

**Andrzej MŁYNARCZAK\***

**BADANIA WŁASNOŚCI PRZECIWZUŻYCIOWYCH  
I PRZECIWZATARCIOWYCH SMARÓW  
PLASTYCZNYCH STOSOWANYCH W ŁOŻYSKACH  
TOCZNYCH**

**RESEARCH OF ANTIWEAR AND ANTISEIZURE  
PROPERTIES OF THE GREASES USED  
IN ROLLING BEARINGS**

**Słowa kluczowe:**

smar plastyczny, łożyska toczne, własności smarne

**Key words:**

grease, rolling bearing, antiwear and antiseizure properties

**Streszczenie**

Łożyska toczne występują we wszelkiego rodzaju maszynach, których elementy przemieszczają się względem siebie. Często decydują one o trwałości maszyn, w których je zastosowano, przy czym istotną (często

---

\* Akademia Morska w Gdyni, ul. Morska 81/87, 81-225 Gdynia,  
e-mail: mlynek@am.gdynia.pl.

niedocenianą) rolę odgrywa tutaj czynnik smarujący. Efektem oddziaływania medium smarującego (oleju lub smaru plastycznego) jest zmniejszenie oporów ruchu przemieszczających się względem siebie elementów oraz zmniejszenie ich zużycia. W większości przypadków łożyska toczne smarowane są smarami plastycznymi, co znacznie ułatwia lub całkowicie eliminuje obsługę, upraszcza konstrukcję i w konsekwencji obniża koszty eksploatacji. W praktyce przemysłowej stosowane są smary plastyczne różnych producentów. O ich przydatności w określonych warunkach pracy decydują takie cechy jak: konsystencja, zakres temperatur pracy, odporność na działanie wody oraz smarność.

W artykule przedstawiono ogólną charakterystykę smarów plastycznych oraz porównawcze wyniki badań własności smarnych wybranych smarów stosowanych w łożyskach tocznych. Badania wykazały, że smary plastyczne Motor Life zdecydowanie polepszają własności smarne węzła tarcia, który tym samym jest zdolny przenosić większe obciążenia i temperatury. Zastosowanie smaru plastycznego o lepszych własnościach przeciwzużyciowych i przeciwzatarciowych może w trudnych warunkach pracy łożyska uchronić je przed zatarciem, a tym samym zwiększyć trwałość maszyny, w której łożysko to zostało zamontowane.

## WPROWADZENIE

Łożyska toczne zwykle wykorzystywane są w konstrukcji podpór łożyskowych wałów maszyn wirnikowych, silników elektrycznych, przekładni zębatych i wałów śrubowych. Często decydują one o trwałości maszyn, w których je zastosowano, przy czym istotną (często niedocenianą) rolę odgrywa tutaj czynnik smarujący. Efektem oddziaływania medium smarującego (oleju lub smaru plastycznego) jest zmniejszenie oporów ruchu przemieszczających się względem siebie elementów oraz zmniejszenie ich zużycia. Czynniki smarujące przyczyniają się zatem do zwiększenia trwałości maszyn, gdyż wpływają w znacznym stopniu na trwałość stosowanych w nich łożysk tocznych.

Na powierzchniach łożysk tocznych można niekiedy zaobserwować lokalne odbarwienia jako efekt przegrzania towarzyszącego zazwyczaj zacieraniu się łożyska spowodowanego niewłaściwym (zbyt małym lub zbyt dużym) luzem, niedostatecznym smarowaniem, niewspółosiowością pierścieni lub zanieczyszczeniami stałymi w czynniku smarującym. W walcowych łożyskach tocznych silników elektrycznych charakteryzujących się wysokim wskaźnikiem mocy niekiedy występuje problem zbyt

