

Stanisław LABER*

**WŁASNOŚCI SMARNE OLEJU PRZEKŁADNIOWEGO
WARUNKOWANE CZASEM PRACY W UKŁADZIE
SMAROWANIA ŁOŻYSK GŁÓWNYCH MASZYNY
WYCIĄGOWEJ**

**THE LUBRICATING PROPERTIES OF THE GEAR OIL
CONDITIONED BY THE TIME OF WORK IN THE
LUBRICATING SYSTEM OF THE MAIN BEARINGS OF
A HOISTING MACHINE**

Słowa kluczowe:

smarowanie, własności smarne, warstwa graniczna, zużycie

Key-words:

lubrication, lubricant properties, boundary layer, wear

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań własności smarnych oleju przekładniowego Transmil SP-150 stosowanego do smarowania węzłów tarcia, w tym łożysk głównych maszyny wyciągowej. Badania przeprowa-

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn, ul. prof. Z. Szafrana 2, 65-016 Zielona Góra.

dzono dla oleju handlowego, który pracował w maszynie wyciągowej przez okres 10 miesięcy, następnie po dodaniu do niego 5% preparatu eksploatacyjnego o działaniu chemicznym urządzenie pracowało przez dalsze cztery miesiące. Wyniki badań przedstawiono w postaci tabel i wykresów. Badania wykazały celowość stosowania preparatu eksploatacyjnego.

WPROWADZENIE

Łożyska maszyny wyciągowej są najważniejszymi elementami, gdyż ich awaria wstrzymuje pracę szybu – wjazd i wyjazd pracowników do i z kopalni, transport rudy i inne. Wiele awarii poprzecznych walcowych łożysk ślizgowych maszyn wyciągowych spowodowanych jest utratą filmu olejowego, poprzedzającego awarię. Powodem tego mogą być [L. 1, 9]:

- awarie układu smarowania lub zły system smarowania;
- nieodpowiednie dobranie środka smarowego lub nieuwzględnienie w obliczeniach zmian jego własności reologicznych w wyniku dostania się do oleju kurzu, wody z zewnątrz lub startych cząstek z panewek (przy złej filtracji). Olej przestaje być wtedy cieczą newtonowską. Zmiany własności oleju mogą być spowodowane także zmianami jego dodatków, które dodaje się do olejów w celu polepszenia własności smarnych. Zmiana własności reologicznych oleju podczas eksploatacji powoduje zmniejszenie nośności łożysk.

Dotychczas konstruktorzy przy projektowaniu łożysk wielkogabarytowych nie uwzględniają:

- wad materiałowych panewek;
- źle dobranych luzów i ich zmienności w czasie eksploatacji spowodowanej przesunięciami wału związanymi z odkształceniami cieplnymi, przesunięciami konstrukcji. Przy zwiększonym luzie, w porównaniu z wymaganą wartością, maleje siła nośna klina smarnego oraz grubość warstwy oleju. Takie warunki pracy zmniejszają obciążalność łożyska i powiększają straty energii. W przypadku współpracy czopa z panwią łożyska źle smarowanego pojawiają się drgania. Drgania te powstają przy powolnym przemieszczaniu się jednego elementu po drugim na skutek powtarzającego się zrywania szczytów nierówności i skokowego zwiększania wartości siły powodującej to zrywanie – ruch wału ma charakter podobny, jak przy tarcu stick-slip;
- złych zabudowań panewek w obudowie;

- drgań wywołanych chwilowym niewyważeniem układu;
- złych uszczelnień.

