

Alicja LABER*

**SKUTKI EKSPLOATACYJNE SMAROWANIA
SILNIKA SPALINOWEGO PREPARATEM
EKSPLOATACYJNYM O DZIAŁANIU
CHEMICZNYM**

**THE EXPLOITATION EFFECTS ON A COMBUSTION
ENGINE LUBRICATION WITH THE ACTION
PREPARATION ABOUT THE CHEMICAL ACTION**

Słowa kluczowe:

smarowanie, własności smarne, modyfikacja, lepkość kinematyczna, liczba zasadowa, zawartość żelaza

Key words:

lubrication, lubricant properties, modification, kinematic viscosity, a base number, contents of iron

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań zmian w procesie eksploatacji własności oleju silnikowego CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfiko-

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn, ul. Prof. Z. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra.

wanego preparatem eksploatacyjnym o działaniu chemicznym Motor Life Professional. Badania obejmowały zmiany własności smarnych, lepkość kinematyczną, liczbę zasadową oraz zawartość żelaza w oleju, jak również parametry techniczne silnika; ciśnienie w cylindrach, pobór prądu oraz zadymienie spalin po przebiegu autobusu 20 000 km.

WPROWADZENIE

Oleje silnikowe są środkami smarowymi, których głównym zadaniem jest zmniejszenie oporów tarcia i zużycia węzłów tarcia występujących w silnikach spalinowych.

W eksploatacji silników wysokoprężnych w chwili obecnej powszechnie stosowane są oleje mineralne otrzymywane z ropy naftowej (około 90%). Stosowane są także oleje syntetyczne, które eksploatuje się tam, gdzie oleje mineralne nie są w stanie spełnić stawianych im wymagań.

Olej stosowany do smarowania tłokowych silników spalinowych powinien spełniać następujące funkcje [L. 1]:

- zmniejszać opory tarcia między współpracującymi elementami, tworząc między nimi odpowiednio trwałą warstwę smarującą niedopuszczającą do tarcia suchego;
- zmniejszać do minimum straty mocy silnika (nie stwarzać nadmiernych oporów hydraulicznych w czasie przetłaczania oleju);
- uszczelniać luzy w smarowanych skojarzeniach – chłodzić elementy o wysokiej temperaturze;
- amortyzować dynamiczne obciążenie elementów silnika – oczyszczać części silnika z osadów i produktów zużycia;
- zabezpieczać smarowane elementy przed korozyjnym działaniem gazów spalinowych i otaczającej atmosfery.

Na olej pracujący w silnikach oddziałują wymuszenia termiczne, mechaniczne i chemiczne. Aby olej spełniał dobrze swoje funkcje, musi charakteryzować się zespołem własności, determinujących jego przydatność w eksploatacji silników. Z punktu wymagań eksploatacyjnych są istotne następujące cechy jakościowe olejów silnikowych określone w warunkach laboratoryjnych: lepkość oleju przy ujemnych i dodatnich wartościach temperatury oraz wskaźnik lepkości, wytrzymałość filmu olejowego na zmieniające się naciski – smarność (trwałość warstwy granicznej), odporność na utlenianie, odporność na destrukcję mechaniczną,

właściwości antykorozyjne, właściwości dyspersyjno-myjące, przeciwpienne i inne.

Spełnienie przez olej tych funkcji uzyskuje się poprzez „blending” olejów bazowych dodatkami uszlachetniającymi. Jednak istnieją przypadki warunków pracy silników spalinowych, w których najlepszy olej nie jest w stanie zapewnić optymalnych warunków pracy, a zwłaszcza dobrych własności smarnych, np. nadmierne zużycie elementów trących skojarzenia cylinder–tłok/pierścienie w silniku. Aby poprawić w tym przypadku warunki smarowania, w ostatnich kilkunastu latach wiele firm zagranicznych zaczęło produkować tzw. dodatki eksploatacyjne, które za pośrednictwem oleju handlowego (z pełnym pakietem dodatków uszlachetniających olej) wprowadzane są do węzłów tarcia na etapie eksploatacji, celem poprawienia ich warunków pracy. Uwzględniając mechanizm działania tych preparatów, można je podzielić na trzy zasadnicze grupy, preparaty eksploatacyjne (PE) [L. 3]:

- I – preparaty o działaniu chemicznym;
- II – preparaty zawierające w swym składzie cząstki środków smarnych stałych, takich jak np. teflon, metale miękkie (miedzi, ołów, cynk, srebro i inne), grafit, dwusiarczek molibdenu i inne;
- III – preparaty umożliwiające powstanie w węzle tarcia smarowania na zasadzie tzw. selektywnego przenoszenia, tzw. efekt Garkunowa.

