. (48) 3617644

e-mail: artur.maciag@pr.radom.pl

tel.: +48 (48) 3617642, fax. (48) 3617644

e-mail: wieols@wp.pl

Abstract

Conditions of hydrodynamic friction are kept in optimum condition work of motorcar, which provide minimum of frictional resistance and protective frictional elements from wear. During start, switch off the engine and in moment of violently increase load, the conditions of kinematic pairs don't allow to form hydrodynamic lubrication layer. With point of reliability view, it will be useful if realizes in boundary lubrication layer protecting from direct contact metal-metal. There are shown the ranges of boundary friction, mixed and technical dry friction in simulation tribological tests (MT-1 friction machine). Boundary lubricating layers protect friction surfaces from direct contact up to 23MPa. At load 15MPa increase friction resistance (in reaction on it) is threefold lower then in range 15-23MPa. Above 23Mpa it is observed stabilization of the friction resistance.

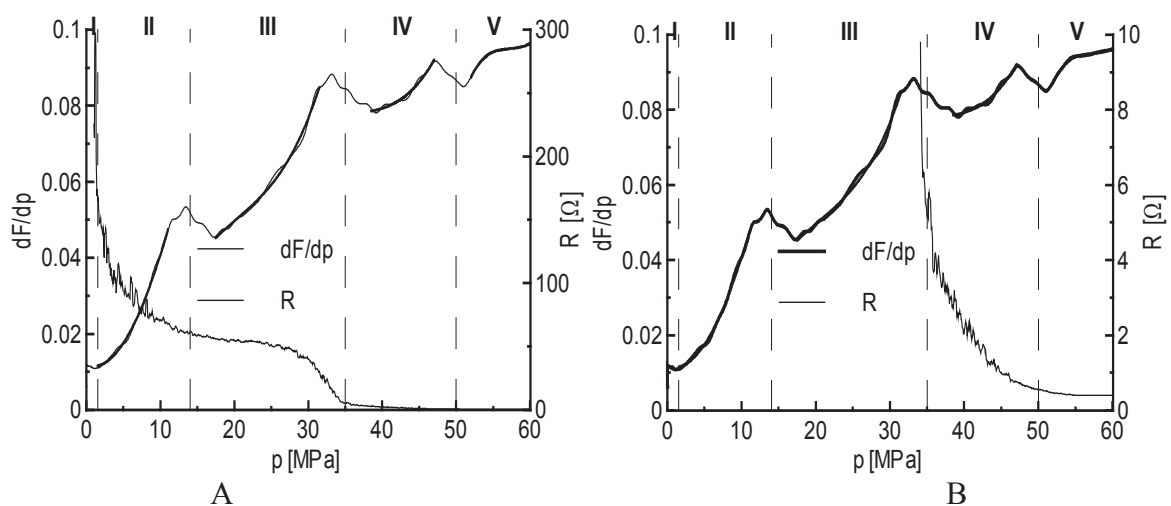
BADANIA TARCIA GRANICZNEGO EKSPLOATOWANEGO OLEJU SILNIKOWEGO W WARUNKACH ZMIENNYCH OBCIĄŻEŃ

1. Wprowadzenie

Z punktu widzenia właściwego funkcjonowania silnika i zapewnienia jego odpowiedniej trwałości oraz niezawodności, olej jest ważnym integralnym elementem konstrukcyjnym silnika. Musi być ściśle do niego dopasowany i do warunków jego pracy od strony technicznych standardów jakości.

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.

