

Andrzej Szymon WALISZEWSKI*, Piotr MICHALAK*

ZMIANY CHARAKTERYSTYK REOLOGICZNYCH SYNTETYCZNYCH OLEJÓW SILNIKOWYCH W EKSPLOATACJI

RHEOLOGICAL CHARACTERISTIC VARIATIONS IN SYNTHETIC ENGINE OILS AFTER EXPLOITATION

Słowa kluczowe:

olej syntetyczny, reologia, silnik, eksploatacja, podobieństwo

Key-words:

synthetic oil, rheology, engine, exploitation, similarity

Streszczenie

Celem pracy było określenie zmian charakterystyk reologicznych dwóch olejów syntetycznych – Castrol SLX 0W/30 Long Tec oraz Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus. Badania zostały przeprowadzone na olejach, które były eksploatowane na dystansie 15 000 km, jak i na olejach świeżych. W pracy podjęto głównie kwestie zmian charakterystyk reologicznych syntetycznych olejów silnikowych należących do różnych klas lepkościowych oraz wpływu temperatury na parametry charakterystyk reolo-

* Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych,
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań.

gicznych. Wykonane zostały pomiary własności reologicznych próbek w temperaturze 22°C oraz temperaturze 40°C. Podczas badań korzystano z lepkościomierza Brookfield DV-II+. Na podstawie uzyskanych wyników wykonano analizę własności reologicznych badanych olejów. Stwierdzono, że nie ma istotnych statystycznie różnic pomiędzy parametrami charakterystyk reologicznych olejów eksploatowanych Castrol SLX 0W/30 Long Tec oraz Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus, natomiast zmiany charakterystyki reologicznej oleju zużytego w stosunku do oleju świeżego są różne dla oleju Castrol SLX 0W/30 Long Tec i Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus.

WPROWADZENIE

Zgodnie z hydrodynamiczną teorią smarowania jednym z warunków uzyskania tarcia płynnego w węzłach tarcia jest dobranie oleju smarowego o odpowiedniej lepkości dynamicznej [L. 1]. Podczas eksploatacji właściwości reologiczne olejów silnikowych zmieniają się jednak, często dość znacznie. Przyczyniają się do tego procesy starzeniowe, takie jak: utlenianie oleju i inne zmiany chemiczne, gromadzenie się zanieczyszczeń stałych i płynnych, ścinanie oleju. W zależności od stopnia nasilenia tych procesów i ich dominacji oleje silnikowe pod koniec okresu ich eksploatacji mogą charakteryzować się większą lub mniejszą wartością lepkości w stosunku do lepkości oleju świeżego [L. 2, 3].

Intensywność wymuszeń eksploatacyjnych zależy z kolei od stanu technicznego silników, warunków, w jakich są one eksploatowane, sposobu ich eksploatacji, w tym kultury technicznej użytkowników.

Przy wyznaczaniu stanów granicznych olejów smarowych, eksploatowanych w silnikach jednego rodzaju lub przy porównywaniu odporności na wymuszenia eksploatacyjne różnych gatunków oleju bardzo ważną sprawą jest więc znajomość zakresu zmian, m.in. ich właściwości reologicznych w ujęciu statystycznym.

Celem prezentowanej tu pracy jest porównanie stopnia zmian charakterystyk reologicznych dwóch gatunków olejów syntetycznych, po zakończeniu ich eksploatacji w silnikach samochodów osobowych marki Toyota.

METODYKA BADAŃ

Do badań wytypowano następujące gatunki syntetycznych olejów silnikowych [L. 4]:

- olej Castrol Formula SLX LongTec SAE 0W/30, produkowany w klasie jakości: API SL/CF, ACEA A3/B3/B4-02 (dalej nazywany olejem SLX),
- olej Castrol TXT Softec Plus 5W/30, produkowany w klasie jakości API SL/CF, ACEA A3/B3/B4 (dalej nazywany olejem TXT).

Próbki olejów świeżych i eksploatowanych w ciągu 15 tysięcy km w silnikach samochodów osobowych marki Toyota zebrano podczas przeglądu pojazdów w jednej ze specjalistycznych stacji ich obsługi. Badaniom poddano 34 próbki oleju SLX oraz 21 próbek oleju TXT. Ze względu na brak informacji o intensywności wymuszeń oddziaływujących w poszczególnych silnikach na badane oleje założono, że rodzaj ich i intensywność były dla obu gatunków olejów statystycznie podobne.

Do sporządzania charakterystyk reologicznych próbek olejów wykorzystano lepkościomierz cyfrowy marki Brookfield DV-II+Pro [L. 5].

