

ANALIZA ZMIAN SMARNOŚCI OLEJU SILNIKOWEGO STOSOWANEGO W SILNIKU CEGIELSKI-SULZER 3AL25/30

Smarność to zdolność oleju do tworzenia warstwy granicznej, której zadanie polega na zmniejszeniu oporów tarcia oraz ochronie współpracujących powierzchni. Stanowi cechę zespołową, ponieważ zależy zarówno od własności oleju, jak i od współpracujących powierzchni. Do porównania smarności wykorzystuje się metody polegające na niszczeniu warstwy granicznej. Przykładem urządzenia do pomiaru własności przeciwzatarciowych oraz przeciwużyciowych jest aparat czterokulowy, za którego pomocą wyznacza się obciążenie zespawania, wskaźnik zużycia pod obciążeniem, obciążenie zacierające oraz graniczny nacisk zatarcia. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów własności smarnych oleju silnikowego MARINOL RG 1240 pracującego w silniku Cegielski-Sulzer 3AL25/30 po różnym czasie pracy.

Słowa kluczowe: olej silnikowy, smarność, warstwa graniczna, aparat czterokulowy, obciążenie zacierające, graniczny nacisk zatarcia.

WSTĘP

Smarność nie jest cechą fizyczną oleju; to pojęcie umowne, charakteryzujące zachowanie środka smarowego podczas tarcia granicznego. Parametr ten określa się jako zdolność do tworzenia warstwy granicznej, w wyniku adsorpcji chemicznej i fizycznej na ciałach stałych. Zadanie warstw granicznych polega na zmniejszeniu oporów tarcia oraz ochronie przed nadmiernym zużyciem i zacieraniem współpracujących powierzchni. Własności smarne nie zależą jedynie od oleju, ale również od współpracujących elementów (właściwości materiałów konstrukcyjnych, geometrii styku oraz rodzaju wykonywanego ruchu) i ich obciążenia. Dlatego smarność bywa nazywana własnością zespołową (oleju i ciała stałego), w odróżnieniu na przykład do lepkości, która jest cechą indywidualną oleju [7].

Smarność płynu eksploatacyjnego nabiera wyjątkowego znaczenia w warunkach, w których ze względu na małe prędkości, duży nacisk jednostkowy lub wysoką temperaturę nie jest możliwe pełne pokrycie powierzchni trących grubą warstwą oleju i uzyskania tarcia płynnego [4].

Składnikami olejów zwiększającymi smarność są między innymi tłuszcze roślinne lub zwierzęce oraz produkty starzenia, takie jak żywice, asfalty i kwasy organiczne, dlatego eksploatowane oleje mają lepszą smarność od świeżych. Istnieje możliwość polepszenia zdolności smarnych olejów poprzez dodatki organicznych związków tlenu, siarki, fosforu, które znane są pod ogólną nazwą

dotyków typu EP (ang. *extreme pressure*). Największej smarności wymaga się od olejów, które wykorzystuje się do bardzo obciążonych łożysk ślizgowych, czyli do pracy w warunkach, w których może dochodzić do okresowego przzerwiania klina smarowego oraz przechodzenia z tarcia płynnego na mieszane [3, 7, 9].

1. METODY POMIARU SMARNOŚCI

Do porównania smarności, czyli wielkości siły wiązań między molekułami smaru tworzącymi warstwę graniczną z powierzchnią, można zastosować pomiar ciepła adsorpcji za pomocą kalorymetrów. Jednak najczęściej korzysta się z metod polegających na niszczeniu warstwy granicznej. Niewątpliwie do zalet takich badań laboratoryjnych należy zaliczyć krótki czas trwania oraz względnie niską cenę testów, chociaż wyniki mogą odbiegać od rzeczywistości ze względu na specjalne modelowe warunki [2]. Własności smarne olejów można wyznaczyć na podstawie pomiarów [7]:

- wielkości nacisku, przy którym następuje zerwanie warstewki oleju;
- czasu potrzebnego do zerwania tej warstewki;
- wielkości zużycia powierzchni smarowanych.