małego luzu roboczego łożyska. Sytuacja taka może mieć miejsce wtedy, gdy łożysko zostanie zmontowane z podzespołów, których odchyłki wykonawcze tworzą niekorzystny układ znacznie zmniejszający luz promieniowy łożyska zamontowanego (np. czop łożyskowy wału wykonany z górną odchyłką, a otwór komory łożyskowej wykonany z dolną odchyłką). Wodne chłodzenie tych silników kanałami umieszczonymi tylko w kadłubie powoduje, iż między pierścieniami wewnętrznym i zewnętrznym łożysk tocznych występuje duża różnica temperatur, która powoduje termiczne zmniejszanie się luzu roboczego łożysk. Jeżeli sytuacja taka dotyczy silnika, w którym zamontowano łożyska z opisanym wyżej niekorzystnym układem odchyłek wymiarowych podzespołów, to rzeczywisty luz łożyska w temperaturze pracy może być bliski zeru. Dla łożysk walcowych skutkuje to zwykle zatarciem i w konsekwencji unieruchomieniem silnika elektrycznego. W tych szczególnych warunkach pracy łożyska istotną rolę ma do spełnienia czynnik smarujący charakteryzujący się odpowiednimi własnościami przeciwzużyciowymi i przeciwwzatarciowymi.

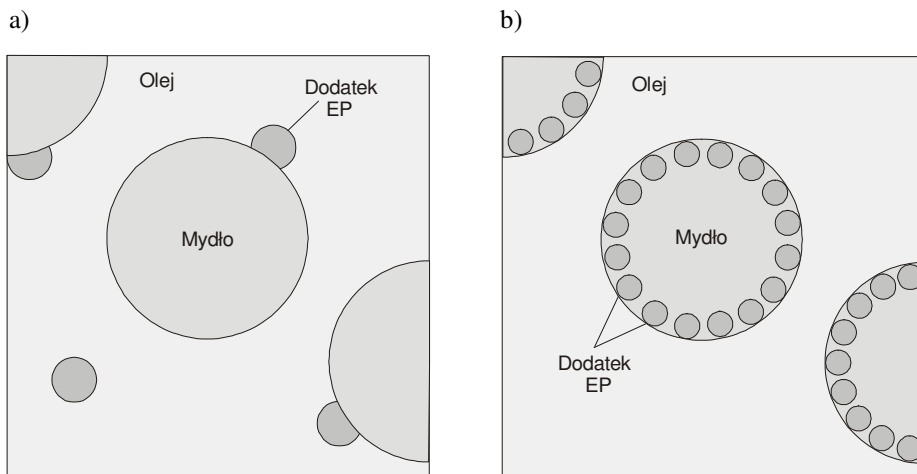
W artykule przedstawiono porównawcze wyniki badań własności przeciwzużyciowych i przeciwwzatarciowych dwóch grup smarów plastycznych stosowanych w łożyskach tocznych. Grupa pierwsza obejmowała smary plastyczne zalecane przez producentów silników elektrycznych, natomiast w skład grupy drugiej wchodziły smary ogólnego stosowania.

## SKŁAD I BUDOWA SMARÓW PLASTYCZNYCH

Z chemicznego punktu widzenia smary plastyczne są to układy koloidalne, w których fazą rozpraszającą jest olej, a fazą rozproszoną zagęszczacz. Smary plastyczne zawierają zwykle od 70 do 90% fazy ciekłej (oleju bazowego). Jako oleje bazowe stosuje się najczęściej następujące rodzaje substancji: oleje mineralne, oleje syntetyczne węglowodorowe, oleje poliglikolowe, syntetyczne estry, oleje silikonowe, tłuszcze roślinne i zwierzęce oraz estry kwasów tłuszczowych i alkoholi monowodorotlenowych lub wielowodorotlenowych (smary biodegradowalne), estry poli-fenylowe, chlorofluorowęglowodory i in. Mikroskopowy obraz smaru plastycznego przypomina gąbkę nasyconą cieczą. W tym wyobrażeniu gąbkę stanowi zagęszczacz, który tworzy elastyczną, przestrzenną strukturę sieciową wiążącą fazę ciekłą. Najczęściej stosowanym zagęszczaczem są sole (mydła) wyższych kwasów tłuszczowych takich metali, jak

