

Stanisław LABER*, Alicja LABER*

OCENA WŁASNOŚCI SMARNYCH I TRIBOLOGICZNYCH OLEJU SILNIKOWEGO LOTOS DYNAMIC

PROPERTY ASSESSMENT LUBRICANTS AND TRIBOLOGICAL LOTOS DYNAMIC ENGINE OIL

Słowa kluczowe

olej silnikowy, dodatki eksploatacyjne, własności smarne, zużycie

Key words

engine oil additives, supplies, lubricity, wear

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań własności smarnych: obciążenie zespawania P_z , wskaźnik zużycia pod obciążeniem I_h , obciążenie niezacierające P_n , obciążenie zacierające P_t , oraz graniczne obciążenie zużycia G_{oz} badanego środka smarowego handlowego oraz modyfikowanego preparatem eksploatacyjnym (PE) o działaniu chemicznym Motor Life Professional. Badania wykazały, że dodanie preparatu eksploatacyjnego do oleju silnikowego Lotos Dynamic 0W/40 w ilości 5% w stosunku objętościowym wpłynęło na wzrost gra-

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn i Pojazdów, ul. Licealna 9; 65-200 Zielona Góra, Polska.

nicznego obciążenia zużycia i obciążenia zacierającego. Modyfikowanie środka smarowego wpłynęło na poprawę właściwości tribologicznych skojarzenia trącego brąz CuSn10/ stal X210Cr12 o twardości 60 HRC. Badania własności smarnych przeprowadzono na testerze T-02, natomiast właściwości tribologiczne na testerze T-05.

WPROWADZENIE

Zużycie elementów maszyn spowodowanego tarciem i zmęczeniem stanowi aktualny problem naukowy, techniczny, ekonomiczny i ekologiczny. Zużycie węzłów tarcia maszyn i urządzeń często decyduje o trwałości i niezawodności całej maszyny. Jest ono ciągle ważnym problemem współczesnej techniki, głównie ze względu na możliwość uzyskiwania długich okresów bezawaryjnej pracy maszyn i urządzeń. Współczesne badania naukowe prowadzone są w celu uzyskania takich rozwiązań, które nie tylko spełniają założenia techniczne, ale także są konkurencyjne z punktu widzenia kosztów wytwarzania, eksploatacji oraz napraw.

Zwiększają się względne prędkości współdziałania elementów maszyn i przenoszone przez nie obciążenia, przy wyraźnej tendencji do zmniejszania ich ciężaru. Coraz większego znaczenia nabierają problemy jakości stosowanych materiałów, problemy nowych metod obróbczych kształtujących własności warstwy wierzchniej (WW) oraz problemy związane z techniką smarowniczą mającą wpływ na jakość i warunki pracy systemów tribologicznych, decydując o przydatności do określonych zadań eksploatacyjnych.

Ruchome elementy obiektu technicznego podlegają procesowi tarcia, który obniża sprawność mechaniczną układu. Według [L. 8] około $1/2 \div 1/3$ całkowitej ilości energii wytwarzanej w skali światowej jest zużywana na pokonanie oporów tarcia, np. w samochodach na tarcie zużywa się około 30% mocy silnika. S. Krawiec [L. 11] podaje, że 50% paliwa pobieranego przez samochody i inne środki transportu zostaje zużyte na tarcie w ich ruchomych węzłach. Główną przyczyną utraty zdolności produkcyjnej maszyn i urządzeń (85÷90%) jest zużycie wywołane tarciem. Problematyka tribologiczna dotycząca tarcia, zużycia i smarowania węzłów tarcia ma wpływ na ochronę środowiska [L. 14].

Środki smarowe mimo swych niewątpliwych zalet, w ekstremalnych warunkach pracy systemów tribologicznych (obciążenie, prędkość i/lub temperatura) nie rozwiązują problemów niedosmarowania strefy tarcia. Nie likwidują tzw. „zimnego startu”, który występuje przy rozruchu maszyn i urządzeń, zwłaszcza w ujemnych temperaturach, np. w okresie zimowym. W takich przypadkach skuteczne może okazać się stosowanie **addtywów eksploatacyjnych (DE)**, tj. dodatków do olejów smarowych na etapie eksploatacji, które wprowadzone za pośrednictwem środka smarowego do węzłów tarcia w wyniku adsorpcji fizycznej i chemicznej tworzą warstwę graniczną charakteryzującą się zwiększoną trwałością i odpornością na przerywanie. Warstwa ta w sposób

trwały związana jest ze współpracującymi powierzchniami i powoduje, że w strefie tarcia występują warunki odpowiadające tarcu granicznemu lub płynnemu [L. 12, 15].