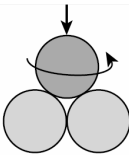
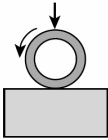
Urządzenia do pomiaru własności smarnych klasyfikuje się na dwa sposoby [7, 8]:

- według geometrii styku jako: ze stykiem punktowym, liniowym lub powierzchniowym,
- według rodzaju ruchu – wyróżnia się: ruch toczny, ślizgowy i toczno-ślizgowy.

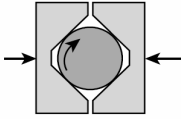
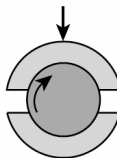
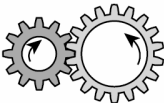
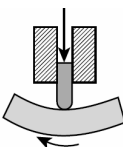
W tabeli 1 porównano charakterystyki kilku najpopularniejszych maszyn do pomiaru smarności: czterokulową, Timkena, Falex, Almen-Wielanda, FZG oraz Vickersa.

Tabela 1. Podstawowe charakterystyki kilku maszyn do badania właściwości smarnych oraz przeciwzyciowych substancji smarującej [7]

Table 1. Basic characteristics of several machines to study the lubricating properties [7]

Maszyna badawcza	Skojarzenie trące	Rodzaj styku	Zastosowanie testów
Maszyna czterokulowa		punktowy	badanie właściwości przeciwzyciowych olejów smarnych, smarów plastycznych i innych cieczy eksploatacyjnych
Timken		liniowy	badanie właściwości przeciwzyciowych smarów plastycznych

cd. tab. 1

Maszyna badawcza	Skojarzenie trące	Rodzaj styku	Zastosowanie testów
Falex		liniowy	badania właściwości stałego filmu smarującego, właściwości przeciwzużyciowych olejów smarnych oraz właściwości smarów plastycznych
Almen-Wieland		powierzchniowy	badanie właściwości przeciwzużyciowych i maksymalnego obciążenia olejów smarnych oraz smarów plastycznych
FZG		liniowy	badanie właściwości przeciwzużyciowych olejów smarnych i smarów plastycznych, w szczególności olejów przekładniowych
Vickers		punktowy	badanie właściwości przeciwzużyciowych termooksydacyjnych cieczy hydraulicznych, olejów turbinowych, olejów przekładniowych

2. NORMY

Polska Norma 76/C-04147 – *Badanie własności smarnych olejów i smarów* rekomenduje przeprowadzenie prób na aparacie czterokulowym, na którym przeprowadza się badania i ocenę w warunkach statycznych oraz dynamicznych. Własności przeciwzatarciowe środka smarnego ocenia się za pomocą [4, 5, 10]:

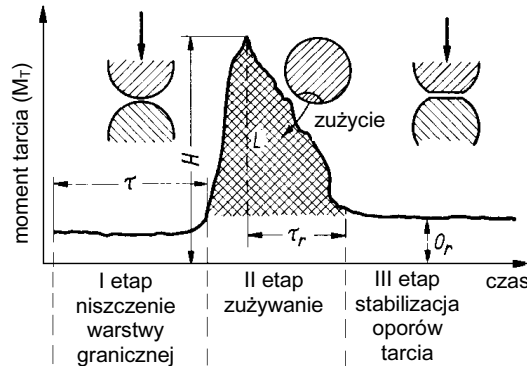
- **obciążenia zespawania P_z** – najniższe obciążenie nadane, przy którym w warunkach ustalonych nastąpi zespawanie obracającej się kulki z trzema kulkami nieruchomymi, wskazujące na przekroczenie poziomu największego nacisku, jaki jest w stanie przenieść warstwa smarująca;
- **wskaźnika zużycia pod obciążeniem I_h** – oblicza się go na podstawie wyników 10 biegów wykonanych przy kolejnych obciążeniach poprzedzających obciążenie zespawania lub częściowo wykonanych, a częściowo przyjętych z tabeli zamieszczonej w normie.

Natomiast trwałość warstwy smarnej oraz określenie warunków zniszczenia warstwy i rozpoczęcia zacierania oceniane są za pomocą:

- **obciążenia zacierającego P_t** – najniższe obciążenie, przy którym w warunkach ustalonych normą nastąpi wyraźny wzrost oporów w węzle tarcia wskazujący na przerwanie warstewki smarującej;

- **granicznego nacisku zatarcia p_{oz}** – nacisk w skojarzeniu trącym przy nadanym obciążeniu, obliczany na podstawie średniej średnicy skaz powstałych na kulkach dolnych, w czasie biegu maszyny.