Lepkościomierz ten jest wyposażony w sondę temperaturową i podczas badań współpracuje z komputerem. Pomiar jest dokonywany przez wrzeciono w kształcie walca, czyli obracającą się i zanurzoną w badanym płynie końcówkę pomiarową. Wrzeciono sprzężone jest z kalibrowaną sprężyną. Siła oporu, wynikająca z lepkości płynu, hamuje obracającą się wrzeciono i powoduje odkształcenie się sprężyn. Stopień odkształcenia mierzony jest elektronicznie. Po wykonaniu każdego badania następuje wykreślenie krzywych płynięcia.

Zaprogramowano następującą procedurę pomiaru:

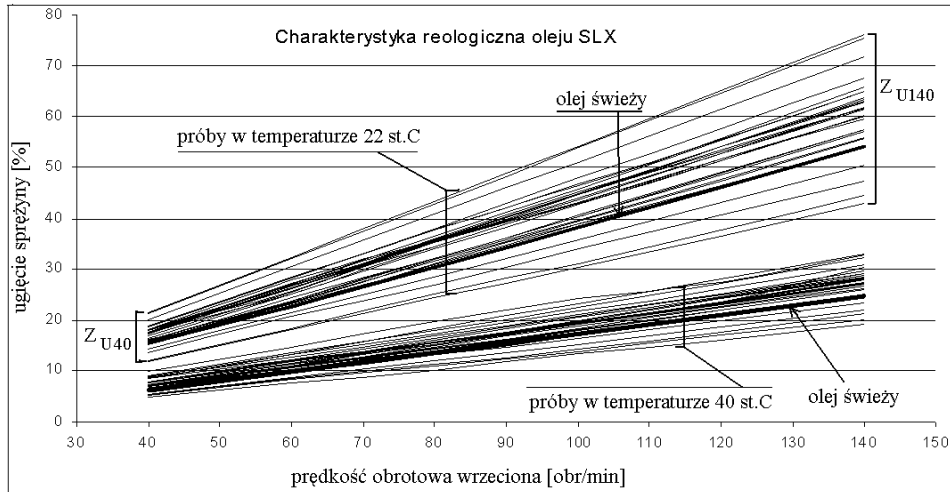
- prędkość obrotowa wrzeciona od 40 do 140 obr./min,
- skok prędkości obrotowej – 20 obr./min,
- liczba prędkości pomiarowych – 6,
- czas trwania pomiaru przy danej prędkości obrotowej – 10 s,
- czas badania jednej próbki – 60 s.

Próby były wykonywane w temperaturach 22°C i 40°C. Wykorzystywany lepkościomierz nie był wyposażony w specjalny termostat ułatwiający pomiary w temperaturach wyższych.

Charakterystykami reologicznymi oleju były linie proste przedstawiające zależność ugięcia sprężyny reowiskozymetru – będącego miarą naprężeń ścinających (shear stress) – od prędkości wrzeciona w obr./min – będącej miarą prędkości ścinania (shear rate).

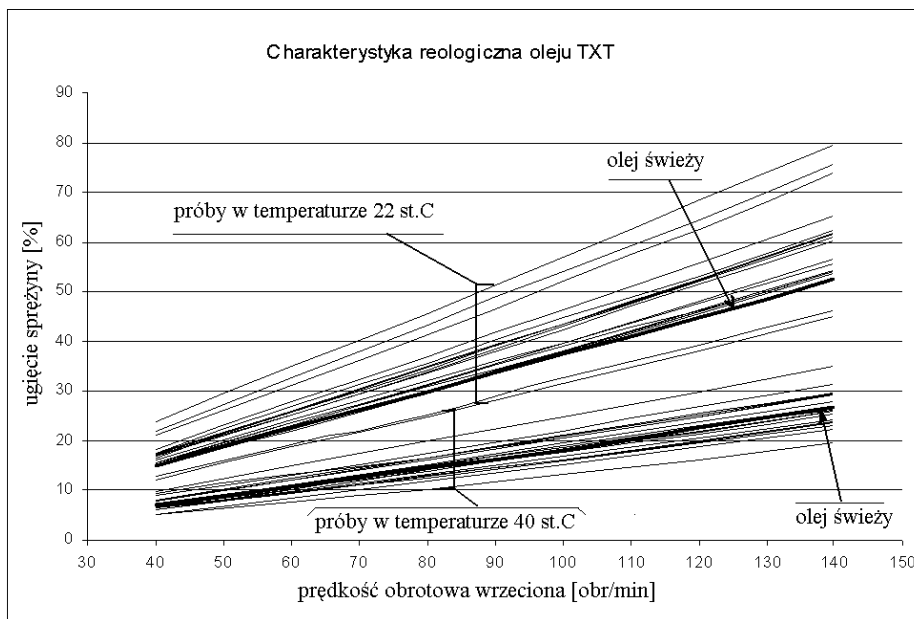
WYNIKI BADAŃ

Charakterystyki reologiczne uzyskane podczas prób dla obu badanych olejów przedstawiono na **Rysunkach 1 i 2**.