Badaniem wpływu dodatków eksploatacyjnych na własności smarne olejów handlowych zajmowali się W. Zwierzycki i Z. Białka [L. 1–4, 17], T. Kałdoński, S. Nosal, W. Zwierzycki [L. 17], A. i S. Laber [L. 13, 14].

Wielu badaczy zajmowało się wprowadzaniem dodatków do olejów smarowych w celu poprawy właściwości tribologicznych. Były to różnego rodzaju związki chemiczne i pierwiastki metali. Badania z tlenkiem miedzi CuO i dwutlenkiem tytanu TiO₂ oraz nanocząsteczkami diamentowymi prowadzili autorzy artykułu [L. 16]. Dodatki te dodawano do oleju silnikowego API-SF i oleju bazowego. Nanocząsteczki CuO wpłynęły na zmniejszenie współczynnika tarcia do 5,8% i zmniejszenie zużycia o 78,8%. Najmniejszy współczynnik tarcia uzyskano z dodatkiem CuO, a największy z dodatkiem nanocząsteczek diamentu. Były prowadzone również badania wpływu temperatury oleju na oddziaływanie nanocząsteczek miedzi na współczynnik tarcia, zużycie, moduł sprężystości i twardość powierzchni [L. 7].

Współczynnik tarcia i zużycie dla oleju modyfikowanego rośnie wraz ze wzrostem temperatury, natomiast moduł sprężystości i twardość powierzchni maleje powyżej temperatury 1400°C.

Prace badawcze nad zastosowaniem dwutlenku ceru CeO₂ i węglanu wapnia CaCO₃ do olejów smarowych i ich wpływem na zużycie i współczynnik tarcia przeprowadzili autorzy [L. 6]. Uzyskane wyniki badań wykazały, że połączenie nanocząstek CeO₂ i CaCO₃ wpłynęło pozytywnie na właściwości tribologiczne (zużycie, współczynnik tarcia). Przy czym optymalne wyniki uzyskano, gdy zastosowano CeO₂ + CaCO₃ w ilości 0,6% do oleju smarowego. Zużycie zmniejszyło się o 33,5%, a współczynnik tarcia o 32%.

Mineralny krzemian magnezu w postaci serpentyn po obróbce cieplnej w 400°C dodany do oleju smarowego w procesie tarcia utworzył warstwę samoregenerującą [L. 16].

Badania nad wprowadzeniem nanocząstek kompozytu Al₂O₃/SiO₂ uzyskanych w wyniku metody hydrotermicznej i modyfikowanej przez silan do olejów smarowych przeprowadzili Da Jiao i współautorzy [L. 5] za pomocą aparatu czterokulowego. Dla kompozytu Al₂O₃/SiO₂ w ilości 0,5% udziału wagowego dodanego do oleju smarowego uzyskano najmniejsze zużycie i najmniejszy współczynnik tarcia w porównaniu z zastosowaniem do oleju smarowego Al₂O₃ lub SiO₂ [L. 5].

A. Kotnarowski [L. 10] proponuje zastosowanie eksploatacyjnej metody konstytuowania warstw na powierzchniach współpracujących tarciowo elementów. Proponowana metoda polega na wprowadzeniu do środków smarowych cząstek metali miękkich, takich jak miedź i molibden o dużym stopniu zdyspergowania w szczególności nanocząstek, których wyjątkowe w porównaniu

z większymi cząstkami własności mogą sprzyjać konstytuowaniu warstw powierzchniowych o pożądanych charakterystykach.

METODYKA BADAŃ ORAZ CHARAKTERYSTKA BADANYCH MATERIAŁÓW

Badania własności smarnych badanych kompozycji smarowych wyznaczono zgodnie z PN-76/C-04147 za pomocą aparatu czterokulowego T-02. Wyznaczono następujące wskaźniki własności smarnych: obciążenie zespawania (P_z), wskaźnik zużycia pod obciążeniem (I_h), największe obciążenie niezacierające (P_n), obciążenie zacierające (P_i) oraz graniczne obciążenie zużycia (G_{oz}).

