Tadeusz LEŚNIEWSKI*

MODYFIKACJA OLEJU TRANSOL 150 SMARAMI STAŁYMI

THE MODIFICATION OF TRANSOL 150 OIL WITH THE ADDITION OF GREASES

Słowa kluczowe:

tribologia, odporność na zużywanie, smar

Key-words:

tribology, resistance to wear, grease

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań dotyczących oceny skuteczności smarowania przy styku skoncentrowanym punktowym czterech następujących olejów: Transol 150 oraz oleju bazowego Transol 150 z dodatkiem 3% proszku grafitu, MoS2 lub PTFE. Oceny właściwości smarnych dla przyjętych smarów dokonano na podstawie testów wykonanych na standardowym aparacie czterokulowym produkcji Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu z zastosowaniem wytycznych normy PN-76/C-04147. Efektywność analizowanych smarów oceniano według czterech wielko-

* Politechnika Wrocławska, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; Zakład Podstaw Konstrukcji Maszyn i Tribologii, ul. Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław, tel. 071 320 40 31 mail: tadeusz.lesniewski@pwr.wroc.pl

ści kryterialnych, tj. zużycia kulek d, obciążenia zespawania F_z, granicznego obciążenia zużycia G_{oz} oraz wskaźnika zużycia I_h. Wyniki eksperymentu zostały opracowane statystycznie przy poziomie ufności 95%, stosując test t-Studenta. Opracowane wartości wskaźnika zużycia I_h, granicznego obciążenia zużycia G_{oz} oraz charakterystyki zużycia od obciążenia nadanego i obciążenia zespawania F_z przedstawiono graficznie na **Rys. 1, 2** i **3**. Odnotowano pozytywny wpływ zastosowanych napełniaczy na polepszenie charakterystyk tribologicznych oleju bazowego.

WPROWADZENIE

Nieustanne dążenie do polepszenia charakterystyk roboczych maszyn i urządzeń wymusza całościowe lub częściowe wyeliminowanie procesów negatywnych. Jednym z nich jest tarcie, którego ograniczenie podnosi sprawność, trwałość i niezawodność projektowanego układu. Aby ograniczyć negatywne skutki tarcia, nie zawsze wymagane jest stworzenie nowego środka smarnego. Bardzo dobre wyniki uzyskuje się poprzez polepszenie właściwości smarnych środka dostępnego na rynku. Poprawienie efektywności smaru może być wynikiem wprowadzenia do jego składu tzw. napełniacza. Mechanizm działania takiego napełniacza jest znany i został dobrze opisany w literaturze **[L. 1, 2]**, a samo wprowadzenie odpowiedniego napełniacza do smaru jest najprostszym sposobem poszerzenia zakresu stosowalności istniejących środków smarnych.

Znacznym zainteresowaniem, spośród różnego rodzajów napełniaczy dostępnych na rynku, cieszą się smary stałe. Ich zastosowanie pozwala polepszyć właściwości przeciwzatarciowe i przeciwzużyciowe uzyskanej kompozycji smarnej oraz zmniejsza straty tarcia w układzie. W literaturze tribologicznej dostępnych jest wiele prac dotyczących określania charakterystyk smarów stałych oraz innych środków smarnych (głównie smarów plastycznych), których efektywność polepszano wykorzystując do tego celu różne smary stałe. Niestety, pomimo dużego materiału doświadczalnego, nie można prognozować trwałości węzłów ślizgowych bez przeprowadzania badań weryfikacyjnych. Dzieje się tak z uwagi na zbyt dużą liczbę dostępnych smarów oraz znaczne różnice w prowadzeniu badań tribologicznych. Brak zachowania w różnych ośrodkach badawczych tych samych ściśle określonych warunków realizacji eksperymentu jest podstawową przyczyną niemożliwości wykonania analizy na temat trwałości projektowanego węzła ślizgowego przy zastosowaniu

danego środka smarnego. Główne różnice w prezentowanych badaniach dotyczą wartości parametrów wymuszeń (nacisku i prędkości poślizgu), geometrii węzła ślizgowego oraz procentowej zawartości napełniacza w badanym środku smarnym.