Rys. 1. Charakterystyki reologiczne olejów SLX eksploatowanych na dystansie 15000 km oraz oleju świeżego

Fig. 2. Rheological characteristics of oils SLX exploited on the distance of 15 000 km as well as new oil



Rys. 2. Charakterystyki reologiczne olejów TXT eksploatowanych na dystansie 15000 km oraz oleju świeżego

Fig. 2. Rheological characteristics of oils TXT exploited on the distance of 15 000 km as well as new oil

Jak wynika z wykresów przedstawionych na **Rysunkach 1 i 2** stopień nachylenia prostych jest różny. Aby porównać badane oleje pod tym względem, wprowadzono do obliczeń współczynnik rozbieżności charakterystyk oleju W_r , który pozwala na ocenę stopnia rozproszenia charakterystyk w obu badanych olejach.

Przyjęto, że współczynnik W_r będzie ilorazem rozstępów wartości procentowego ugięcia sprężyny dla badanych olejów danego gatunku uzyskanych przy prędkości obrotowej 140 obr./min do takiegoż rozstępu uzyskanego przy prędkości 40 obr./min.

$$W_r = \frac{Z_{U140}}{Z_{U40}} \quad (1)$$

gdzie: Z_U – rozstęp (czyli miara rozrzutu) wartości procentowego ugięcia sprężyny przy danej prędkości obrotowej dla wszystkich charakterystyk reologicznych badanego gatunku oleju:

$$Z_U = U_{s \max} - U_{s \min} \quad (2)$$

gdzie: U_s wyraża wartość procentowego ugięcia sprężyny.

Sposób odczytu wartości Z_U przedstawiono na **Rys. 1**.

Po przeprowadzeniu obliczeń uzyskano następujące wartości współczynnika W_r :

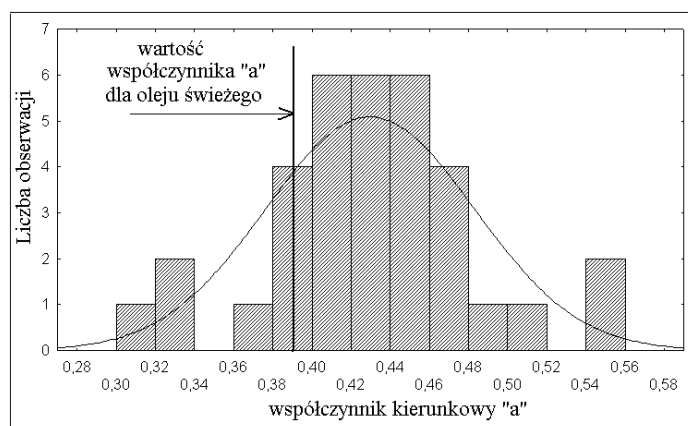
- dla oleju SLX, w temperaturze 22°C, $W_r = 3,3$, a w temperaturze 40°C $W_r = 2,9$
- dla oleju TXT, w temperaturze 22°C, $W_r = 3$, a w temperaturze 40°C $W_r = 3,5$

Można zatem powiedzieć, że rozbieżność charakterystyk oleju uzyskanych w temperaturze 22°C jest większa dla oleju SLX, natomiast dla charakterystyk uzyskanych w temperaturze 40°C większą rozbieżność obserwuje się dla oleju TXT.

Przy założeniu statystycznie podobnych wymuszeń eksploatacyjnych, większa rozbieżność charakterystyk świadczyć może o mniejszej odporności oleju na te wymuszenia. Należy jednak zauważyć, że zmiany badanego współczynnika nie są zbyt duże i należy uznać, iż badane oleje pod tym względem zachowują się podobnie.