Ocenę właściwości tribologicznych skojarzeń trących w obecności badanych środków smarowych przeprowadzono na testerze T-05 w skojarzeniu rolka–klocek. Test przeprowadzono w styku ślizgowym. Obciążenie wężła tarcia zmieniano skokowo 300, 600 i 900 N co 30 minut, a prędkość obrotowa przeciwpółki wynosiła 180 obr./min. Węzeł tarcia stanowiło skojarzenie trące: brąz CuSn10 stal/ X210Cr12 o twardości 60 HRC.

Do smarowania wężła tarcia zastosowano olej silnikowy Lotos Dynamic 0W/40 i olej modyfikowany. Olej silnikowy Lotos Dynamic 0W/40 to syntetyczny, wielosezonowy olej silnikowy. Według klasyfikacji Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Przemysłu Samochodowego (SAE) oceniany jest on jako olej o najlepszych własnościach niskotemperaturowych w klasie jakości SJ/CF. Olej ten dzięki wysokiej płynności gwarantuje szybkie smarowanie silnika w niskich temperaturach zimą (klasa lepkości według SAE 0W/40, a jakościowa według ACEA- A3/B3/B4). Własności fizykochemiczne oleju: lepkość kinematyczna w temp. 100°C 13,5–16,3 mm²/s, wskaźnik lepkości min. 170, temperatura płynięcia, maks. – 45°C, temperatura zapłonu min. 210°C, gęstość w 15°C 0,850 kg/m³. Własności te zapewniają pełną ochronę jednostki napędowej przed tarciami podczas rozruchu [L. 18].

Modyfikowanie oleju Lotos Dynamic 0W/40 przeprowadzono 5% w stosunku objętościowym preparatem eksploatacyjnym Motor Life Professional.

Według [L. 19] Motor Life Professional jest preparatem eksploatacyjnym, mieszalnym ze wszystkimi olejami silnikowymi i przekładniowymi, mineralnymi i syntetycznym, zmniejsza zużycie paliwa, zwiększa moc, zapobiega tak zwanym „zimnym startom”. Preparat z olejem wytwarza trwałą i odporną na działanie wysokich temperatur i obciążeń warstwę graniczną.

Preparat eksploatacyjny o działaniu chemicznym Motor – Life Professional [L. 19] składa się ze związków grupy ditiofosforanów cynku, alkilowych, pierwszo- i drugorzędowych oraz arylowych, związków alkilofenolowych, aromatycznych amin, siarczków organicznych, nadzasadowych sulfonianów magnezu, kwasów alkenobursztynowych, siarkowanych kwasów tłuszczowych, polimetylosiloksanów, alkilometakrylanów, kopolimerów etylenowo-propy-

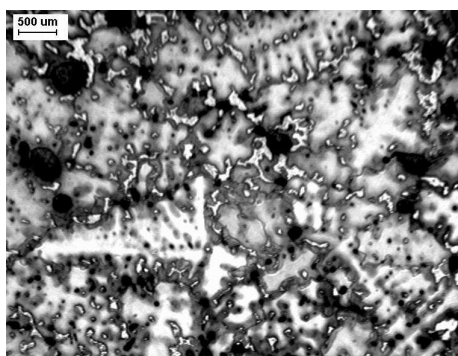
lenowych, mieszaniny syntetycznych estrów polioliowych wywodzących się z alkoholi wielowodorotlenowych, inhibitorów korozji, inhibitorów utlenienia. Charakteryzuje się dużym ciężarem cząsteczkowym, wysoką stabilnością chemiczną i termiczną. Nośnikiem wprowadzającym preparat Motor Life Professional do węzłów tarcia są szeroko stosowane różnego rodzaju oleje, syntetyczne i mineralne, jak również specjalistyczne. Własności fizykochemiczne Motor Life Professional: temperatura zapłonu 210°C, temperatura wrzenia 275°C, temperatura palenia 240°C, temperatura samozapłonu 380°C, temperatura krzepnięcia -43°C, temperatura mętnienia -32°C, temperatura płynięcia -16°C, lepkość kinematyczna w 40°C 117,7 mm²/s, lepkość kinematyczna w 100°C 5,63 mm²/s, ciężar właściwy według API D82 7,10 kg/m³. Węzeł tarcia tworzyły brąz CuSn10 oraz stal X210Cr12. Skład chemiczny materiałów przyjętych do badań przedstawiono w **Tab. 1**.