W Zakładzie Obróbki Ubytkowej i Technologii Eksploatacji Maszyn Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Zielonogórskiego od wielu lat prowadzone są badania nad skutecznością działania tych preparatów. Badania potwierdziły celowość stosowania preparatów eksploatacyjnych, o czym świadczą wyniki badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych zamieszczone w niniejszej publikacji.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było ustalenie wpływu PE o działaniu chemicznym – Motor Life Professional (MLP) na:

- własności smarne oleju określone wskaźnikami: obciążenie zespawania P_z , wskaźnik zużycia pod obciążeniem I_h , obciążenie niezacierające P_n oraz obciążenie zacierające P_t – wyznaczone za pomocą aparatu 4-kulowego (tester T-02 produkcji ITeE w Radomiu); badania obejmowały olej handlowy oraz przepracowany po 20 000 km eksplo-

atacji, co odpowiada okresowi wymiany oleju autobusów z silnikiem SW680;

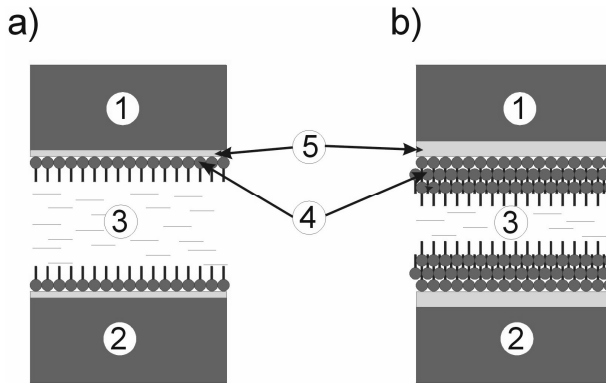
- zmianę lepkości kinematycznej i liczby zasadowej oraz zawartość żelaza w oleju po procesie eksploatacji (po wymianie oleju).

W trakcie badań eksploatacyjnych równoległe z diagnozowaniem stanu oleju kontrolowano ciśnienie w cylindrach, prąd rozruchu oraz zadymienie spalin.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

PE o działaniu chemicznym (MLP) charakteryzuje się dużym ciężarem cząsteczkowym, wysoką stabilnością chemiczną i termiczną. Nośnikiem wprowadzającym PE MLP są różnego rodzaju oleje (syntetyczne i mineralne) szeroko stosowane, jak również specjalistyczne, a łatwość rozpuszczania preparatu umożliwia mu swobodny dostęp do powierzchni metali współpracujących.

Model węzła tarcia smarowanego środkiem smarowym handlowym i handlowym modyfikowanym PE MLP przedstawiono na **Rys. 1**.



Rys. 1. Model węzła tarcia smarowanego: a) środkiem smarowym handlowym, b) środkiem smarowym handlowym wzbogaconym preparatem eksploatacyjnym o działaniu chemicznym; 1, 2 – elementy trące, 3 – środek smarowy, 4 – warstwa graniczna utworzona w wyniku sorpcji fizycznej, 5 – warstwa graniczna utworzona w wyniku chemisorpcji

Fig. 1. Model of node friction lubricated: a) lubricating means trade b) the means of commercial lubricating enriched with the chemical effect operationally, 1, 2 – Rubbing elements, 3 – lubricating agent, 4 – boundary layer formed as a result of physical sorption, 5 – boundary layer formed as a result of chemisorption

Wyniki badań własności smarnych oleju silnikowego handlowego CE SF SAE 15W/40 modyfikowanego PE MLP w zakresie przebiegu autobusu do około 20 000 km przedstawiono w **Tab. 1**

Wyniki badań wykazały, że modyfikowanie oleju handlowego CE SF SAE 15W/40 PE MLP poprawiło wszystkie wskaźniki własności smarnych. W procesie eksploatacji autobusu z olejem handlowym wzrosło obciążenie zespawania Pz z 315÷400 daN, obniżyła się wartość obciążenia zacierającego Pt z 211,11÷134 daN. W przypadku eksploatacji silnika smarowanego olejem modyfikowanym również pogorszyły się własności smarne, lecz są one bardziej korzystne niż własności smarne oleju handlowego po eksploatacji 20 000 km.