wapń, sól, potas, lit, ołów i glin. Stosowane są również substancje inne niż mydła, np.: woski, stałe węglowodory, polimery, bentonity, hydroli-zowana krzemionka i in. Oprócz wymienionych wyżej składników smary plastyczne mogą zawierać podobnie jak oleje smarowe, dodatki uszlachetniające. Dobór i zawartość w smarze dodatków jest wynikiem badań dotyczących wpływu poszczególnych dodatków na własności użytkowe smaru. Generalnie dodatki uszlachetniające stosowane w smarach pla-stycznych można podzielić na następujące grupy:

- przeciwzużyciowe (AW) i przeciwwzartarciowe (EP) powodujące zmniejszenie zużycia współpracujących powierzchni oraz odporność na zatarcie przy dużych obciążeniach;
- inhibitory utlenienia zapobiegające procesom starzenia smaru;
- inhibitory korozji i rdzewienia zapewniające ochronę metali koloro-wych i stopów żelaza przed wilgocią i agresywnymi czynnikami che-micznymi;
- deaktywatory metali redukujące katalityczny wpływ na proces utlenia-nia smaru zdyspergowanych metali;
- dodatki adhezyjne poprawiające przyczepność smaru do podłoża;
- dodatki stałe (grafit, dwusiarczek molibdenu, proszki metali i in.) sto-sowane jako środki przeciwwzartarciowe i uszczelniające.



**Rys. 1. Porównanie struktury smarów litowych: a) normalny smar litowy, b) smar litowy kompleksowy – dodatek przeciwwzartarciowy wprowadzony do wnętrza cząsteczki mydła**

Fig. 1. Comparison of the lithium greases structure: a) normal lithium grease, b) complex lithium grease – antiseizure additive inserted inside the soap molecule

Jednak nie tylko obecność określonego dodatku decyduje o własnościach użytkowych smaru, ale również sposób jego wbudowania w strukturę. Przykładowo ilustruje to **Rys. 1**. Ten sam dodatek przeciwzatarciowy wprowadzony do wnętrza cząsteczki mydła (**Rys. 1b**) znacznie poprawia odporność smaru na duże naciski.

Ilościowy i jakościowy dobór poszczególnych składników smaru plastycznego (faza ciekła, zagęszczacz, dodatki) decyduje o jego własnościach użytkowych, takich jak: konsystencja, zakres temperatur pracy, odporność na działanie wody i agresywnych czynników chemicznych, przyczepność do powierzchni metalowych, zdolność do przenoszenia dużych obciążeń, odporność na utlenianie. Cechy te wskazują z kolei na przydatność smaru plastycznego do określonych warunków pracy łożyska.