Tabela 1. Skład chemiczny materiałów przyjętych do badań

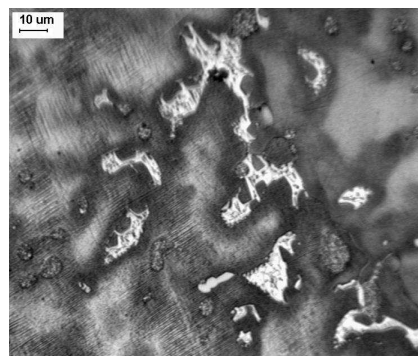
Table 1. The chemical composition of materials accepted for testing

Przeciętny skład chemiczny według PN-EN 1982:2010 brąz cynowy									
Symbol	Cu	Sn	Zn	Pb	Fe	P	Ni	Si	Mn
%									
CuSn10	88-90	9÷11	Max 0,3	Max 0,5	Max 0,2	Max 0,10	Max 0,5	Max 0,02	Max 0,2

Oznaczenie stali	Stężenie pierwiastków [%]						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	inne
X210Cr12	2,05	0,4	0,35	12	–	–	–



powiększenie ×100



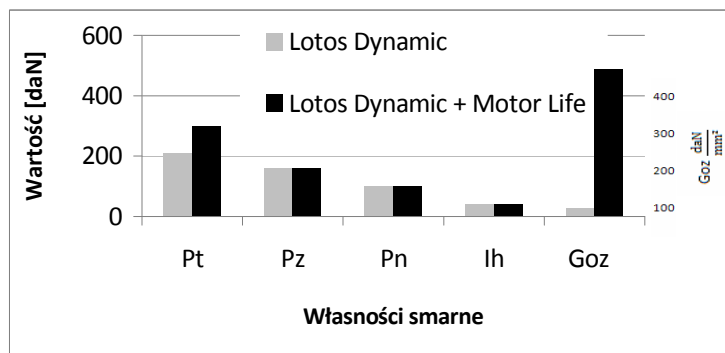
powiększenie ×500

Rys. 1. Mikrostruktura brązu Cu Sn10

Fig. 1. The microstructure bronze CuSn10

WYNIKI BADAŃ

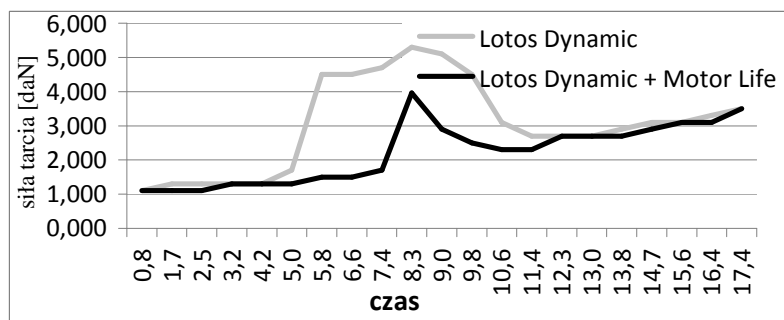
Na **Rys. 2** i **3** przedstawiono własności smarne oleju silnikowego Lotos 0W/40 oraz modyfikowanego PE. Z **Rys. 2** wynika, że modyfikowanie wpłynęło na wzrost obciążenia zacierającego i granicznego obciążenia zużycia. Pozostałe wskaźniki własności smarnych nie uległy zmianie.



Rys. 2. Własności smarne oleju silnikowego Lotos Dynamic 0W40 oraz modyfikowanego preparatem eksploatacyjnym Motor Life Professional

Fig. 2. Lubricating properties of engine oil Lotos Dynamic 0W40 and modified operational preparation Motor Life Professional