Tabela 1. Własności smarne oleju silnikowego handlowego CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanego PE MLP i po przebiegu autobusów około 20 000 km

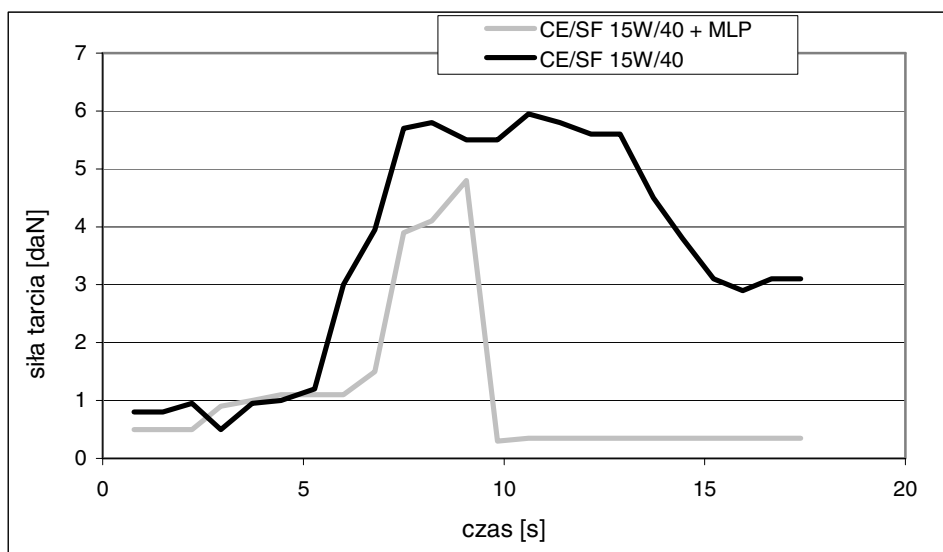
Table 1. Lubricating properties of engine oil CE/SF SAE 15W/40 and modified MLP and the buses run approximately 20 000 km

Rodzaj środka smarowego	Własności smarne [daN]			
	Pz	Pn	Ih	Pt
CE/SF SAE 15W/40	315	80	43,18	211,11
CE/SF SAE 15W/40 + PE M	500	100	52,20	251,56
CE/SF SAE 15W/40 po 20 000 km	400	63	35,66	134
CE/SF SAE 15W/40 + PE M po 20 000 km	500	80	46,32	148,64

Na **Rys. 2 i 3** przedstawiono przebieg zmienności siły tarcia dla narastającego obciążenia 408,8 N/s wężła tarcia smarowanego badanymi kompozycjami smarnymi przed i po procesie eksploatacji. Z rysunków wynika, że modyfikowanie badanego oleju handlowego PE MLP poprawiło trwałość warstwy granicznej oraz warunki smarowania, o czym świadczy czas przzerwania warstwy granicznej oraz wartość siły tarcia przy narastającym obciążeniu. O poprawie własności smarnych świadczą również średnice skaz będące efektem zużycia kulek w funkcji kolejno zadawanych obciążeń wężła tarcia – **Rys. 4**. W **Tab. 2 i 3** przedstawiono

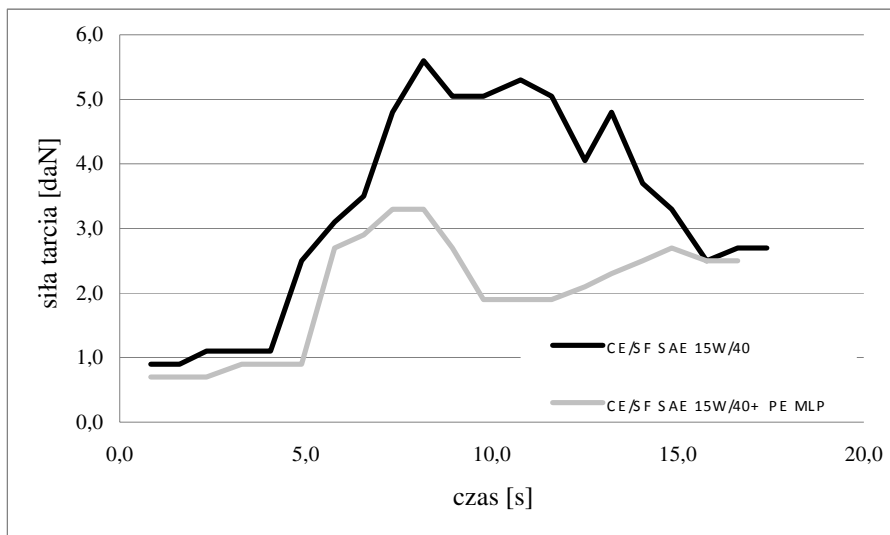
wybrane własności fizykochemiczne oleju handlowego oraz modyfikowanego PE MLP przed i po procesie eksploatacji. Dla wszystkich badanych kompozycji smarowych wraz z przebiegiem autobusów zmienia się zarówno lepkość kinematyczna, jak i liczba zasadowa. Modyfikowanie oleju handlowego zastosowanym PE korzystnie wpłynęło na obniżenie zawartości żelaza w oleju o około 44,6% – **Tab. 3**, co świadczy o zmniejszeniu zużycia elementów trących silnika. Na **Rys. 5 i 6** przedstawiono stopień zanieczyszczenie badanego oleju po różnych przebiegach autobusu.