Graniczna warstwa smarowa według wielu autorów [1,2] ma strukturę quasikrystaliczną. Niektórzy autorzy używają pojęcia ciekłe kryształy [3,4]. W pracy [5] wykazano, że graniczna warstwa smarowa wykazuje anizotropię własności mechanicznych. W granicznych warstwach smarowych występuje znaczny wzrost koncentracji polarnych związków wchodzących w skład oleju. Wzajemne oddziaływanie tych związków oraz ich orientacja względem siebie i powierzchni metalu ma istotne znaczenie dla własności warstwy granicznej. Przy zmiennym obciążeniu graniczna warstwa smarowa wykazuje różną dynamikę wzrostu oporów tarcia. Rys. 1 przedstawia zmiany dynamiki oporów tarcia wężła kinematycznego maszyny tarciowej MT-1 smarowanego olejem modelowym (2.5% dialkyloditiofosforan cynku w oleju bazowym) przy narastającym obciążeniu (dF/dp określa szybkość reakcji układu (zmiana siły tarcia) na zmianę wymuszenia (wzrost obciążenia). W obszarze „tarcia granicznego” wyraźnie występują dwa zakresy charakteryzujące się różną szybkością reakcji skojarzenia trącego na wzrost obciążenia. Prawdopodobnie jest to spowodowane różnymi mechanizmami tarcia występującymi w tych zakresach, wynikającymi z budowy granicznej warstwy smarowej. Możliwe jest, że w omawianym przypadku budowa GWS jest „dwuwarstwowa”, co przejawia się różną dynamiką zmian siły tarcia. Nie można też wykluczyć „przemiany fazowej” zachodzącej w quasikrystalicznej granicznej warstwie smarowej zachodzącej pod wpływem znacznych ciśnień [6].



Rys. 1. Zmiana rezystancji strefy tarcia i dF/dp w zależności od obciążenia wężła tarcia (olej modelowy)
 Fig. 1. Change of resistance friction zone and dF/dp depending on the loading friction kinematic pair (model oil)

W eksploatowanym oleju silnikowym opory tarcia granicznego maleją prawie trzykrotnie w porównaniu z olejem nie eksploatowanym [7]. Prawdopodobnie związane jest to ze wzrostem koncentracji polarnych produktów utlenienia oleju i ich udziałem w budowie przypowierzchniowych warstw smarowych.

2. Badania tribologiczne

Badania zmian oporów tarcia w warunkach zmiennych obciążeń wykonano na maszynie tarciowej MT-1 wyposażonej w układ umożliwiający płynne narastanie obciążenia wężła kinematycznego w zakresie 0-100 MPa [8].

Badania tribologiczne wykonano na próbce oleju silnikowego LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC eksploatowanego (16 300 km) w silniku (OHC 1.5 dm³) samochodu DAEWOO Nexia zasilanym dwupaliwowo (benzyna bezołowiowa LO-95 i LPG). Samochód

eksploatowano w warunkach jazdy międzymiejskiej z intensywnością około 2 500 km miesięcznie.

Metodykę konstituowania granicznej warstwy smarowej, pomiaru oporów tarcia i wytrzymałości granicznej warstwy smarowej szczegółowo opisano w pracy [9].

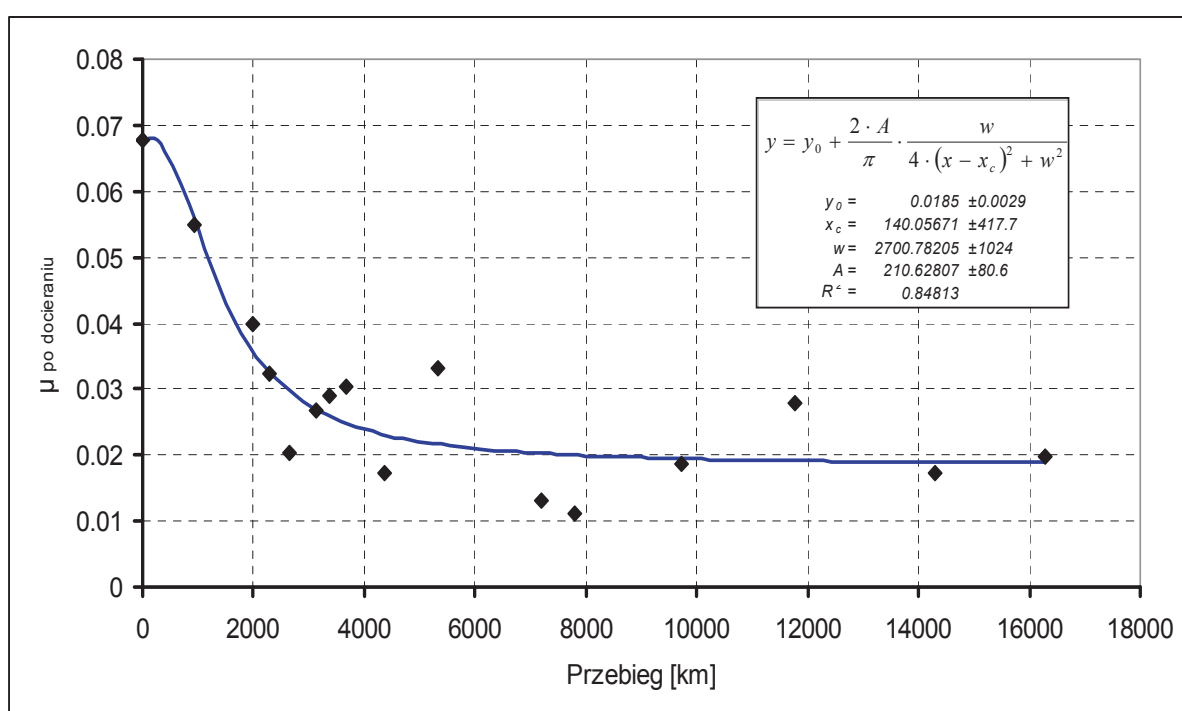
Parametry konstituowania granicznej warstwy smarowej:

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

Ukonstituowaną graniczną warstwę smarową obciążano do 60 MPa. W trakcie pomiaru rejestrowano rezystancję elektryczną strefy tarcia jako wskaźnik ciągłości warstwy smarowej.

Parametry obciążania granicznej warstwy smarowej:

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

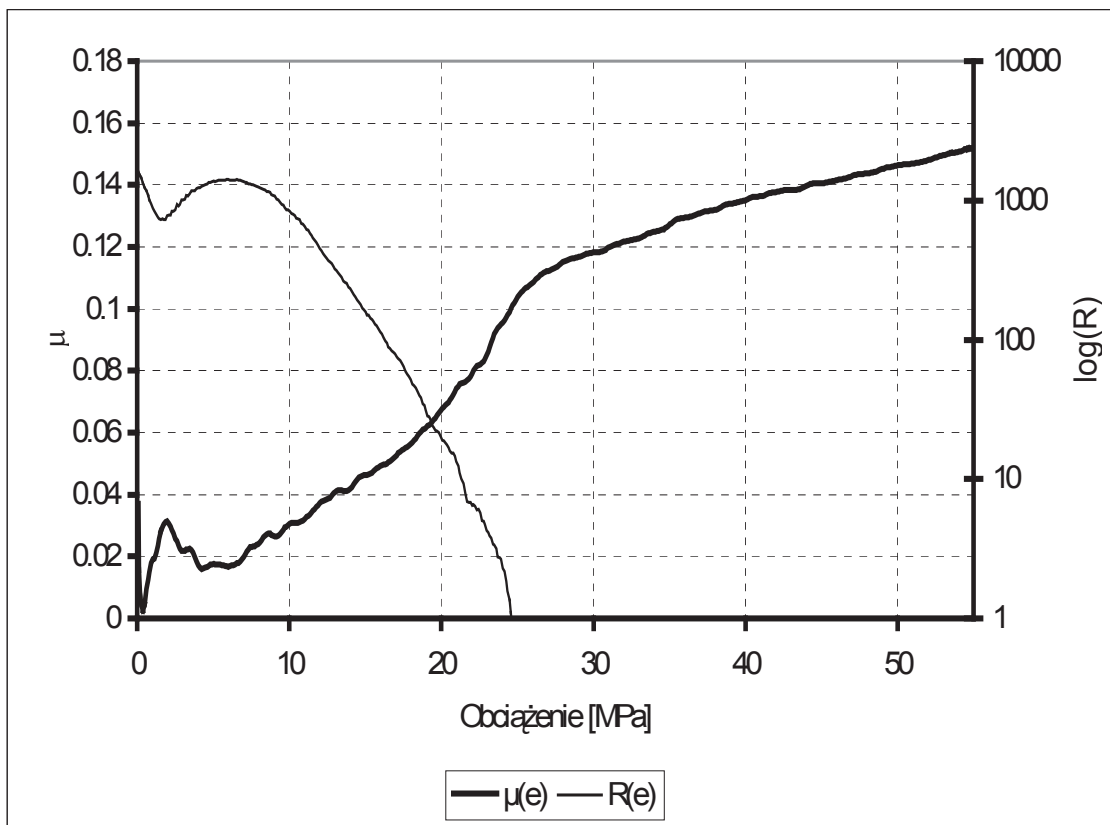


Rys. 2. Zmiana oporów tarcia granicznej warstwy smarowej ukonstituowanej z eksploатовanego