Oprócz wspomnianych wskaźników narzuconych przez normę istotne jest również określenie zachowania płynu eksploatacyjnego w węźle tarcia na różnych etapach badania w warunkach dynamicznych (rys. 1).



Rys. 1. Moment tarcia w funkcji czasu [11]

Fig. 1. Friction torque as a function of time [11]

Wykres siły tarcia w funkcji czasu dzieli się na trzy kluczowe etapy badania [4, 5, 11]:

I etap. **Niszczenie warstwy granicznej** – oceniany za pomocą dwóch kryteriów:

- **czas trwałości warstwy granicznej τ** – mierzony od momentu rozruchu do początku gwałtownego wzrostu siły tarcia, co świadczy o przerwaniu warstwy granicznej;
- **wytrzymałość warstwy granicznej H** – to wartość rzędnej momentu tarcia w chwili przerywania. Mając na uwadze to, że przerwanie warstwy granicznej odbywa się na mikropowierzchniach, siła tarcia jest tym większa, im na większej liczbie mikronierówności niszczone jest warstwa graniczna. Im wytrzymalsza warstwa graniczna, tym mniejsza siła tarcia w chwili początku przerywania.

II etap. **Zużywanie warstwy granicznej** – kryteria oceny:

- **zużycie L** – praca włożona na zużycie charakteryzowana polem pod krzywą obrysowującą pik siły;
- **czas regeneracji warstwy granicznej τ_r** – charakteryzuje czas powrotu do tarcia w warunkach ustalonych, a także średnią siłę tarcia w czasie etapu zużywania.

III etap. **Stabilizacja oporów tarcia** – ustabilizowanie oporów tarcia na poziomie O_r . W wyniku zwiększenia powierzchni tarcia, a tym samym zmniejszenia nacisków jednostkowych, powstają warunki do wytworzenia węzła tarcia pracującego w zakresie tarcia granicznego, a nawet hydrodynamicznego.

3. MASZYNA CZTEROKULOWA

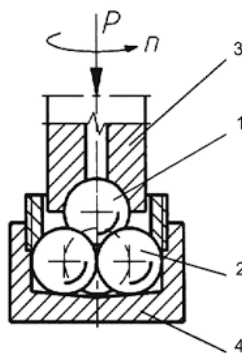
Do przeprowadzenia badań wykorzystano tribometr z głowicą czterokulową T-02U (rys. 2). Aparat wyznacza właściwości przeciwzatarciowe i przeciwzużyciowe olejów oraz smarów, zgodnie z polską normą PN-76/C-04147, a także z normami międzynarodowymi: ASTM D 2783, ASTM D 2596, ASTM D 4172, ASTM D 2266, IP 239, DIN 51350, Fiat 50500 oraz IP 300 [8, 12].



Rys. 2. Tribometr z głowicą czterokulową T-02U

Fig. 2. Four-ball tribometer T-02U

Aparat stanowi maszyna tribologiczna o styku punktowym oraz ruchu ślizgowym, której prędkość ślizgania najczęściej jest stała, zmienia się natomiast obciążenie styku w granicach 0–8000 N, temperatura środka smarującego ustalona. Skojarzenie trące tworzą cztery kule (rys. 3) wykonane ze stali łożyskowej o twardości 62,7 HRC oraz średnicy 12,7 mm. Trzy z nich są zamieszczone w gnieździe, gdzie wlewa się badaną substancję, a czwarta znajduje się w uchwycie, który w czasie badania obraca się z ustaloną prędkością. Trzy kule w pojemniku są dociskane za pomocą dźwigni, siłą zmienną w sposób ciągły bądź skokowy [7, 12].



Rys. 3. Skojarzanie tarcie maszyny czterokulowej; 1 – kulka górna, 2 – kulki dolne, 3 – uchwyt kulki górnej, 4 – naczynie z badanym środkiem [6]

Fig. 3. The association rubbing four-ball tribometer; 1 – upper ball, 2 – lower balls, 3 – upper handle balls, 4 – dish with oil [6]

W tabeli 2 przedstawiono podstawowe parametry pracy maszyny [12].