W Zakładzie Podstaw Konstrukcji Maszyn i Tribologii Politechniki Wrocławskiej od dawna przeprowadzane są badania dotyczące różnych kompozycji smarnych, do których tworzenia wykorzystuje się różnorodne smary stałe **[L. 3, 4].**

METODA I WARUNKI BADAŃ

Badania zostały przeprowadzone na standardowym aparacie czterokulowym produkcji Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu z zastosowaniem wytycznych normy PN-76/C-04147 „Badania własności smarnych olejów i smarów". Zgodnie z tą normą, do oceny skuteczności działania oleju przyjęto zużycie kulek oraz trzy wskaźniki: obciążenie zespawania F_z, graniczne obciążenie zużycia G_{oz} oraz wskaźnik zużycia I_h. W szczególnych przypadkach posługiwano się, zgodnie z normą, dodatkowym wskaźnikiem określanym jako obciążenie graniczne F_g, które jest największym obciążeniem, przy którym nie zachodzi jeszcze zespawanie kulek. Charakterystykę zużycia od obciążenia nadanego d = f(F) wyznaczono na podstawie 10-sekundowych biegów zespołu czterech kulek stalowych ułożonych w formie czworościanu foremnego i zanurzonych w badanym oleju. Prędkość obrotowa kulki górnej była stała i wynosiła 1450 obr/min. Pierwszy test wykonano przy obciążeniu nadanym F = 80 daN. Następne testy prowadzono przy zwiększającym się obciążeniu (wg wymienionej normy) aż do momentu zespawania obracającej się kulki z trzema kulkami nieruchomymi. Na wykresach przedstawiających zależność zużycia kulek od obciążenia nadanego d = f(F) wartość obciążenia zespawania F_z ilustruje punkt będący początkiem wektora rysowanego linią kreskową, a wartość obciążenia granicznego F_g wyznacza ostatni punkt linii ciągłej wykresu tej funkcji. Wartość granicznego obciążenia zużycia G_{oz} wyliczano z wielkości średniej średnicy skaz powstałych na nieruchomych kulkach pracujących przez 60 sekund przy obciążeniu nadanym F = 150 daN.

Testy powtarzano pięciokrotnie dla każdego punktu pomiarowego, a wyniki opracowano statystycznie przy poziomie ufności 95% stosując test t-Studenta.

Pomiaru zużycia kulek dokonywano w kierunku równoległym i prostopadłym do śladu zużycia. Ślady mniejsze od 1 mm mierzono mikroskopem z dokładnością do 0,01 mm, a ślady większe za pomocą lupy z dokładnością do 0,1 mm.

MATERIAŁY I ICH CHARAKTERYSTYKA

Do badań wykorzystano następujące materiały:

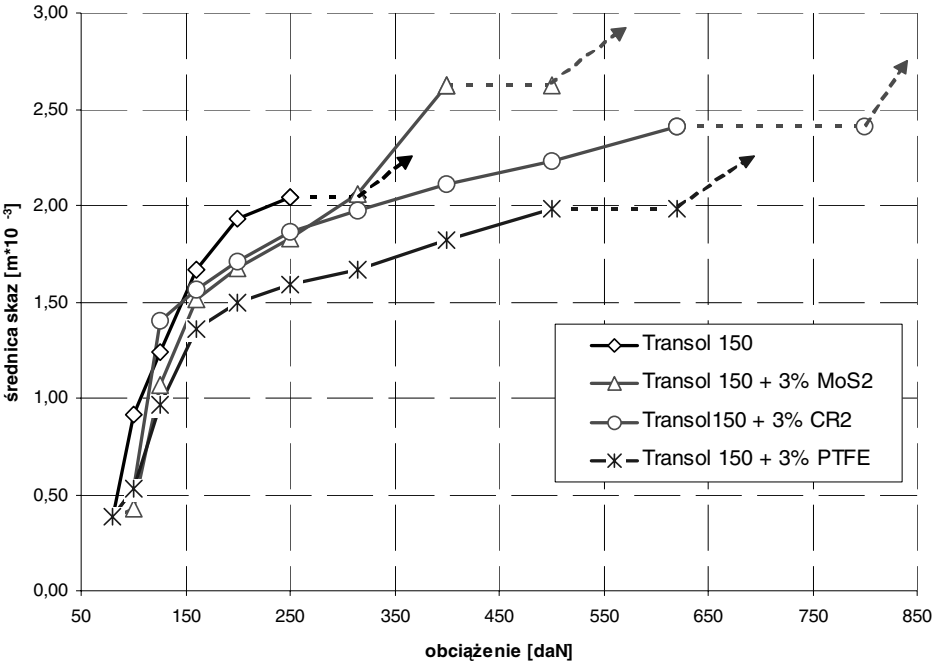
1. Olej Transol 150 – środek smarny stosowany do średnio- i wysokoobciążonych przekładni zębatych często przenoszących obciążenia uderzeniowe. Otrzymywany z selektywnie rafinowanych olejów mineralnych, zawiera szereg dodatków poprawiających własności smarne, przeciwkorozyjne, odporność na utlenianie, przeciwpienne i demulgujące. Olej Transol może być stosowany w przypadkach, gdy przekładnie narażone są na agresywne działanie środowiska (para wodna, gazy korozyjne) oraz na zmienne temperatury otoczenia (dźwigi, wciągarki, itp.).
2. Kulki łożyskowe – średnica 12,7 mm, wykonane ze stali łożyskowej ŁH15 w 16 klasie dokładności i grupie wymiarowej S = 0 μm.
3. Proszki naturalne MoS2 o granulacji do 5 μm oraz grafitu CR2 o granulacji do 4 μm. Oba smary są używane przez krajowych wytwórców do produkcji smarów plastycznych i charakteryzują się dużą czystością chemiczną.
4. Proszek policzterofluoroetylenu (DYNEON 9207 PTFE) – suspensyjny tarflen, wyprodukowany w Niemczech (Werk GENDORF), o granulacji do 1 μm.

