

Alicja LABER*, Stanisław LABER*

**WSPÓŁODDZIAŁYWANIE DODATKÓW
TECHNOLOGICZNYCH ZAWARTYCH
W OLEJACH HANDLOWYCH Z PREPARATEM
EKSPLOATACYJNYM O DZIAŁANIU
CHEMICZNYM**

**CO-OPERATION OF TECHNOLOGICAL ADDITIVES IN
TRADE OILS WITH THE EXPLOATIONAL
PREPARATION ABOUT THE CHEMICAL ACTION**

Słowa kluczowe:

własności smarne, warstwa graniczna, lepkość kinematyczna, preparaty eksploatacyjne, zużycie

Key words:

tribological properties, eksploational preparation, boundary layer, surface layer

* Uniwersytet Zielonogórski – Zakład Obróbki Ubytkowej i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny, 65-000 Zielona Góra, ul. Z. Szafrana 4.

Streszczenie

W publikacji przedstawiono wyniki badań wpływu preparatu eksploatacyjnego (PE) o działaniu chemicznym Motor Life Profesional na własności smarne dwóch środków smarowych handlowych, tj. oleju silnikowego Elf Evolution SXR 5W30 oraz Elf Excellium LDX 5W40. Środki smarowe handlowe poddano modyfikacji preparatem eksploatacyjnym o działaniu chemicznym Motor Life Profesional (MLP). Wykazano, że lepkość środka smarowego ma wpływ na własności smarne. Preparat eksploatacyjny Motor Life Profesional polepsza własności smarne badanych środków smarowych.

WPROWADZENIE

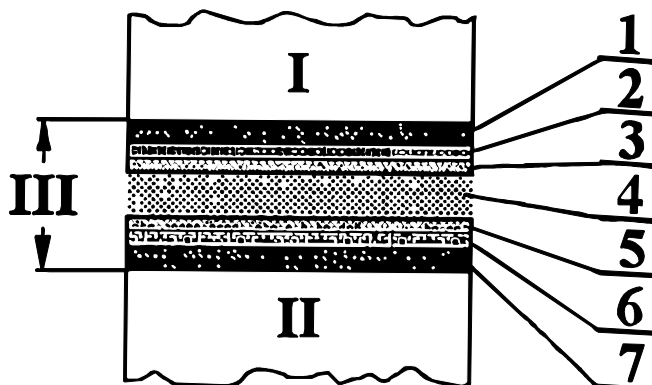
Warunki pracy węzłów tarcia zależą między innymi od środka smarowego, który powinien zapewniać małe opory ruchu przemieszczających się względem siebie powierzchni trących oraz jak najmniejsze ich zużycie. Aby były spełnione te warunki, środek smarowy powinien charakteryzować się odpowiednią lepkością oraz dobrymi własnościami smarnymi, które decydują o jakości warstwy granicznej utworzonej na powierzchniach trących. Warstwa ta powinna charakteryzować się dużą zdolnością do przenoszenia większych obciążeń dynamicznych i temperaturowych oraz odpornością na przerywanie [L. 1].

Lepkość jest jedną z ważniejszych własności fizykochemicznych środków smarowych. Olej o dużej lepkości wprowadzony do węzła tarcia utrudnia jego wypływ, zabezpieczając tym samym węzeł tarcia przed zatarciem. Jednocześnie duża lepkość oleju powoduje zwiększenie strat mocy pracującego urządzenia. Przy doborze oleju należy uwzględnić dwa najważniejsze czynniki; mianowicie zapewnienie trwałej warstwy środka smarowego oraz dążenie do możliwie małych oporów tarcia skojarzenia trącego. Dlatego przy doborze lepkości olejów do węzła tarcia należy wziąć pod uwagę to, w jakich warunkach urządzenie będzie pracowało, a więc temperaturę, prędkość liniową i obrotową, a także obciążenie i jego zmiany w czasie.

Im wyższa temperatura i im wyższe obciążenie smarowanych skojarzeń, tym olej powinien mieć większą lepkość. Natomiast im większa prędkość liniowa, tym mniejszą lepkość, ponieważ przy dużej prędkości o wiele łatwiejsze jest utworzenie klina smarowego, a duża lepkość powoduje niepotrzebne straty mocy [L. 1].