oleju LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC w funkcji czasu eksploatacji [7]

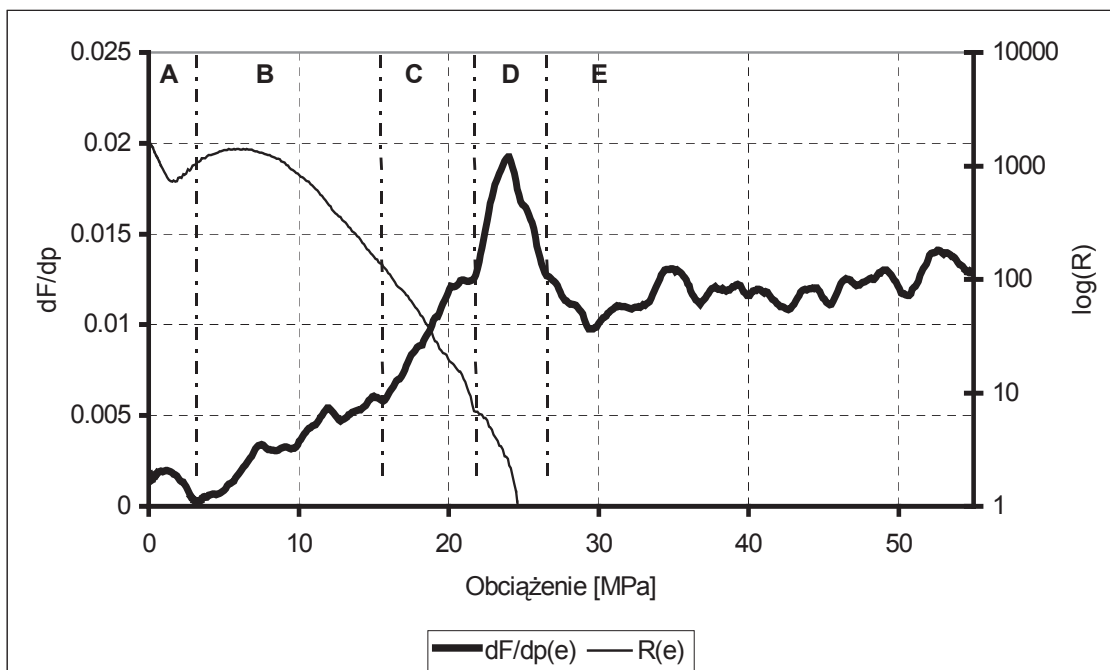
Fig. 2. Change of frictional resistance of boundary lubricating layer formed with used oil LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 as a function of used time

Zależność oporów tarcia (μ) granicznej warstwy smarowej przedstawiono na rys. 3, a dynamikę zmian siły tarcia w funkcji obciążenia (dF/dp) na rys 4.