W przypadku maszyny wyciągowej istotne znaczenie mają ponadto warunki dynamiczne pracy. W tym przypadku mamy do czynienia z pracą dwóch naczyń skipowych o ładowności około 18 ton, z których jedno naczynie jest załadowywane na poziomie wydobywania rudy (średnio około 800 m), a w tym czasie drugie jest rozładowywane na powierzchni kopalni. Wał maszyny wyciągowej wykonuje obroty raz w lewo, raz w prawo z krótkimi przerwami do załadowania i rozładowania naczyń skipowych. Czas postoju wynosi około 25 sekund. W momencie postoju następuje przerwanie klina smarnego i ponowny rozruch maszyny rozpoczyna się początkowo od tarcia mieszanego, a dopiero po uzyskaniu odpowiedniej prędkości obrotowej wału względem nieruchomej panewki tworzy się klin smarny, powodujący smarowanie hydrodynamiczne. Powyższe warunki pracy sprzyjają przyspieszonemu zużyciu powierzchni półpanewek łożyska ślizgowego.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Z przeprowadzonej analizy czynników mających wpływ na prawidłową pracę omawianych łożysk ślizgowych wynika, że jednym z podstawowych elementów jest jakość smarowania, która decyduje o trwałości warstwy granicznej środka smarowego, mającej decydujący wpływ na pracę łożyska w momencie rozruchu. Przeprowadzone badania [L. 3, 4 i inne] wykazały, że poprawę warunków pracy łożysk ślizgowych w momencie rozruchu można uzyskać poprzez wprowadzenie do węzłów tarcia preparatów eksploatacyjnych (PE) opartych na związkach chemicznych lub innych środkach smarnych stałych, takich jak grafit, miedź, cynk i inne. Powodują one zwiększenie trwałości warstwy granicznej oraz jej odporności na przerywanie, minimalizując tym samym opory ruchu oraz zmniejszają zużycie.

Celem badań objętych niniejszym artykułem było wyznaczenie wpływu PE o działaniu chemicznym na poprawę własności smarnych oleju, które charakteryzują przeciwwzatarciowe działanie środków smarowych (obciążenie zespawania P_z , wskaźnik zużycia pod obciążeniem I_h , graniczne obciążenie zużycia G_{oz}) oraz trwałość warstwy smarnej służącej do wyznaczenia warunków, w których następuje zniszczenie tej warstwy i rozpoczęcie zacierania (obciążenie niezacierające P_n oraz obciążenie zacierające P_t).

Badania własności smarnych przeprowadzono za pomocą aparatu czterokulowego – testera T-02 produkcji Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego w Radomiu [L. 3] zgodnie z normą [L. 4].

Badaniom poddano 3 rodzaje środków smarnych:

- A. Olej handlowy Transmil SP-150;
- B. Olej handlowy Transmil SP-150 po przepracowaniu w maszynie wyciągowej przez okres 10 miesięcy;
- C. Olej handlowy Transmil SP-150 po przepracowaniu w maszynie wyciągowej przez okres 10 miesięcy i dodaniu po tym okresie 5% PE o działaniu chemicznym i dalszej pracy przez okres 4 miesięcy.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań przedstawione w **Tab. 1** i na **Rys. 1** wykazują, że warunki eksploatacji w okresie 10 miesięcy spowodowały wiele przemian fizykochemicznych środka smarowego, różnie wpływających na wskaźniki określające własności smarne. Nie zmieniło się obciążenie zespawania P_z , graniczne obciążenie zużycia G_{oz} , natomiast nieznacznie uległy zmianie pozostałe wskaźniki, tj. nastąpił wzrost wskaźnika zużycia pod obciążeniem I_h , obciążenia niezacierającego P_n oraz obniżenie obciążenia zacierającego P_t .

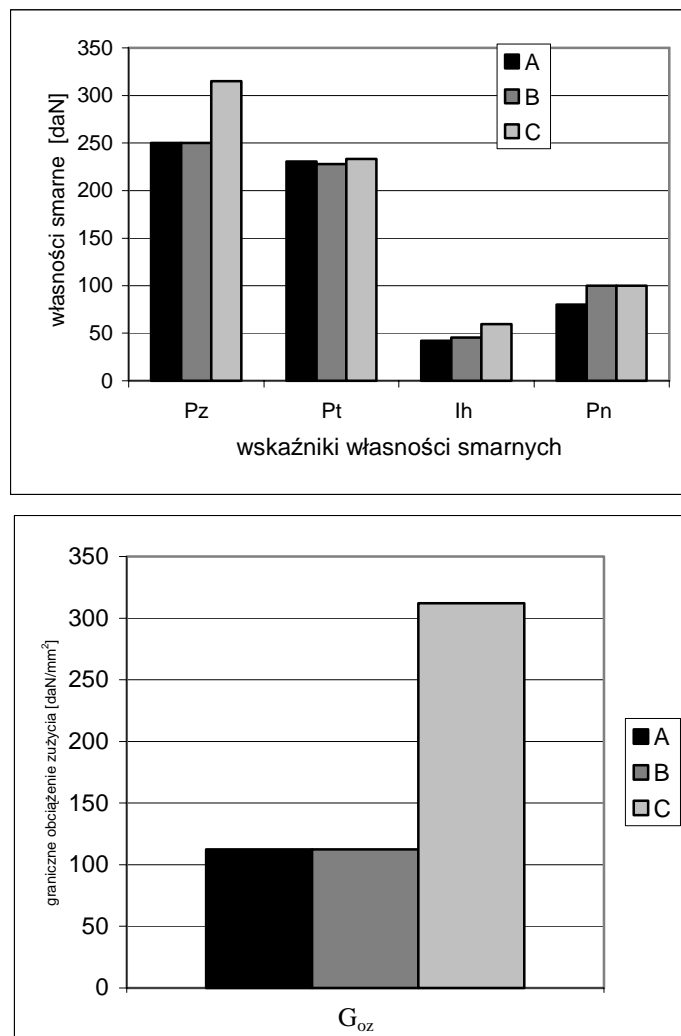
Tabela 1. Własności smarne badanych środków smarnych