Dobra lepkość oleju powinna zmieniać się nieznacznie wraz ze zmianami temperatury pracującego urządzenia. Wraz ze zmniejszeniem lepkości zazwyczaj obniża się również ciśnienie w układzie smarowania, co może powodować niedostateczny dopływ środka smarnego do obszarów tarcia powodując zatarcie.

W momencie braku środka smarnego między współpracującymi elementami występuje tarcie graniczne, elementy wtedy są oddzielone jedynie kilkumikronową warstwą środka smarnego, która zapobiega tarcia suchemu. Podczas tarcia w ekstremalnych warunkach pracy na powierzchniach trących dzięki wprowadzeniu do olejów handlowych aktywnych związków chemicznych w wyniku chemisorpcji tworzy się warstwa graniczna – **Rys. 1**.



Rys. 1. Makroskopowy model pary tarczej: I, II – materiały konstrukcyjne, III – „ciało” pośredniczące: 1, 7 – strefa związków chemicznych (np. tlenków), 2, 6 – monomolekularna strefa związków chemisorbowanych, 3, 5 – wielomolekularna strefa sorbowana fizycznie, 4 – strefa dynamiczna (olej) [L. 6]

Fig. 1. The macroscopic model of friction pair: I, II – constructionals materials, III – intermediary body: 1, 7 – zone of chemical relationships, 2, 6 – the monomolecular zone chemical adsorption, 3, 5 – high-molecular zone fizycal adsorption, 4 – dynamical zone (oil) [L. 6]

Własności smarne środków smarowych można poprawić dzięki dodaniu do nich związków powierzchniowo czynnych o budowie polarnej. Najskuteczniejszymi dodatkami są związki fosforu, chloru oraz siarki. Już kilkuprocentowe dodatki smarnościowe pozwalają na zwiększenie odporności na zużycie nawet kilkanaście razy. Mając na uwadze ciężkie

warunki pracy, własności smarne olejów handlowych, można poprawić przez stosowanie – dodawanie na etapie eksploatacji preparatów eksploatacyjnych (PE). Badania [L. 3, 4, 5] wykazały, że modyfikowania olejów handlowych PE polepszają trwałość warstwy smarowej oraz przeciwzużyciowe i przeciwzatarciowe działanie środków smarowych.

METODYKA I CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁÓW PRZYJĘTYCH DO BADAŃ

Do przeprowadzenia badań zostały użyte dwa oleje handlowe firmy Elf, tj. Elf Excellium LDX 5W40 oraz Elf Evolution SXR 5W30.

Elf Evolution SXR 5W30 jest olejem silnikowym najnowszej generacji, paliwooszczędny i wielosezonowy. Olej ten znacznie zmniejsza opory tarcia wewnętrznego, czego efektem jest obniżenia tarcia w silniku [L. 2].

Elf Excellium LDX 5W40 jest nowoczesnym, syntetycznym olejem silnikowym, w skład którego wchodzi specjalnie wyselekcjonowane bazowe oleje syntetyczne i dodatki uszlachetniające. Dzięki zastosowaniu najnowszej technologii, ekstremalnie wytrzymałych wiązań molekularnych – Extreme Engine Protection olej ten zapewnia doskonałą i stałą ochronę silnika przez cały okres od wymiany do wymiany środka smarowego [L. 2]. Własności fizykochemiczne przyjętych do badań środków smarowych przedstawiono w **Tab. 1**.