Tabela 2. Parametry pracy aparatu czterokulowego T-02U [12]

Table 2. The parameters of four-ball tribometer T-02U [12]

Rodzaj parametru	Wartość
Rodzaj ruchu	toczenie
Geometria styku	skoncentrowany (punktowy)
Nominalna średnica kulki	12,7 mm (0,5")
Prędkość obrotowa	do 1800 obr/min
Obciążenie	do 7848 N

4. BADANY OLEJ SILNIKOWY

Do badań wykorzystano trzy próbki oleju silnikowego firmy Lotos – Marinol RG 1240. Próby różniły się stopniem przepracowania w silniku Cegielski-Sulzer 3AL25/30 znajdującym się w laboratorium Wydziału Mechanicznego Akademii Morskiej w Gdyni (zespół spalino-elektryczny składający się z silnika spalino-wego trzycylindrowego, czterosuwowego typu 3AL 25/30 Cegielski-Sulzero mocy 396 kW napędzającego prądnicę elektryczną).

Marinol RG 1240 jest olejem typu TPEO (ang. *trunk piston engine oil*) przeznaczonym do smarowania okrętowych silników bezwodzikowych, pracujących na paliwie lekkim. Zawiera dodatki o charakterze myjąco-dyspergującym, przeciwutleniającym, przeciwkorozyjnym, przeciwrdzewnym oraz przeciwzuzyciowym. Olej spełnia wymagania klasyfikacji jakościowej API CD (American Petroleum Institute, kategoria CD) w zastosowaniu do olejów okrętowych. Charakterystykę oleju przedstawiono w tabeli 3 [10].

Tabela 3. Charakterystyka oleju Marinoil RG 1240 [10]**Table 3.** Characteristics of Marinoil RG 1240 [10]

Lp.	Wymagania	Metody badania	Jednostka	Wartość
1.	Lepkość kinematyczna w 100°C	ASTM D-445	mm ² /s	14,3
2.	Temperatura płynięcia	ASTM D-5950	°C	-21
3.	Temperatura zapłonu	PN-EN ISO 2592	°C	260
4.	Liczba zasadowa	ASTM D-2896	mgKOH/g	12,8
5.	Wskaźnik lepkości	ASTM D-2270		98

Pierwszą serię badanych próbek stanowił olej świeży, drugą serię – olej używany po 600 godzinach pracy w silniku, trzecią – olej używany po pracy 750 godzin.

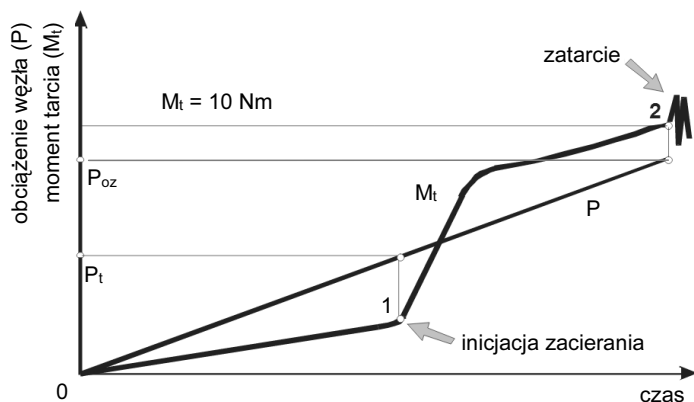
5. BADANIE

Badanie przeprowadzono tylko w warunkach dynamicznych, pod wzrastającym w sposób ciągły obciążeniem, podczas którego rejestrowano zmiany wartości momentu tarcia aż do uzyskania zatarcia kulek. Zatarciem nazywa się tu przekroczenie granicznej wartości momentu tarcia, wynoszącej 10 Nm. Wartość tę przyjęto ze względu na trwałość uchwytu kulki górnej w aparacie czterokulowym. Warunki testu są następujące:

- prędkość narastania obciążenia: 409 N/s;
- prędkość obrotowa wrzeciona: 500 obr/min;
- obciążenie początkowe: 0 N;
- obciążenie maksymalne: 7200 N;
- czas badania: 18 s;
- sposób smarowania: zanurzeniowy.

Na rysunku 4 przedstawiono modelową krzywą momentu tarcia M_t . Obciążenie P_t w punkcie 1, pod którym moment tarcia zaczyna nagle rosnąć, nazywane jest obciążeniem zacieraającym [1].