Table 1. Lubricating properties of tested lubricating substances

Środek smarowy	Własności smarne				
	P_z [daN]	P_t [daN]	I_h [daN]	P_n [daN]	G_{oz} [daN/mm ²]
A. Olej handlowy Transmil SP-150	250	230,65	41,95	80	112,32
B. Olej po 10 miesiącach eksploatacji	250	227,92	45,52	100	112,32
C. Olej po 14 miesiącach eksploatacji i modyfikacji PE	315	233,38	59,57	100	312,00

Z **Rys. 2** wynika, że dla zadanego obciążenia $P = 200$ daN (obciążenie poprzedzające obciążenie zespawania) wartość siły tarcia dla obu środków smarnych A i B oscyluje w przedziale sił $2,1 \div 2,8$ daN, z tym że w końcowej fazie cyklu badawczego mniejsze siły tarcia występują dla

oleju handlowego A. Średnice skaz – **Rys. 3** dla oleju handlowego po zakończonym cyklu badawczym są mniejsze, co świadczy o mniejszym zużyciu elementów trących.

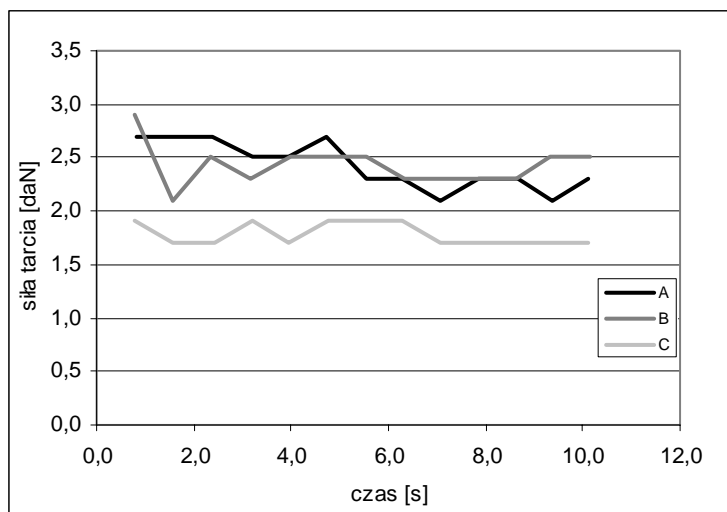


Rys. 1. Własności smarne badanych środków smarowych

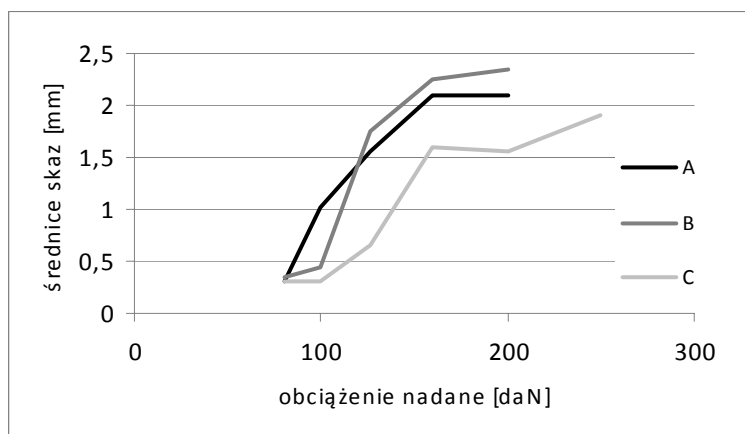
Fig. 1. Lubricating properties of tested lubricating substances