Tabela 1. Własności fizykochemiczne badanych środków smarowych handlowych
Table 1. Physico-chemical properties investigated lubricants

Własności fizykochemiczne środka smarowego	Rodzaj środka smarowego	
	ELF EVOLUTION SXR 5W30	ELF Excellium LDX 5W40
Lepkość kinematyczna w 40°C, mm ² /s	51	85
Lepkość kinematyczna w 100°C, mm ² /s	9,84	14
Lepkość dynamiczna w -30°C, mPa·s	<5180	3250
Wskaźnik lepkości	168	170

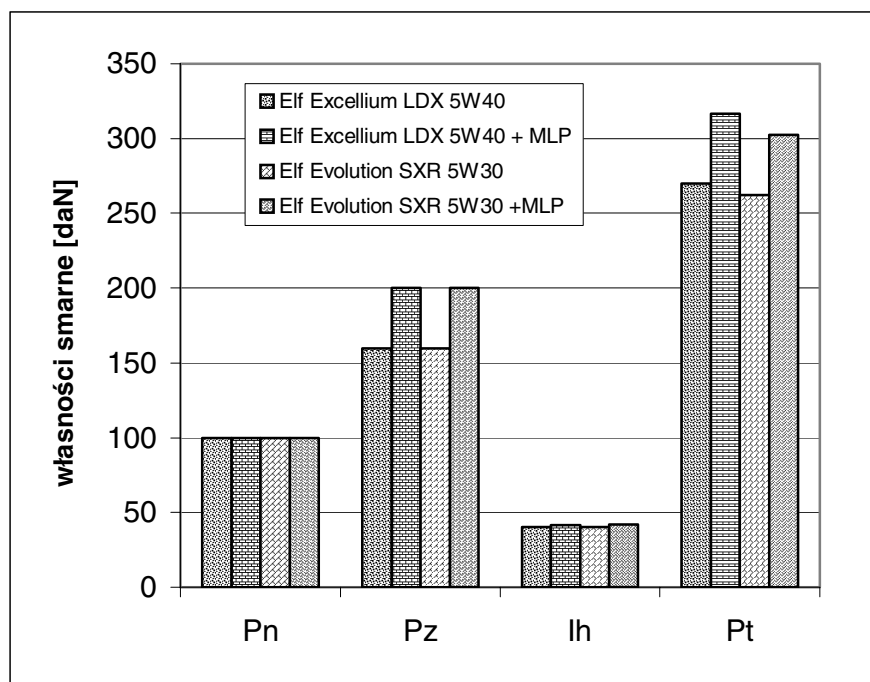
Badania własności smarnych olejów przyjętych do badań zostały przeprowadzone za pomocą aparatu czterokilowego T-02 prod. ITeE w Rado-

miu. Do badań zostały użyte dwa środki smarowe handlowe o różnych lepkościach 51 mm²/s i 81 mm²/s mierzone w temperaturze 40°C. Pierwszym etapem był pomiar własności smarnych olejów handlowych. Drugą część badań obejmowała własności smarne tych samych środków smarowych modyfikowanych 5% (objętościowo) PE Motor-Life Professional. Celem przeprowadzonych badań było ustalenie wpływu lepkości oleju oraz PE Motor Life Professional o działaniu chemicznym na własności smarne. Badano następujące wskaźniki własności smarnych: obciążenie zespawania Pz, wskaźnik zużycia pod obciążeniem Ih (charakteryzują one przeciwzatarciowe działanie środków smarowych), obciążenie niezacierające Pn i obciążenie zacierające Pt; charakteryzujące trwałość warstwy smarnej i służące do wyznaczenia warunków, w których następuje zniszczenie tej warstwy smarowej i rozpoczęcie zacierania [L. 4]. Wyznaczono wartość granicznego obciążenia zużycia Goz charakteryzującego przeciwzużyciowe działanie środków smarowych.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań własności smarnych badanych kompozycji smarowych przedstawiono na **Rys. 2**. Z analizy badań wynika, że badane środki smarowe handlowe o różnej lepkości charakteryzują się taką samą wartością obciążenia zespawania Pz = 160 daN oraz zbliżonymi wskaźnikami zużycia Ih, odpowiednio 40,17 i 40,10 daN. Obciążenie niezacierające Pn dla obu środków smarowych jest jednakowe i wynosi PN = 126 daN. W przypadku obciążenia zacierającego dla środka smarowego o mniejszej lepkości Elf Evolution SXR 5W30, Pt = 295,71 daN, natomiast o większej lepkości Elf Excellium LDX 5W40 jest mniejsze i wynosi 255,22 daN.