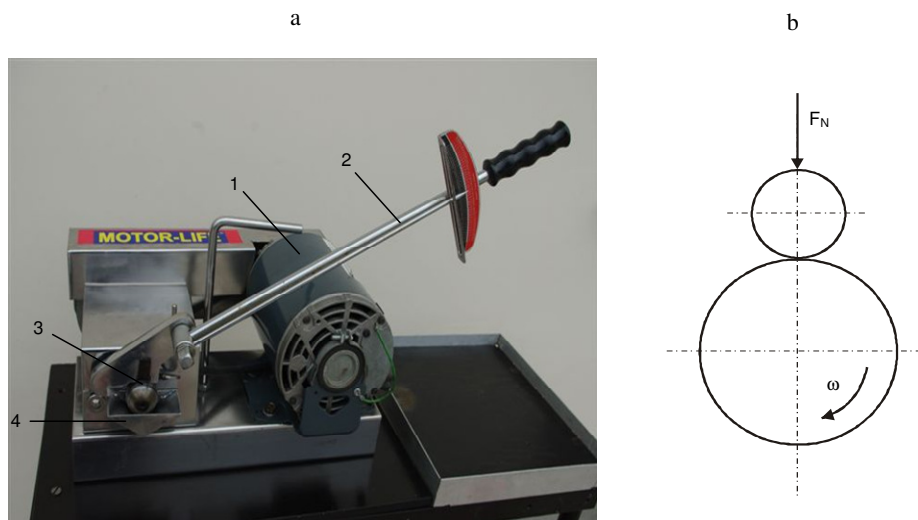
## **BADANIA PORÓWNAWCZE WŁASNOŚCI SMARNYCH WYBRANYCH SMARÓW PLASTYCZNYCH**

Przedstawione poniżej wyniki badań porównawczych dotyczą dwóch grup smarów plastycznych stosowanych w łożyskach tocznych:

- grupa I – smary plastyczne zalecane do stosowania przez producentów silników elektrycznych: LPGHP2, Turmogrease PU 703, Turmogrease PU 1002, Renolit Unitemp 2, Motor-Life 16 Professional;
- grupa II – smary plastyczne ogólnego stosowania: ŁT-43, ŁT-4S3, Motor-Life 3.

Badania porównawcze smarów plastycznych z grupy I zrealizowano na maszynie tribologicznej, w której węzeł tarcia stanowi wirujący, napędzany silnikiem elektrycznym walec o średnicy 40 mm dociskany do drugiego, nieruchomo osadzonego w gnieździe walca o średnicy 8 mm i długości 12 mm [**L. 6**]. Próbką i przeciwpróbką wykonane są ze stali hartowanej do twardości 66 HRC. Obciążenie węzła tarcia regulowano w zakresie od 0 do 1471,5 Nm (od 0 do 150 kGm) momentem siły przykładanym do końcówki regulacyjnej urządzenia za pomocą wyskalowanego klucza dynamometrycznego. Pod węzłem tarcia znajduje się pojemnik pozwalający zanurzyć współpracujące elementy w badanym smarze plastycznym. Obciążenie węzła tarcia płynnie zwiększano aż do momentu jego zatarcia. Stanowisko badawcze oraz geometrię styku próbki z przeciwpróbką przedstawiono na **Rys. 2**, natomiast wyniki badań na **Rys. 3**.

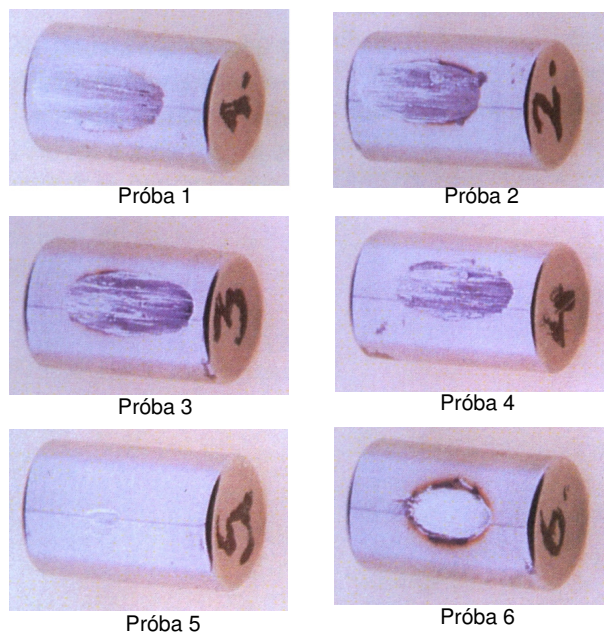
Przedstawiona na **Rys. 2** maszyna tarcia jest bardzo prostym urządzeniem ze względu na budowę i sposób zadawania obciążenia. Dlatego też uzyskane wartości liczbowe dotyczące wielkości śladów zużycia należy traktować z pewną rezerwą. Prostota tego urządzenia jest zdaniem autora również jego zaletą, gdyż może być ono przydatne do wstępnych (nieabsorbujących czasowo), porównawczych badań własności przeciwzużyciowych i przeciwzatarciowych smarów plastycznych.