PRZYGOTOWANIE KOMPOZYCJI DO BADAŃ

W trakcie badań analizowano olej bazowy (Transol 150) oraz zbudowane na jego bazie kompozycje zawierające 3% wagowych przyjętych napełniaczy. Według **[L. 5]** 3% przyjętych napełniaczy w smarze plastycznym tworzy już wysokoefektywną kompozycję smarną. Przez analogię ilość tę (3%) zastosowano do badanych olejów. Kompozycje smarne przygotowywano do badań za pomocą miksera. Odważoną porcję oleju i zagęszczacza mieszano przez 30 minut przy prędkości mieszadła wynoszącej 800 obr/min. Czas mieszania ustalony został doświadczalnie według kryterium równomiernego rozkładu cząstek proszku w oleju bazowym. Równomierność tę oceniano wzrokowo, porównując tworzoną kompozycję pod mikroskopem biologicznym po 10, 20 i 30 minutach mieszania.

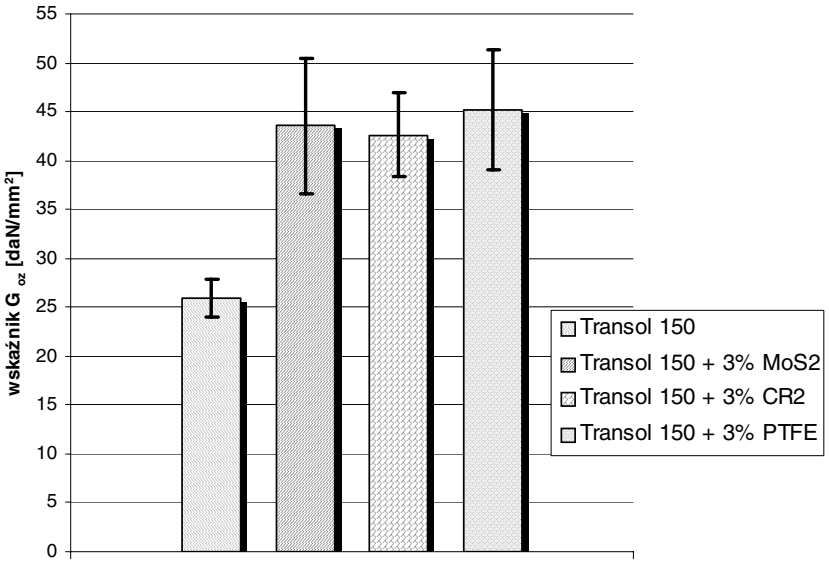
WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Na **Rys. 1** przedstawiono zestawienie wyników badań w postaci zależności zużycia kulek od obciążenia dla analizowanych kompozycji. Obliczone wartości granicznego obciążenia zużycia G_{oz} oraz wskaźnika zużycia Ih zilustrowano na **Rys. 2** i **3**.