Potwierdzeniem korzystnego wpływu modyfikowania oleju silnikowego CE/ SF SAE 15W/40 PE MLP są przebiegi siły tarcia przy narastającym obciążeniu 408,8 N/s, dla oleju handlowego i handlowego modyfikowanego oraz dla tych samych kompozycji smarowych po przebiegu około 20 000 km.



Rys. 2. Przebieg zmienności siły tarcia dla narastającego obciążenia 408,8 N/s węzła tarcia smarowanego olejem handlowym CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanym PE MLP

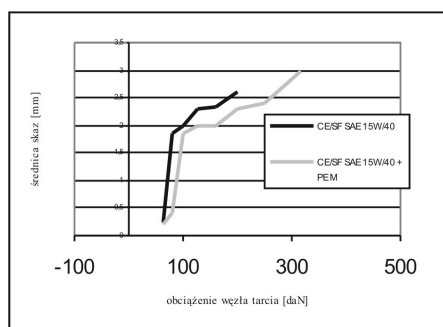
Fig. 2. The course of changeability of strength friction of for growing burden 408.8 N/s of knot of friction lubricated with the oil trade CE/SF SAE 15W/40 as well as modified PE MLP



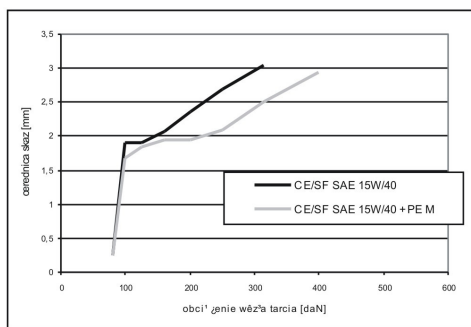
Rys. 3. Przebieg zmienności siły tarcia dla zmiennego (narastającego) obciążenia 408,8 N/s węzła tarcia smarowanego środkiem smarowym olejem handlowym CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanego preparatami eksploatacyjnymi MLP po eksploatacji autobusów około 20 000 km

Fig. 3. The course of changeability of strength of friction for changing (growing) the burden 408.8 N/s of knot of friction lubricated with the centre of the lubricative oil trade CE/SF SAE 15W/40 as well as modified the preparations exploational MLP after exploitation of buses about 20 000 km

a)



b)



Rys. 4. Średnice skaz na kulkach po badaniach własności smarnych środka smarowego oleju handlowego CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanego PE MLP; a) handlowego, b) modyfikowanego po przebiegu 20 000 km

Fig. 4. The diameters of flaws on balls after investigations of lubricated properties of trade oil CE/SF SAE 15W/40 as well as modified PE MLP; a) trade, b) modified after course 20 000 km

Tabela 2. Lepkość kinematyczna środka smarowego handlowego CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanego PE MLP po eksploatacji autobusów około 20 000 km

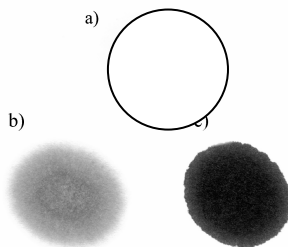
Table 2. Kinematic viscosity lubricant trade oil CE/SF SAE 15W/40 as well as modified PE MLP after exploitation of buses about 20 000 km