Przebieg zmienności siły tarcia w czasie dla węzła tarcia obciążonego siłą $P = 200$ daN przedstawiono na **Rys. 2**. Siła tarcia dla środka smarowego A i B ma podobny przebieg, z tym że dla oleju przepracowa-

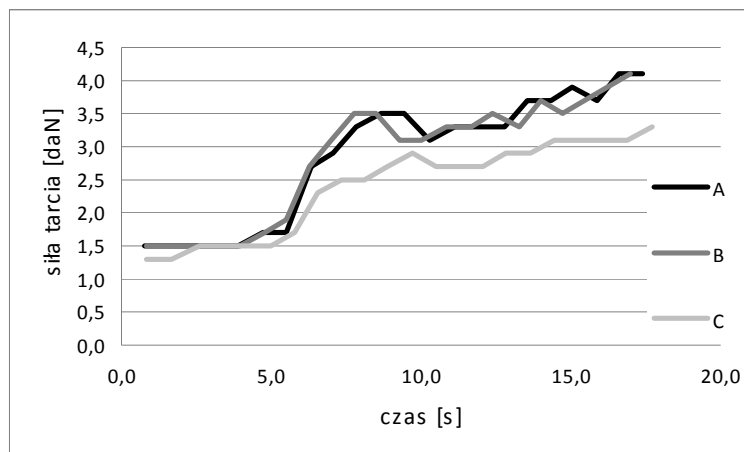
nego następuje stabilizacja siły tarcia na niższym poziomie. Przy narastającym obciążeniu węzła tarcia $0 \div 800$ daN – **Rys. 4** przebieg sił tarcia dla środka smarowego A i B jest podobny, z tym że w końcowej fazie narastającego obciążenia siła tarcia dla oleju przepracowanego po okresie 10 miesięcy (B) kształtuje się na niższym poziomie. Potwierdzeniem pozytywnego oddziaływania PE jest przebieg zmienności siły tarcia dla węzła tarcia obciążonego siłą 150 daN – **Rys. 5**.



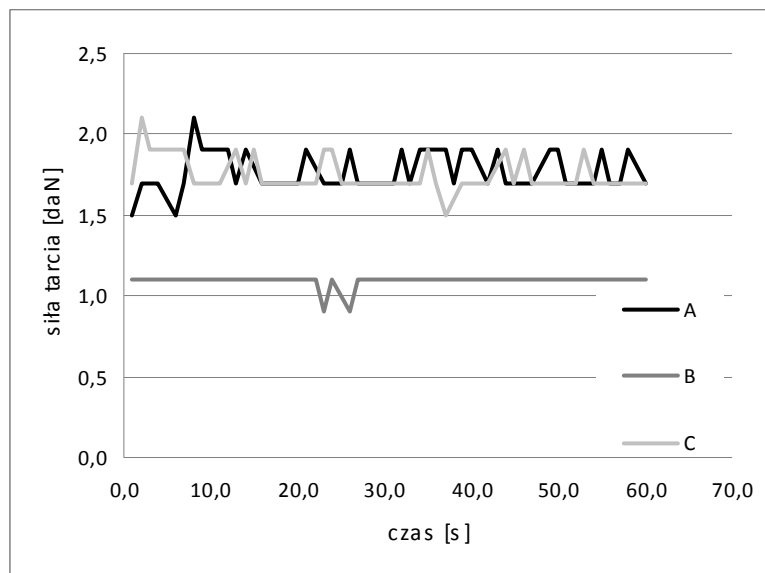
Rys. 2. Przebieg zmienności siły tarcia węzła tarcia obciążonego siłą $P = 200$ daN
Fig. 2. Changeability of friction force for friction node loaded with forcer $P = 150$ daN



Rys. 3. Średnice skaz w funkcji obciążenia węzła tarcia
Fig. 3. Defect diameters in load function of friction node



Rys. 4. Przebieg zmienności siły tarcia w funkcji obciążenia węzła tarcia
Fig. 4. Changeability of friction force in load function of friction node



Rys. 5. Przebieg zmienności siły tarcia w czasie dla węzła tarcia obciążonego siłą $P = 150$ daN
Fig. 5. Changeability of friction force in time for friction node loaded with force $P = 150$ daN

Dodanie do środka smarowego PE po okresie 10 miesięcy jego normalnej pracy i dalszej pracy przez następne 4 miesiące wykazało, że w sposób zdecydowany poprawiły się jego własności smarne, a tym samym poprawiły się warunki pracy łożysk ślizgowych.