Dodanie do olejów handlowych PE MLP wpłynęło na wzrost wskaźników własności smarnych obu środków smarowych przyjętych do badań. Wzrost wskaźników własności smarnych świadczy o synergii między badanymi olejami a PE MLP **Rys. 2, 3, 4**. Przykładowo obciążenie zespawania Pz wzrosło ze 160 daN do 200 daN, a obciążenie niezacierające Pn ze 126 daN do 160 daN. O korzystnym oddziaływaniu PE MLP świadczy również wielkość zużycia węzła tarcia (średnice skaz), co przedstawiono na **Rys. 3**. W wyniku modyfikowania dla obu środków smarowych przyjętych do badań uzyskano porównywalne wartości wskaźników własności smarnych.

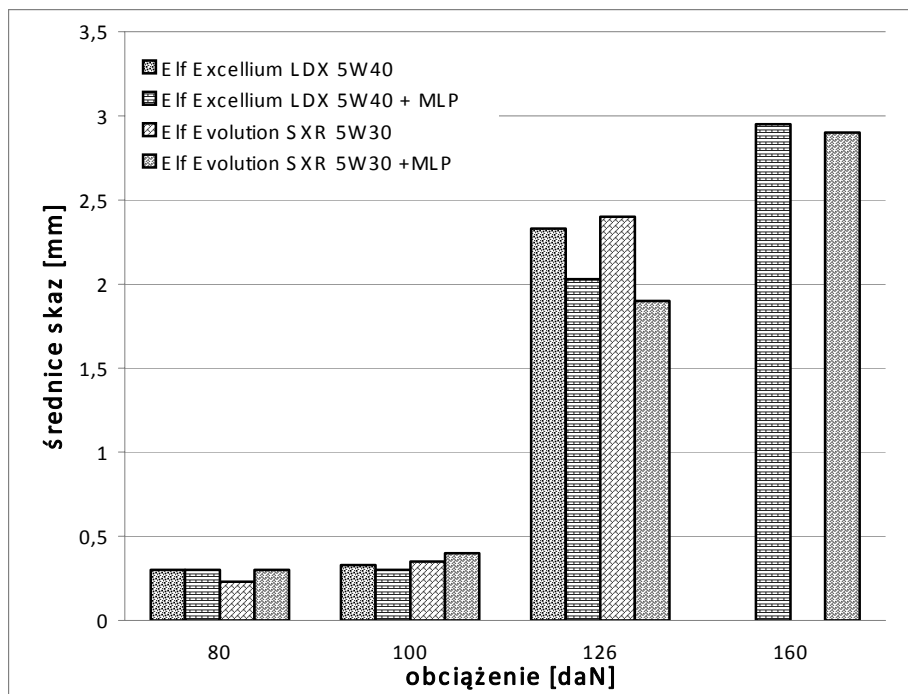


Rys. 2. Własności smarne badanych kompozycji smarowych

Fig. 2. Lubricating properties of lubricating compositions

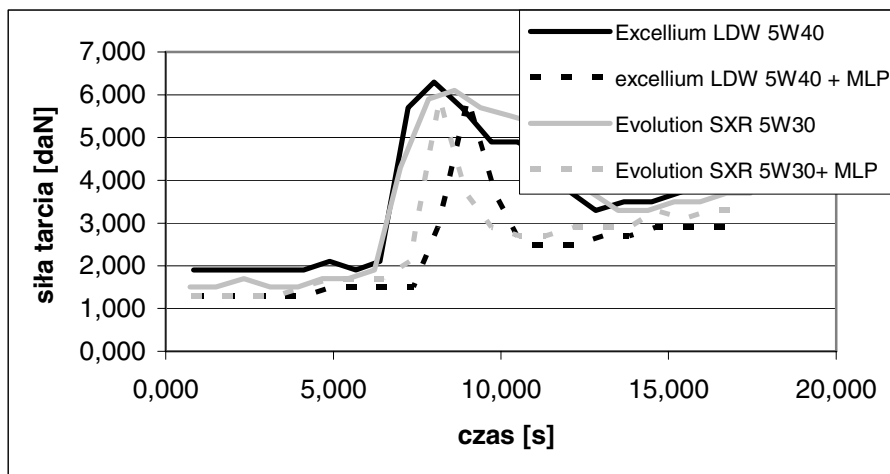
Na **Rys. 4** przedstawiono wpływ szybkości narastania obciążenia i rodzaju środka smarowego na siłę tarcia. Z rysunku wynika, że przerwanie warstwy granicznej i rozpoczęcie zacierania dla obu badanych środków smarowych handlowych występuje przy zbliżonym obciążeniu po czasie około 6,5 sek. Modyfikowania środków smarowych PE MLP korzystnie wpłynęło na trwałość warstwy granicznej. Przykładowo dla środka smarowego Elf Excellium LDW 5W40 po modyfikacji czas rozpoczęcia zacierania (przerwanie warstwy granicznej) nastąpił po około 7,3 sek. Utworzona warstwa graniczna charakteryzuje się większą wytrzymałością na przerywanie.