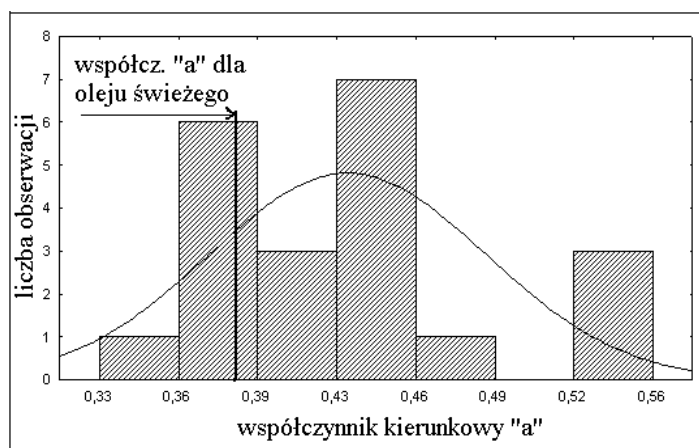
Analizując położenie poszczególnych charakterystyk badanych próbek olejów w stosunku do charakterystyki oleju świeżego (**Rys. 1 i 2**), stwierdzić można, że większość ich znajduje się nad charakterystyką oleju świeżego, a zatem dominującym trendem jest tu wzrost lepkości olejów. Uzyskane tu charakterystyki są liniami prostymi i w związku z tym wyznaczono ich równania typu $y = a x + b$. Współczynnik kierunkowy „a” informuje o stopniu nachylenia charakterystyki w stosunku do osi x.

Na **Rys. 3 i 4** przedstawiono przykłady rozkładów statystycznych współczynników „a” dla charakterystyk uzyskanych dla olejów SLX oraz TXT badanych w temperaturze 22°C.



Rys. 3. Wykres rozkładu parametru „a” dla oleju SLX i temperatury 22°C

Fig. 3. Statistical distribution of parameter “a” for SLX oil and temperature 22°C



Rys. 4. Wykres rozkładu parametru „a” dla oleju TXT i temperatury 22°C

Fig. 4. Statistical distribution of parameter “a” for TXT oil and temperature 22°C

Można stwierdzić, że w obu przypadkach, dla większości próbek, współczynniki kierunkowe charakterystyk reologicznych są większe niż dla oleju świeżego. Podobna sytuacja miała miejsce dla próbek oleju SLX badanych w temperaturze 40°C. Natomiast w przypadku próbek oleju TXT, badanych w temperaturze 40°C, liczba próbek wykazujących większy współczynnik kierunkowy od współczynnika dla oleju świeżego była w przybliżeniu równa liczbie próbek, dla których współczynnik ten był mniejszy.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów własności reologicznych próbek olejów Castrol SLX 0W/30 Long Tec oraz Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus, eksploatowanych w samochodach marki Toyota i ich analizy sformułowano następujące wnioski:

- zmiany charakterystyk reologicznych olejów zużytych w stosunku do odpowiadających im charakterystyk olejów świeżych są różne dla oleju Castrol SLX 0W/30 Long Tec i oleju Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus,
- nie ma jednak istotnych różnic pomiędzy parametrami charakterystyk reologicznych obu eksploatowanych olejów Castrol SLX 0W/30 Long Tec oraz Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus, co świadczyć może o wzroście podobieństwa tych olejów pod koniec ich eksploatacji, w wyniku podobnego nagromadzenia się produktów starzenia i wy-czerpania się dodatków uszlachetniających,
- większość charakterystyk badanych próbek obu gatunków olejów znajduje się nad charakterystyką oleju świeżego, a zatem dominującym trendem jest tu wzrost lepkości olejów w toku ich eksploatacji.

LITERATURA

1. Lawrowski Z.: Tribologia – tarcie, zużywanie i smarowanie, PWN. Warszawa 1993.
2. Baczewski K.: Studyjne i eksperymentalne badania wpływu lepkości oleju na proces smarowania łożysk ślizgowych silników spalinowych, Tribologia: tarcie, zużycie, smarowanie, nr 2, 2005, s. 109–124.
3. Zieliński J., Gołębiowski T.: Badania właściwości reologicznych olejów do silników samochodowych środków transportu – stan aktualny i nowe propozycje, Logistyka, nr 4, 2008.
4. <http://www.castrol.com>
5. More solutions to sticky problems. Instrukcja obsługi firmy BROOKFIELD.

Recenzent:
Andrzej KULCZYCKI

Summary

The aim of this thesis was to determine the changes of rheological characteristics of two synthetic oils - Castrol SLX 0W/30 Long Tec and Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus. Research was performed on oils exploited for the distance of 15 000 km as well as new ones. The main issues explained in this thesis concerned the changes of rheological characteristics of synthetic oils grouped into different viscosity classes and the impact of temperature on rheological parameters. The rheological characteristics of samples were analysed at 22°C and 40°C. The viscometer Brookfield DV-II+ was used during research. Analysis of rheological characteristics was based on obtained results. It was noticed that, after the exploitation period, statistical differences of rheological parameters between analysed synthetic oils Castrol SLX 0W/30 Long Tec and Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus were not essential; nevertheless, the differences in rheological parameters between exploited and unused synthetic oils were different for Castrol SLX 0W/30 Long Tec and Castrol TXT 5W/30 Softtec Plus.