WNIOSKI

Badania własności smarnych badanych środków smarowych wykazały, iż w wyniku modyfikacji oleju Transmil SP-150 PE o działaniu chemicznym nastąpiło:

- znaczne polepszenie własności smarnych badanego oleju, tj. wzrost odporności na zużycie (zwiększenie wskaźnika obciążenia zespawania P_z , wskaźnika zużycia pod obciążeniem I_h oraz granicznego obciążenia zużycia G_{oz}),
- zwiększenie trwałości warstwy granicznej (poprzez wzrost obciążenia niezacierającego P_n oraz obciążenia zacierającego P_t).

Na podstawie otrzymanych wyników można przypuszczać, że znacząco zmniejszy się zużycie w układzie czop-panewka łożysk głównych maszyny wyciągowej wynikające głównie z częstych „suchych startów” (ponad 100 na dobę) oraz wydłuży się czas wymiany oleju.

Biorąc pod uwagę, iż stosowany PE został dodany do oleju częściowo przepracowanego, należałoby przeprowadzić szersze badania od momentu dodania do oleju handlowego modyfikowanego PE do momentu jego wymiany. Badania mogłyby objąć także inne własności, takie jak: własności reologiczne, liczbę zasadową i inne.

LITERATURA

1. Chaberko J., Orzechowski A., Pytko S.: Problemy eksploatacyjne łożysk ślizgowych. Materiały udostępnione przez KGHM Polska Miedź S.A.
2. Godfrey D.: Boundary Lubrication. Materiały sympozjum „Interdisciplinary approach to friction and wear” w San Antonio. 1967, s. 335–384.
3. Instrukcja obsługi testera T-05, MCNEMT. Radom 1993.
4. Laber St., Laber A.: Wybrane zagadnienia tribologiczne związane z problematyką tarcia bezzużyciowego. Politechnika Zielonogórska 1997.
5. Laber A.: Modyfikowanie własności smarnych oleju silnikowego preparatem eksploatacyjnym o działaniu chemicznym. Wyd. TRIBOLOGIA 2008 (w druku).

6. Laber A.: Studium zjawisk tribologicznych zachodzących w węzłach tarcia smarowanych preparatami eksploatacyjnymi. Uniwersytet Zielonogórski 2008. Praca nieopublikowana.
7. Laber S.: Lubrication and application properties of MOTOR LIFE exploitation agent. University of Zielona Góra, Zielona Góra 2004.
8. PN-76/C – Badania własności smarnych olejów i smarów.
9. Orzechowski J., Pytko S.: Usprawnienia eksploatacyjne pracy łożysk ślizgowych maszyn wyciągowych. Materiały udostępnione przez KGHM Polska Miedź S.A.
10. Szczerek M., Tuszyński W.: Badania tribologiczne – zacieranie. Wyd. ITeE, Radom 2000.
11. Warunki techniczne: „Oleje do przekładni przemysłowych”, Lotos Gdańsk 2005.
12. Blencoe K.A., Williams J.A.: Friction of sliding surfaces carrying boundary layers: The relation between friction on the micro- and macro-scales, [w:] Bushan B. (ed.), Micro/Nanotribology and its Application, Kluwer Academic Publishers Dordrecht/Boston/ London, 1997.
13. Enthoven J.C., Spikes H.A.: Temperature profiling of EHD contacts prior to and during scuffing. Proc. XXIth Leeds-Lyon Conference, Leeds 1994.
14. Sieber J., Meyer K., Kloss H., Schoepke A.: Characterization of boundary layers formed by different metal dithiophosphates in four-ball machine, Wear, 85 (1983).

Recenzent:
Ryszard MARCZAK

Summary

This article presents the test results on the lubricating properties of the gear oil Transmil SP-150 used to lubricate friction nodes, including main bearings of lifting machines. The test was done on commercial oil that operated in a lifting machine for the period of 10 months. After this period, 5% operational substance of chemical properties was added to the oil and the machine operated for a further four months. The test results are presented in tables and charts.