Przy niskich obciążeniach (do 3 MPa) prawdopodobnie w węzle zachodzi tarcie płynne z rosnącym udziałem tarcia granicznego. W zakresie obciążeń 3-25 MPa obserwuje się gwałtowny wzrost oporów tarcia do $\mu \approx 0,1$, jednak znaczna wartość rezystancji elektrycznej styku tarciovego świadczy o trwałym rozdzieleniu trących powierzchni warstwą środka smarowego. Powyżej obciążenia 25 MPa następuje przerwanie warstwy smarowej ($R=0$). W zakresie tarcia granicznego można wydzielić dwa obszary różniące się znacznie dynamiką zmian oporów tarcia w odpowiedzi na wzrost obciążenia. Obszar B (od 3 do 15 MPa) (na rys. 4) charakteryzujący się stosunkowo słabą dynamiką przyrostu oporów tarcia



Rys. 3. Zmiana oporów tarcia granicznej warstwy smarowej ukształtowanej z eksploатовanego oleju LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC w funkcji obciążenia
 Fig. 3. Change of frictional resistance of boundary lubricating layer formed with used oil LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 EC as a function of loading



Rys. 4. Dynamika zmian siły tarcia w funkcji obciążenia (olej LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 API SJ/CF/EC z eksploatacji)
 Fig. 4. Dynamics change of friction force as a function of loading (used oil LOTOS SYNTETIC SAE 5W/40 EC)

$(dF/dp_{(sr)} = 0,00047*p+0,001)$. Oraz obszar C (od 15 do 23 MPa), w którym dynamika przyrostu oporów tarcia jest prawie trzykrotnie większa ($dF/dp_{(sr)} = 0,0013*p+0,014$). Świadczy to o różnych mechanizmach tarcia w tych zakresach obciążeń. Prawdopodobnie graniczne warstwy smarowe są zbudowane z dwu warstw o odmiennej strukturze.

Obszar D (od 23 do 28 MPa) charakteryzuje się początkowo gwałtownym wzrostem oporów tarcia (choć znaczna rezystancja elektryczna wskazuje na istnienie trwałej warstwy smarowej) i jest to prawdopodobnie obszar działania dodatków EP zawartych w oleju, a następnie przechodzi w obszar E o liniowej zależności oporów tarcia od obciążenia. W tym zakresie opory tarcia zależą praktycznie od wielkości kontaktów metal-metal, natomiast wpływ oleju jest znikomo mały.

3. Wnioski

2. Graniczne warstwy smarowe ukształtowane z oleju eksploатовanego mają prawdopodobnie strukturę dwuwarstwową.
3. Dynamika zmian oporów tarcia w zakresie obciążeń 15-23 MPa jest prawie trzykrotnie większa niż w zakresie obciążeń 3-15 MPa.
4. Powyżej 25 MPa zależność oporów tarcia od obciążenia jest stała. Tarcie realizowane jest w bezpośrednich kontaktach współpracujących powierzchni, a udział środka smarowego jest znikomy.

4. Literatura

- [1] Marczak R., Tribologiczne własności materiałów łożyskowych, Informator WITPiS 1977.
- [2] Барчан Г.Л., Доклады Академии Наук СССР Том 258 № 1.
- [3] Родненков В.Г., Паркалов В.П., Курхинов Б.И., Исследование влияния кристаллов Трение и износ, 17, 1996, стр. 391.
- [4] Janecki J., Tarcie graniczne, ref. Na konferencję Sekcji Podstaw Eksploatacji Maszyn PAN, Warszawa 1971.
- [5] Maciąg A., Anizotropia własności mechanicznych granicznej warstwy smarowej w warunkach tarcia ślizgowego, Tribologia, 3, 2001 str. 323.
- [6] Maciąg A., Badanie "tarcia granicznego" w warunkach zmiennych nacisków w tarcu ślizgowym, Prace Naukowe IkiEM PWr, seria 87, 2002, str. 214-219.
- [7] Maciąg A., Olszewski W., Wpływ czasu eksploatacji oleju silnikowego na wytrzymałość filmu smarowego i opory tarcia, Tribologia, 2, 2002, str. 427-436.
- [8] Maciąg A., Guzik J., Maszyna MT-1 do badania własności tribologicznych ze zmianą nacisku jednostkowego, XXVI Szkoła Tribologiczna, Łódź-Niedzica 16-19.09.2003, str. 33-38.
- [9] Olszewski W., Maciąg A., Janik R., Ocena wpływu czasu eksploatacji na właściwości użytkowe olejów silnikowych, Problemy Eksploatacji 2004, 1 (52), str. 109-119.