**Rys. 2.** Stanowisko do badania środków smarnych: a) widok stanowiska, b) schemat węzła tarcia; 1 – silnik elektryczny, 2 – klucz dynamometryczny, 3 – węzeł tarcia, 4 – zbiornik smaru

Fig. 2. The stand for testing lubricants: a) the test stand view, b) the scheme of the friction pair: 1 – electric motor, 2 – torque wrench, 3 – friction pair, 4 – grease tank

Smary plastyczne LPGHP2, Turmogrease PU 703, Turmogrease PU 1002, Renolit Unitemp 2 badane w próbach nr 1÷4 charakteryzują się zbliżonymi własnościami przeciwzatarciowymi. Powierzchnia zużycia chropowata, widoczne nalepienia materiału. Zatarcie i unieruchomienie współpracujących elementów nastąpiło przy docisku wywołanym momentem 294,3 Nm (30 kGm). Pewne różnice pomiędzy badanymi smarami można jednak zauważyć w wielkości śladów pracy. Dla smarów Renolit Unitemp 2 i Turmogrease PU 703, w których olejami bazowymi są oleje syntetyczne, wielkości śladów pracy zawierają się w przedziałach – 7,3÷7,8 mm, natomiast dla smarów LGHP2 i Turmogrease PU 1002, w których oleje bazowe są olejami mineralnymi, uzyskano nieco większe wielkości śladów pracy – 8,1÷8,3 mm.



**Rys. 3. Ślady zużycia próbek dla badanych smarów plastycznych [L. 6]**  
Fig. 3. Wear of the samples for the tested greases [L. 6]

Wielkości liczbowe docisku, przy których nastąpiło zatarcie współpracujących elementów, a także niewielkie różnice w wielkościach śladów zużycia dla smarów badanych w próbach od 1 do 4 nie są tutaj istotne. Na uwagę zasługuje natomiast fakt zdecydowanie różniących się wyników uzyskanych dla smaru Motor-Life16 Professional (próba nr 5). W tym przypadku nie nastąpiło zatarcie współpracujących elementów. Przy obciążeniu 294,3 Nm (30 KGm) uzyskano ślad pracy o długości 2,2 mm, którego gładka, wypolerowana powierzchnia nie wskazywała na wystąpienie jakichkolwiek symptomów zacierania. Wykonano zatem dodatkową próbę obciążając węzeł tarcia momentem siły 1471,5 Nm (150 kGm) – maksymalnym, możliwym do uzyskania na zastosowanej maszynie tarcia. Zwiększeniu uległy jedynie wymiary śladu pracy do wartości 5,1 mm (próba nr 6). Gładka, wypolerowana powierzchnia nadal nie wskazywała na jakiegokolwiek symptomy zacierania się współpracujących elementów.

Badania porównawcze smarów plastycznych z grupy II zrealizowano na aparacie czterokulowym T-02, w którym węzłem tarcia był zespół czterech stalowych kulek zanurzonych w badanym smarze plastycznym [L. 3]. Określano takie wskaźniki jak: obciążenie zespawania Pz, wskaźnik zużycia pod obciążeniem Ih, największe obciążenie niezacierające Pn, obciążenie zacierające pt. Badania wykazały, że smar plastyczny Motor Life 3 w porównaniu ze smarami ŁT-43 oraz ŁT-4S3 charakteryzuje się zdecydowanie lepszymi własnościami smarnymi. Istotne różnice na korzyść smaru Motor Life 3 uzyskano dla wszystkich badanych wskaźników.