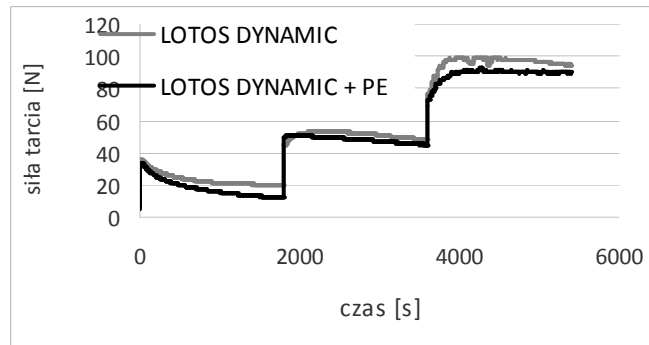
Przebieg siły tarcia dla narastającego obciążenia 408,8 N/s dzięki zastosowaniu modyfikatora jest korzystniejszy. Dla oleju handlowego przerwanie warstwy granicznej następuje po ok. 5 s, natomiast modyfikowanego po ok. 7,5 s. Praca zużycia z zastosowaniem oleju modyfikowanego jest znacznie mniejsza i to będzie miało wpływ na zużycie wężła tarcia brąz CuSn10/stal X210Cr12.



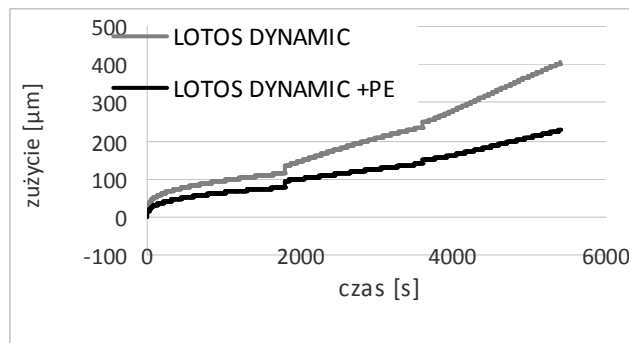
Rys. 3. Przebieg zmienności siły tarcia dla narastającego obciążenia wężła tarcia 408,8 N/s smarowanego olejem silnikowym Lotos Dynamic 0W40 oraz modyfikowanym preparatem eksploatacyjnym Motor Life Professional

Fig. 3. The variation of friction force for increasing load lubricating oil Lotos Dynamic 0W40 and modified operational preparation Motor Life Professional

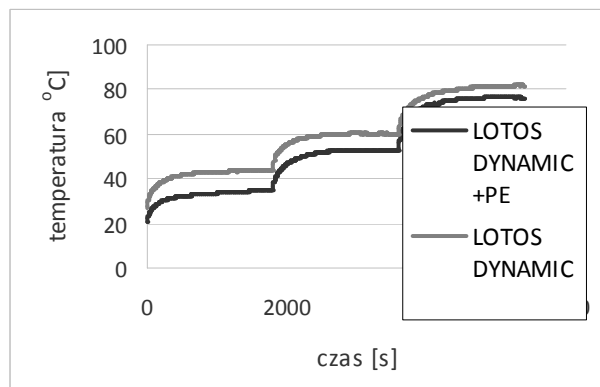
a)



b)



c)



Rys. 4. Właściwości tribologiczne węzła tarcia brąz CuSn10/ stal X210Cr12 (60 HRC) obciążonego narastającymi siłami $P = 300, 600, 900$ N smarowanego olejem silnikowym Lotos 0W/40 i modyfikowanym PE: a) siła tarcia, b) zużycie, c) temperatura

Fig. 4. Tribological properties of friction bronze CuSn10 / stainless X210Cr12 (60 HRC) loaded the rising forces of $P = 300, 600, 900$ N lubricated with engine oil lotus 0W / 40 and modified PE: a) friction force, b) wear, c) temperature

Po wyznaczeniu własności smarnych przeprowadzono badania właściwości tribologicznych na testerze T-05. Każdy wzrost obciążenia powodował wzrost siły tarcia, zużycia oraz temperatury obszaru tarcia. Smarowanie węzła tarcia środkiem smarowym modyfikowanym wpłynęło na zmniejszenie siły tarcia, zużycia oraz temperatury obszaru tarcia.

WNIOSKI

Modyfikowanie oleju silnikowego Lotos Dynamic 0W/40 wpłynęło na wzrost obciążenia zacierającego P_t oraz na wzrost granicznego obciążenia zużycia. Pozostałe wskaźniki własności smarnych, tj. P_z , P_n , I_h nie uległy zmianie. Praca tarcia włożona na zużycie jest mniejsza dzięki zastosowaniu modyfikatora. Modyfikator wydłużył czas pracy węzła tarcia. Wzrost obciążenia zacierającego i granicznego obciążenia zużycia wpłynął pozytywnie na właściwości tribologiczne, nastąpił spadek siły tarcia, zmniejszyło się zużycie oraz obniżyła się temperatura obszaru tarcia.