Metoda badania zakłada kontynuowanie wzrostu obciążenia oraz rejestrację wartości momentu tarcia, do osiągnięcia punktu 2, w którym następuje zatarcie węzła, czyli przekroczenie granicznej wartości momentu tarcia. Obciążenie w tym punkcie nazwano granicznym obciążeniem zatarcia i oznaczono symbolem P_{oz} . Jeżeli w czasie biegu badawczego nie stwierdzi się zatarcia, to za graniczne obciążenie zatarcia przyjmuje się maksymalne uzyskane obciążenie węzła [1, 2].



Rys. 4. Modelowa krzywa momentu zatarcia M_t , uzyskana w warunkach ciągłego wzrostu obciążenia P ; 1 – rozpoczęcie zacierania, 2 – zatarcie [1]

Fig. 4. Model curve friction torque M_t , obtained under conditions of continuous increase in load P ; 1 – start of mashing, 2 – blurring [1]

Odporność na zacieranie wyznaczono na podstawie wskaźnika obciążenia zacierającego P_t oraz granicznego nacisku zatarcia p_{oz} , który odpowiada nominalnemu naciskowi na powierzchni śladu zużycia przy zatarciu wężła lub pod koniec biegu (gdy zatarcie nie wystąpi). Oblicza się go ze wzoru [8]:

$$p_{oz} = 0,52 \frac{P_{oz}}{d^2}, \quad (1)$$

gdzie:

- d – średnia średnica śladu zużycia na kulkach [mm] (rys. 5),
- 0,52 – współczynnik wynikający z rozkładu sił w czterokulowym węźle tarcia.

Graniczny nacisk zatarcia, w sposób pośredni, opisuje również odporność na zużycie badanego wężła pracującego w ruchu ślizgowym. Im wyższe wartości p_{oz} , tym skuteczniejsze działanie środka smarowego po przerwaniu filmu smarowego.



Rys. 2. Ślady zużycia na kulkach

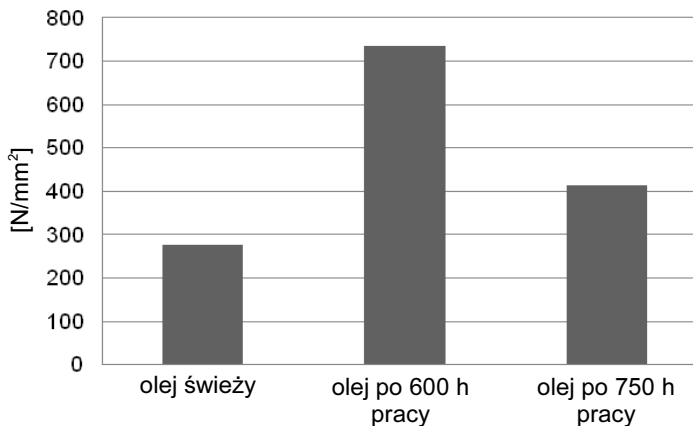
Fig. 5. Wear traces on the balls

Średnie wielkości z pięciu biegów obciążenia zacierającego P_t oraz granicznego obciążenia zatarcia P_{oz} dla badanych prób zamieszczono w tabeli 4. Natomiast wyliczony graniczny nacisk zatarcia p_{oz} przedstawiono na wykresie kolumnowym na rysunku 6. Zgodnie z teorią olej eksploatowany ma wyższe parametry smarowości niż olej wcześniej nieużywany, co potwierdzają wyniki.

Tabela 4. Wyniki przeprowadzonych badań na aparacie czterokulowym T-02U**Table 4.** The results of the tests on the four-ball tribometer T-02U

Próbka	Średnia średnica śladu zużycia d [mm]	Obciążenie zacierające P_t [N]	Graniczne obciążenie zatarcia P_{oz} [N]
Olej świeży	2,64	2720	3700
Olej po 600 h pracy	2,27	2125	7200
Olej po 750 h pracy	2,83	2050	6350

Olej wcześniej nieużywany ma najniższą wartość granicznego nacisku zatarcia wynoszącą $276,4 \text{ N/mm}^2$, natomiast olej po przepracowaniu 600 h najwyższą – $736,1 \text{ N/mm}^2$. Warto wspomnieć, że w przypadku środka smarowego z najwyższym wynikiem granicznego nacisku zatarcia w każdym z pięciu biegów aparatu nastąpiło odnowienie filmu olejowego, czyli zatarcie nie nastąpiło. Olej najdłużej pracujący w silniku zatarł się dwa razy z pięciu biegów tribometru, a średnia wartość p_{oz} wyniosła $414,2 \text{ N/mm}^2$. Dwie sytuacje mogły wywołać taki efekt: pierwsza – zbyt duża ilość produktów starzenia w oleju, druga – między poborami próbek dokonano dolewki oleju – tzn. odświeżenia oleju.