Rodzaj środka smarowego	Lepkość kinematyczna [mm^2/s]							
	40°C				100°C			
	Przebieg autobusu [km]				Przebieg autobusu [km]			
	0	500	10000	20000	0	500	10000	20000
CE/SF SAE 15W/40	106,3	99,31	89,74	89,40	14,79	13,92	12,45	12,35
CE/SF SAE 15W/40 + PE M	105,5	91,15	89,90	89,90	14,52	13,90	12,71	12,48

Tabela 3. Wybrane własności fizykochemiczne środka smarowego handlowego CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanego PE MLP po eksploatacji autobusów około 20 000 km

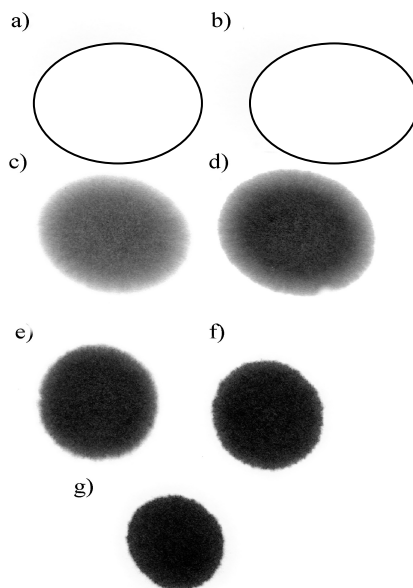
Table 3. Chosen the properties the physics-chemical the lubricative centre the trade CE/SF SAE 15W/40 as well as modified PE MLP after exploitation of buses about 20 000 km

Rodzaj środka smarowego	Liczba zasadowa [mg KOH/g]				Zawartość żelaza [ppm]		
	Przebieg autobusu [km]				Przebieg autobusu [km]		
	0	500	10000	20000	500	10 000	20 000
CE/SF SAE 15W/40	12,73	11,08	11,81	10,63	16	34	56
CE/SF SAE 15W/40 + PE MLP	12,50	11,01	10,98	10,75	17	27	31



Rys. 5. Wyniki badań testu bibułowego: a) dla oleju handlowego CE/SF SAE 15W/40: a) modyfikowanego PE, MLP, b) po 0,5 h pracy silnika, c) po eksploatacji 20 000 km

Fig. 5. Results of investigations of blotting test: a) for oil trade CE/SF SAE 15W/40: modified PE, MLP, b) after 0.5 h of work of engine, c) after exploitation 20 000 km



Rys. 6. Wyniki badań testu bibułowego dla oleju handlowego CE/SF SAE 15W/40 modyfikowanego PE MLP: a) oleju handlowego przed eksploatacją, b) handlowego z PE MLP przed eksploatacją; po eksploatacji, c) 470 km, d) 5 348 km, e) 11 000 km, f) 15 000 km, g) 20 000 km

Fig. 6. Results of investigations of blotting test for oil the trade CE/SF SAE 15W/40 modified PE MLP: trade oil before exploitation, b) trade from PE MLP before exploitation; after exploitation, c) 470 km, d) 5348 km, e) 11 000 km, f) 15 000 km, g) 20 000 km

Tabela 4. Wyniki pomiarów parametrów technicznych silnika SW-680 po eksploatacji około 220 000 km smarowanego olejem handlowym CE/SF SAE 15W/40

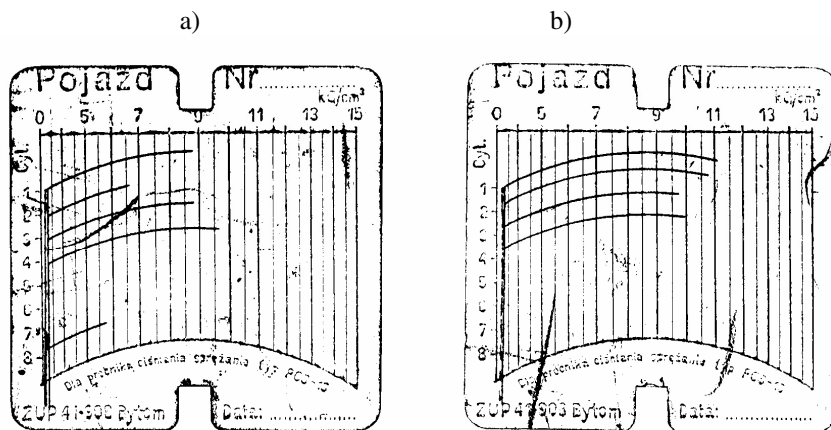
Table 4. The results of measurements of technical parameters of engine SW-680 after exploitation about 220 000 km lubricated the oil trade CE/SF SAE 15W/40