LITERATURA

1. Białka Z.: Badania dodatków eksploatacyjnych. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji, nr 69/2000.
2. Białka Z., Kędziński K.: Ocena wybranych korektorów zastosowanych do olejów smarowych. Konferencja POLTRIB '90. Białobrzegi 1997.
3. Białka Z., Zwierzycki W.: Wpływ dodatków eksploatacyjnych na własności smarne olejów przekładniowych. Tribologia 1/2001.
4. Białka Z., Zwierzycki W.: Laboratoryjna metoda oceny wpływu dodatków eksploatacyjnych na własności smarne olejów przekładniowych. Tribologia 4/2001.
5. Da Jiao, Shaohua Zheng, Yingzi Wang, Ruifang Guan, Bingqiang Cao: The tribology properties of alumina/silica composite nanoparticles as lubricant additives. Applied Surface Science 257(2011) 5720–5725.
6. GU Caixiang, LI Qingzhu, GU Zhuoming, ZHU Guangyao: Study on application of CeO₂ and CaCO₃ nanoparticles in lubricating oils. Journal of Rare Earths, Vol. 26, No 2, Apr. 2008, p. 163.
7. He-long, XU Yi, SHI Pei-jing, XU Bin-shi, WANG Xiao-li, LIU Qian: Tribological properties and lubricating mechanisms of Cu nanoparticles in lubricant. Transactions of nonferrous metals Society of China, 18(2008) p. 636–641.
8. Hebda M., Janecki M.: Tarcie, smarowanie i zużycie części maszyn. WNT, Warszawa 1972.
9. Kałdoński T., Nosal S., Zwierzycki W.: Wpływ zawartości azotku boru na właściwości antyfrettingowe substancji smarujących. IV Konferencja POLTRIB '97 Białobrzegi 1997.

10. Kotnarowski A.: Konstituowanie warstw ochronnych i nanoproszków miedzi i molibdenu w procesach tribologicznych. Monografia, Radom 2009.
11. Krawiec S.: Wpływ synergizmu wybranych napełniaczy w smarze na zwiększenie trwałości ślizgowych węzłów maszyn. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1998.
12. Król M., Firkowski A.: Możliwości realizacji selektywnego przenoszenia w skojarzeniach ślizgowych. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 4 (84), vol. 25–1990.
13. Laber S.: Preparaty eksploatacyjne o działaniu chemicznym MOTOR LIFE, Zielona Góra 2001.
14. Laber A.: Studium wykorzystania dodatków eksploatacyjnych do olejów smarowych w systemach tribologicznych. Wyd. Uniwersytet Zielonogórski, 2012.
15. Szczerek M., Tuszyński W., Metoda jakościowej klasyfikacji samochodowych olejów przekładniowych, Tribologia 3/2002.
16. Xiaowen Qi, Zhining Jia, Yulin Yang, Bingli Fan: Characterization and auto-restoration mechanism of nanoscale serpentine powder as lubricating oil additive under high temperature. Tribology International 44(2011) p. 805÷810.
17. Zwierzycki W. i inni: Wpływ dodatków firmy WYNN'S na własności smarnościowe olejów silnikowych i przekładniowych. Opracowanie Instytutu Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych Politechniki Poznańskiej.
18. <http://habi.pl/a25-lotos-dynamic-0w-40>;
19. Materiały informacyjne firmy PLAS- TMAL, Warszawa.

Summary

This paper presents results of research the lubricating properties of welding load P_z , wear under load I_h , the non-scuffing load P_n , scuffing load P_t , and limiting wear load G_{oz} on the tested trade lubricant and modified operational preparation (PE) having Motor Life Professional chemical properties. Studies have shown that the addition of operating preparation for Lotos Dynamic engine oil 0W/40 at 5% by volume affected the increase in load limit wear and the scuffing load. Modifying the lubricant improved the tribological properties of the grater bronze CuSn10 / steel X210Cr12 with a hardness of 60 HRC. The research was carried out on the lubricating properties of the tester T-02, while the tribological properties used tester T-05.