O trwałości warstwy granicznej świadczy wartość granicznego obciążenia G_{oz} . Im większy wskaźnik, tym większa trwałość warstwy granicznej i mniejsze zużycie. Graniczne obciążenie zużycia G_{oz} wyznaczano dla trzech różnych obciążeń kolejno 150 daN, 200 daN i 250 daN. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono na **Rys. 5**.



Rys. 3. Wpływ obciążenia i rodzaju środka smarującego na średnicę szkar

Fig. 3. Effect of load and type of lubricant on the diameter of wear scars



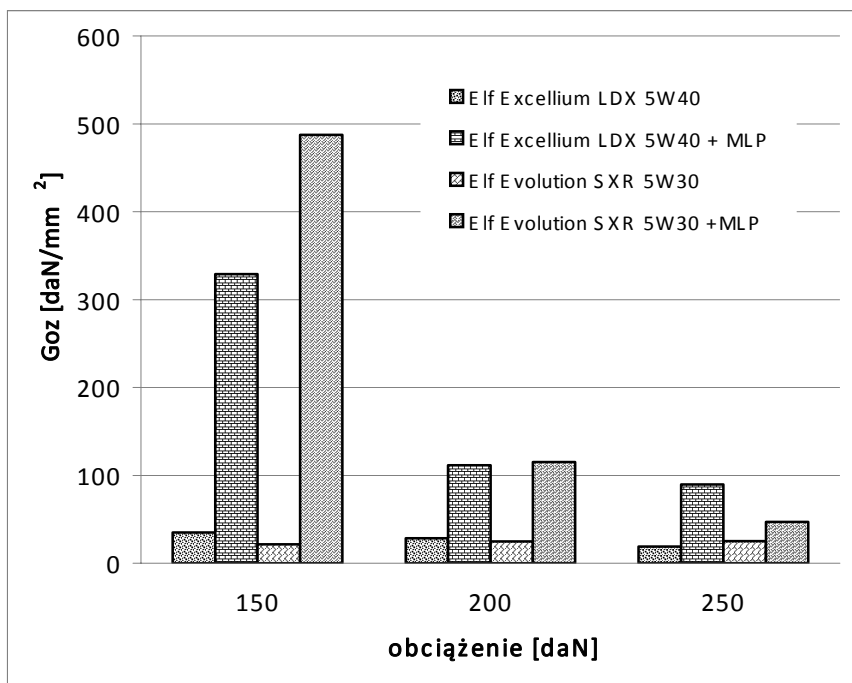
Rys. 4. Wpływ szybkości narastania obciążenia i rodzaju środka smarowego na siłę tarcia

Fig. 4. Influence of load rise and the type of lubricant on the friction force

Dla środka smarowego handlowego Elf Evolution SXR 5W30 (mniejsza lepkość) Goz dla obciążenia 150 daN wyniosło $21,74 \text{ daN/mm}^2$ i wzrosło wraz ze wzrostem obciążenia, wynosząc dla obciążenia 200 daN – $24,74 \text{ daN/mm}^2$ i dla 250 daN – $25,20 \text{ daN/mm}^2$.