## PODSUMOWANIE

Nośność węzłów tarcia maszyn można zwiększyć poprzez uszlachetnianie warstwy wierzchniej w procesie wytwarzania maszyn, jak też przez stosowanie smarów o lepszych własnościach przeciwzużyciowych i przeciwzatarciowych uzyskiwanych dzięki dodatkom uszlachetniającym typu AW i EP. Dodatki te wchodzi w reakcje z metalicznym podłożem (szczególnie aktywnie w podwyższonej temperaturze procesu tarcia) tworząc „mocną” warstwę graniczną (głównie dzięki chemisorpcji) oraz dodatkowe zabezpieczenie w postaci warstwy dyfuzyjnej. Można tym samym powiedzieć, że dodatki i przeciwzatarciowe zawarte w smarze modyfikują warstwę wierzchnią, a ponadto umożliwiają regenerację tej warstwy w przypadku jej zużycia. Powstają w ten sposób świadomie tworzone struktury wtórne o odporności na zużycie (zatarcie) znacznie przewyższającej zastosowane materiały konstrukcyjne. Łączna grubość oraz jakość tych struktur decyduje o ich trwałości, a tym samym o zdolności węzła tarcia do przenoszenia obciążeń temperaturowych i dynamicznych.

Wyniki badań porównawczych wykazały, że smary Motor Life 3 i Motor Life 16 Professional charakteryzują się nieporównanie lepszymi własnościami przeciwzużyciowymi i przeciwzatarciowymi w stosunku do innych badanych smarów plastycznych. Własności te wynikają z zastosowanego pakietu dodatków typu AW i EP, którego skład chemiczny jest objęty tajemnicą producenta. Zastosowanie smaru o podwyższonych własnościach przeciwzużyciowych i przeciwzatarciowych może w pewnych szczególnych warunkach pracy łożyska (wynikających np. z braku współosiowości pierścieni, obecności zanieczyszczeń stałych w substancji smarującej lub niewłaściwego luzu na powierzchniach osadzenia pier-



ścieni) uchronić je przed zatarciem, a tym samym zwiększyć trwałość maszyny, w której łożysko to zastosowano.

## LITERATURA

1. Gawrońska H.: Smary do trudnych zastosowań przemysłowych. *Agro Przemysł* 6/2009.
2. Johnson M., Samman N.: High Temperature Greases. *Machinery Lubrication Magazine*, May 2002.
3. Laber S.: Badania własności eksploatacyjnych i smarnych uszlachetnicza metalu. Uniwersytet Zielonogórski 2003.
4. Lawrowski Z.: Tribologia. Tarcie, zużywanie i smarowanie. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 1993.
5. Motor Life Professional – Materiały firmowe firmy Plastmal.
6. Smutek A., Kwak J., Maciejczyk J.: Zastosowanie smaru Motor-Life 16 Professional w elektrycznych silnikach kombajnowych. Sprawozdanie z prób. Zabrzeńskie Zakłady Mechaniczne S.A. GRUPA KOPEX. Zabrze 2009 (materiały niepublikowane).
7. Stańkowski L.: Smary plastyczne z dwusiarczkiem molibdenu. *Paliwa, oleje i smary w eksploatacji*, nr 31/1996.
8. Włodarski J.K.: Podstawy eksploatacji maszyn okrętowych. Tarcie i zużycie. Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni. Gdynia 2006.

**Recenzent:**  
**Janusz JANECKI**

## Summary

**Rolling bearings exist practically in all machines where elements are interacting. They often determine the machine's reliability, and the essential role (quite often unappreciated) is played by lubricant. The lubricant (lubricating oil or grease) decreases the frictional resistance and wear of the mating elements. In a majority of cases, the rolling bearings are greased, which considerably simplifies or fully eliminates its maintenance, and it also simplifies construction and consequently reduces operating costs. In industrial practice, greases of various types are applied. The suitability of a grease for specified working conditions is determined by the following characteristics: consistence, operating temperatures range, water resistance, and oiliness.**

**The paper presents overall characteristics of the greases as well as comparative research results of the lubricating properties of the tested greases applied in rolling bearings. Research results show that Motor Life greases strongly improve lubricating properties of the tribological system, which is consequently able to stand higher loads and temperatures. Application of the grease which is characterised by better antiwear and antiseizure properties can, in difficult operating conditions, protect the rolling bearings against seizing and increase the reliability of the machine in which these bearings are applied.**