**Rys. 6.** Otrzymane wyniki granicznego nacisku zatarcia**Fig. 6.** Results of the limiting pressure of seizure

Z wykresów otrzymanych podczas biegów aparatu czterokulowego odczytano, porównano i zestawiono w tabeli 5 następujące parametry: czas trwałości warstwy granicznej τ , wytrzymałość warstwy granicznej H , czas regeneracji warstwy granicznej τ_r oraz stabilizację oporów tarcia O_r .

Czas trwałości warstwy granicznej jest najdłuższy dla świeżego oleju (7,36 s), a maleje wraz ze zużyciem próbki (dla 750 h nawet o ponad 2 s). Identyczny efekt zauważa się w przypadku wytrzymałości warstwy granicznej – dla świeżego oleju występuje najwyższa jej wartość (10 Nm), co oznacza najmniejszą siłę tarcia w chwili rozpoczęcia przerywania warstwy.

W przypadku wszystkich biegów badania świeżego oleju następuje zatarcie, dlatego nie jest możliwe wyznaczenie czasu regeneracji oraz momentu stabilizacji.

Dla olejów przepracowanych czas τ_r w warunkach ustalonych wydłuża się wraz z godzinami pracy: dla 600 h wynosi 5,15 s, natomiast dla 750 h – 6 s. Ostatni parametr, tj. stabilizacja oporów tarcia O_r , maleje wraz ze zużyciem.

Tabela 5. Wyniki przeprowadzonych badań na aparacie czterokulowym T-02U

Table 5. The results of the tests on the four-ball tribometer T-02U

Próbka	Czas trwałości warstwy granicznej τ [s]	Wytrzymałość warstwy granicznej H [Nm]	Czas regeneracji warstwy granicznej τ_r [s]	Stabilizacja oporów tarcia O_r [Nm]
Olej świeży	7,36	10,000	–	–
Olej po 600 h pracy	5,60	8,325	5,15	3,05
Olej po 750 h pracy	5,35	8,255	6,00	2,93

Po dokładnej analizie wykresów momentu tarcia wszystkich próbek oleju można wnioskować, że badany olej silnikowy nie był odświeżany, a znaczne pogorszenie własności przeciwzatarciowych oraz przeciwzuzyciowych jest efektem zaawansowanego procesu jego starzenia. Dzięki otrzymanym wynikom zaprojektowano modelową krzywą zmiany własności smarności w funkcji czasu pracy oleju silnikowego (rys. 7). Z wykresu odczytano, że wraz ze zużyciem oleju jego własności wzrastają, jednak po przekroczeniu pewnej wielkości granicznej ze względu na zbyt dużą zawartość produktów starzenia oraz zanieczyszczeń smarność oleju istotnie maleje. Dla badanego oleju ekstremum funkcji występuje w okolicach sześćsetnej godziny pracy – ze względu na niewielką liczbę prób oleju autorzy nie są w stanie określić dokładnej wartości.



Rys. 3. Zależność własności smarności w funkcji czasu pracy oleju

Fig. 7. The lubricity properties versus operation time

PODSUMOWANIE

Oleje smarowe spełniają wiele funkcji podczas eksploatacji silników. Własności smerności odpowiadają za zmniejszanie oporów tarcia oraz ochronę przed nadmiernym zużyciem, a także zacieraniem współpracujących powierzchni. Podczas eksploatacji olej ma kontakt z wysoką temperaturą, wysokim ciśnieniem, powietrzem, produktami spalania, paliwem czy produktami zużycia współpracujących części, wskutek czego dochodzi do nieodwracalnych zmian własności oleju. W pracy analizowano, za pomocą aparatu czterokulowego, olej silnikowy Marinol RG 1240 po różnym czasie przepracowania w silniku Cegielski-Sulzer 3AL25/30.