Parametry	Przebieg autobusu [km]											
	stan zero						20 000 km					
Ciśnienie sprężania [at]	1 21,5	2 21	3 19,5	4 20,0	5 21	6 21,5	1 21,0	2 19,5	3 19,5	4 20,0	5 21,0	6 21,0
Prąd rozruchu [A]	220						220					
Zadym. spalin [K]	4,60						4,65					

Tabela 5. Wyniki pomiarów parametrów technicznych silnika SW-680 po eksploatacji około 220 000 km, smarowanego olejem handlowym CE/SF SAE 15W/ 40 modyfikowanym PE MLP

Table 5. The results of measurements of technical parameters engine SW-680 after exploitation about 220 000 km, lubricated oil trade CE/SF SAE 15W/40 modified PE MLP

Parametry	Przebieg autobusu [km]											
	stan zero						20 000 km					
Ciśnienie sprężania [at]	1 22,0	2 22,0	3 21,0	4 22,0	5 21,0	6 22,0	1 23,0	2 24,0	3 23,5	4 25,0	5 23,5	6 23,5
Prąd rozruchu [A]	240						220					
Zadym. spalin [K]	4,5						4,2					



Rys. 7. Wyniki pomiarów ciśnienia sprężania w silniku samochodu Nysa smarowanego środkiem smarowym: a) olejem handlowym CE/SF SAE 15W/40, b) modyfikowanym PE MLP

Fig. 7. Lubricated the results of measurements of pressure compression in engine of car the Neisse the lubricative centre: and) oil trade CE/SF SAE 15W/40, b) modified PE MLP

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki badań wskazują na to, że modyfikowanie warunków smarowania silników spalinowych preparatem eksploatacyjnym Motor Life Profesional polepsza warunki smarowania węzłów tarcia oraz parametry eksploatacyjne silnika, o czym świadczy zwiększenie trwałości warstwy granicznej, polepszenie własności smarnych oleju w trakcie eksploatacji, mniejszy prąd rozruchu, mniejsze zużycie par trących (mniejsza zawartość żelaza w oleju). Przedstawione wyniki badań oraz szersze badania z tego zakresu [L. 2] są podstawą do stwierdzenia, że zwiększy się trwałość i niezawodność działania silnika przy znacznym obniżeniu głośności jego pracy oraz zwiększy się trwałość oleju, a tym samym czas jego wymiany.

LITERATURA

1. Badania oleju silnikowego CE/SF SAE 15W/40 produkcji RN Jedlicze w czasie obserwowanej eksploatacji w autobusach PPKS w Zielonej Górze – Centralne Laboratorium Naftowe. Sprawozdanie 1092/96. Warszawa 1996.

2. Laber St., Laber A.: Badania wdrożeniowe nowej technologii smarowania silników spalinowych opartej na wykorzystaniu niekonwencjonalnych dodatków smarnych. Sprawozdanie – Centrum Naukowo-Produkcyjno-Handlowe LASTA-POL. Zielona Góra 1988.
3. Laber St., Laber A.: Niekonwencjonalne dodatki smarne. Tribologia 6/99 (168).
4. Laber St. Laber A.: Badania w zakresie nowej technologii wymiany oleju w silnikach spalinowych. Tribologia 6/99 (168).
5. Marczak R., Warstwa wierzchnia. Współczesny stan wiedzy i kierunki przyszłych badań. Tribologia 3/2002.
6. Morizur M.F., Briant J., Electric phenomena associated with boundary lubricated friction. Proc. 5th Int. Congress on Tribology, Helsinki 1989.
7. Ozimina D., Scholl H., Błaszczuk T.: Modelowe badania procesów tworzenia warstw granicznych na stali łożyskowej ŁH15. Tribologia 4/96.
8. Polzer G., Meissner F.: Grundlagen zu Reibung und Verschleis. Interdruk, eipzig 1982.
9. PN-76/C-04147 Badanie własności smarnych olejów i smarów.

Recenzent:
Ryszard MARCZAK

Summary

There are research results about changes of some properties of an engine oil CE/SF SAE 15W/40 in using and modified one by low-friction oil preparation Motor Life Profesional. Researches were about changes of some chosen lubricant properties, kinematic viscosity, a base number, contents of iron and pressure in cylinder.

Research showed that using low-friction preparation Motor Life Profesional is very useful.