W przypadku środka smarowego handlowego Elf Excellium LDX 5W40 (większa lepkość) zaobserwowano spadek wartości granicznego obciążenia zużycia wraz ze wzrostem obciążenia. Dla 150 daN wartość Goz wyniosła 35 daN/mm^2 , dla 200 daN $28,32 \text{ daN/mm}^2$, natomiast dla obciążenia 250 daN $18,83 \text{ daN/mm}^2$.

Modyfikowanie PE MLP obu przyjętych do badań środków smarowych korzystnie wpłynęło na wzrost wskaźnika granicznego obciążenia zużycia Goz. W przypadku środka smarowego o mniejszej lepkości Elf Evolution SXR 5W30 wartość Goz wzrosła aż o 2,172% przy obciążeniu 150 daN, natomiast dla obciążeń 200 daN i 250 daN wzrosła ona odpowiednio o 417,5% i 257,3%.



Rys. 5. Wartość granicznego obciążenia zużycia w zależności od obciążenia i rodzaju środka smarowego

Fig. 5. The value of the limit load of wear, depending on the load and type of lubricant on the friction

WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że:

1. Lepkość kinematyczna środka smarowego nie wpływa na własności smarne badanych olejów handlowych. Takie wskaźniki, jak Pz, Ih i Pn są porównywalne. Spośród badanych wskaźników własności smarnych tylko obciążenie zacierające Pt jest większe dla oleju o mniejszej lepkości. Jest to prawdopodobnie spowodowane większą ilością dodatków poprawiających smarność celem zwiększenia trwałości warstwy granicznej odpornej na zacieranie.
2. Modyfikowanie badanych środków smarowych preparatem eksploatacyjnym o działaniu chemicznym MOTOR LIFE PROFESSIONAL spowodowało polepszenie własności smarnych, w wyniku utworzenie warstwy granicznej odpornej na przerywanie, powodującej opóźnienie rozpoczęcia procesu zacierania.
3. Badania wykazały korzystny wpływ modyfikowania na wzrost wartości wskaźnika granicznego obciążenia zużycia Goz. Jego wzrost kształtuje się różnie od zadanych obciążeń. Im większa wartość tego wskaźnika, tym większa odporność na zużycie i lepsza skuteczność działania środka smarowego w warunkach zacierania.

LITERATURA

1. Hebda M., Wachal A.: Tribologia. WNT, Warszawa 1980.
2. Lawrowski Z.: Tribologia – tarcie, zużycie i smarowanie. Wyd. PWN Warszawa 1996.
3. Laber A.: Analiza możliwości wykorzystania preparatu eksploatacyjnego MOTOR LIFE PROFESSIONAL w modyfikowaniu warunków pracy węzłów tarcia pojazdów samochodowych. Tribologia: Teoria i Praktyka – 2009/5.
4. Laber A.: Modyfikowanie własności smarnych oleju silnikowego preparatem eksploatacyjnym o działaniu chemicznym Tribologia: Teoria i Praktyka – 2008 /1.
5. Laber S.: Preparaty eksploatacyjne o działaniu chemicznym. Wyd. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2001.
6. Marczak R., Guzik J.: Istota, model i możliwości wykorzystania zjawiska Garkunowa w technice. Problemy niekonwencjonalnych układów łożyskowych. Łódź 1995.
7. Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych, Tom 1, 2. Politechnika Poznańska, Poznań 1997.

8. Poradnik „Przemysłowe środki smarne”, Total, Warszawa 2003.
9. Szczerek M., Tuszyński W.: Badania tribologiczne – zacieranie. Wyd. ITeE – Radom 2000.
10. Zwierzycki W.: Paliwa, oleje, motoryzacyjne płyny eksploatacyjne. Wyd. ITEM, Radom 1998.
11. Zwierzycki W.: Płyny eksploatacyjne do środków transportu drogowego. Politechnika Poznańska, Poznań 2006.

Recenzent:
Ryszard MARCZAK

Summary

In this paper presents the results of co-operation of technological additives being in trade oils with the exploational preparation about the chemical action. Commercial lubricants have been modified with a chemical effect operationally motor profesional life. Showed that the viscosity of the lubricant influences the lubricating properties. Preparation for the exploitation of the life motor profesional decisively improves the properties of lubricants tested.