Właściwości smarne oraz przeciwzużyciowe oleju rosną wraz z jego starzeniem. Graniczny nacisk zatarcia w oleju przepracowanym wzrasta blisko trzykrotnie w stosunku do oleju świeżego. Jednak ciągły wzrost tych właściwości może być hamowany przez wzrost liczby zanieczyszczeń. Na podstawie otrzymanych wyników stworzono modelową krzywą zmiany własności smerności w funkcji czasu pracy dla badanego oleju silnikowego.

Poznanie charakteru oddziaływań silnik-olej i wyciągnięcie prawidłowych wniosków diagnostycznych może przysparzać dużych trudności. Wymaga systematycznej kontroli stanu oleju, gromadzenia wyników analiz, które umożliwią śledzenie trendów zmian parametrów oleju w ciągu dłuższego czasu jego eksploatacji. W analizie środka smarowego bardzo pomocne byłyby informacje o częstotliwości oraz wielkości dolewek oleju świeżego, a także podejmowanych zabiegach pielęgnacyjnych silnika.

Odpowiedni monitoring środków smarowych pozwala na wydłużenie trwałości i okresów eksploatacji oraz zmniejszenie awaryjności silnika, a co za tym idzie – zmniejszenie kosztów użytkowania.

LITERATURA

1. Gielniewski R., Górski K., Lotko W., Michalczewski R., *Analiza zacierania elementów pompy wtryskowej rozdzielaczowej CAV DPA zasilanej mieszaniną ON i EETB*, Tribologia, 2013, nr 4.
2. Kondrat Z., *Badanie właściwości smarnych substancji smarowych za pomocą aparatu czterokulowego*, instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu eksploatacja maszyn, Politechnika Białostocka, Białystok 2013.
3. Krupowies J., *Badania i ocena zmian właściwości użytkowych olejów urządzeń okrętowych*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, Studia, 2009, nr 49.
4. Laber S., *Badania własności eksploatacyjnych i smarnych uszlachetniacza metalu motor life professional*, Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Maszyn i Pojazdów, Zielona Góra 2003.
5. Maciąg M., *Stale kompleksowe charakteryzujące system tribologiczny*, Tribologia, 2006, nr 5.
6. Młynarczak A., *Badanie wpływu preparatu eksploatacyjnego o działaniu chemicznym na właściwości smarne oleju Titan Truck Plus 15W40 stosowanego w silnikach okrętowych*, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 2012, nr 76, s. 62–68.

7. Total Polska Sp. z o.o., *Przemysłowe środki smarne – poradnik*, Warszawa 2003.
8. Tuszyński W., Rogoś E., *Nowoczesne metody badania właściwości tribologicznych olejów smarowych*, Nafta – Gaz, 2010, nr 10, s. 927–935.
9. Zwierzycki W., *Oleje smarowe. Dobór i użytkowanie*, Rafineria nafty Glimar, Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu, Gorlice 1996.
10. www.lotosoil.pl/resource/show/14718.pdf [maj 2016].
11. www.tribologia.eu/ptt/try/tr05.htm [maj 2016].
12. www.wm.am.gdynia.pl/wp-content/uploads/2011/10/tribometr_czterokulowy.pdf [kwiecień 2014].

THE OIL ENGINE LUBRICITY VARIATION ANALYSIS OF ENGINE OIL APPLIED IN CEGIELSKI-SULZER MOTOR 3AL25/30

Summary

The lubricity of engine oils is the ability of oil to create the boundary layer, which reduces friction and protects the mating surfaces. It is not individual property of oils, because depends on both the nature of the engine oil and the mating surfaces. For the measurement of lubricity using a method involving the destruction of the boundary layer The tribological tests were conducted with the use of a four-ball apparatus, which allows you to determine the parameters: the welding load, the wear under load the seizing load, the limiting pressure of seizure. In this paper the author presented the results of measurements of properties of lubricity engine oil Marinol RG 1240 working in the engine Cegielski-Sulzer 3AL25 / 30 at different time of overwork.

Keywords: *lubricating oil, engine oil, lubricity, boundary layer, four-ball tribometer, seizing load, the limiting pressure of seizure.*