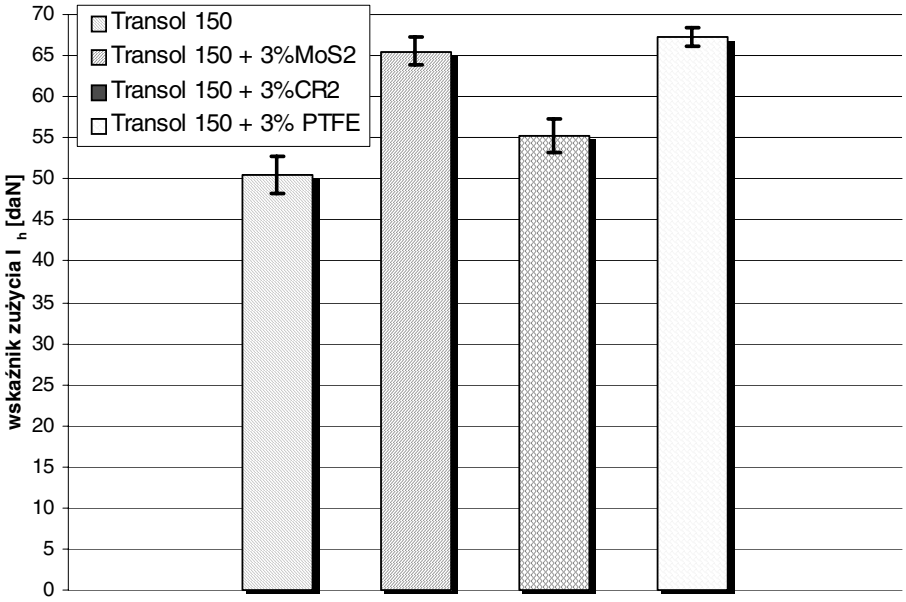


Rys. 1. Zależność zużycia (średnicy skaz) kulek od obciążenia nadanego
Fig. 1. Wear (scar diameter) vs. load

Z wykresów widać, że wprowadzenie 3% dodatku smaru stałego wpływa pozytywnie na charakterystykę zużycia, tj. średnica skaz kulek jest mniejsza przy tej samej wartości obciążenia nadanego. I tak przykładowo dla obciążenia 160 daN średnia wartość średnicy skaz dla oleju Transol 150 wynosi 1,67 mm, podczas gdy dla oleju z dodatkiem 3% MoS_2 jest ona o 9,58% mniejsza, a dla oleju Transol 150 z dodatkiem 3% grafitu jest mniejsza o 6,59%. Znacznie lepsze rezultaty widać przy oleju z 3% proszku PTFE, gdzie średnica skaz jest o 18,56% mniejsza.



Rys. 2. Wskaźnik granicznego obciążenia zużycia Goz
Fig. 2. Limit wear load index Goz



Rys. 3. Wskaźnik zużycia Ih
Fig. 3. Wear index I_h

Ciekawym spostrzeżeniem co do średnicy skaz kulek jest to, że przy obciążeniu nadanym równym 80 daN średnice skaz mają prawie takie same wartości dla wszystkich smarów.

Bardzo dobre rezultaty zastosowania dodatków widoczne są, gdy uwzględni się kryterium obciążenia zespawania F_z (na wykresach jest to punkt oznaczający początek wektora) i obciążenia granicznego F_g (ostatni punkt linii ciągłej wykresu funkcji). Obciążenie zespawania dla zastosowanych środków smarnych wynosi 315 daN dla oleju Transol 150, 500 daN dla oleju Transol 150 + 3% MoS_2, a dla dodatku 3% grafitu oraz PTFE odpowiednio 800 daN oraz 620 daN. Jak widać największą wartość F_z osiągnął olej Transol 150 z dodatkiem grafitu, w związku z tym może on być zastosowany przy najwyższych obciążeniach roboczych.

Analizując wykres zbiorczy zależności zużycia kulek od obciążenia **(Rys. 1)** widać, że najlepszą charakterystykę zużycia ma kompozycja złożona z oleju Transol 150 + 3% PTFE. W świetle kryterium zużycia kompozycja ta wykazała się najlepszą efektywnością.

Z porównania otrzymanych wyników wartości wskaźnika granicznego obciążenia zużycia G_{oz} oraz wartości wskaźnika zużycia I_h **(Rys. 2** i **3)** widać wyraźnie, że najgorsze własności smarne ma olej Transol 150 bez dodatków, natomiast najlepsze olej z dodatkiem proszku PTFE. Pozostałe dwa środki smarne plasują się między nimi.

Podsumowując przedstawione wyniki badań można stwierdzić, że w świetle czterech kryteriów, tj. obciążenia zespawania F_z, granicznego obciążenia zużycia G_{oz}, wskaźnika zużycia I_h oraz wielkości zużycia najgorszym smarem jest olej Transol 150. Świadczy to o pozytywnym wpływie użytych napełniaczy na poprawę charakterystyk tribologicznych oleju bazowego.

LITERATURA

1. Buckley H.: Surface Effects in Adhesion, Friction, Wear and Lubrication, Elsevier, New York, 1981.
2. Płaza S., Margielewski L., Celichowski G.: Wstęp do tribologii i trybochemia, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2005.
3. Capanidis D.: Badania tribologiczne kompozytów ślizgowych na bazie polioksymetylenu (POM) – Tarnoformu, Tribologia, 2004 nr 3, s. 25–33.
4. Krawiec S.: Wpływ rodzaju napełniacza w smarze plastycznym na efektywność smarowania w stalowych skojarzeniach ślizgowych, Tribologia. 2009, nr 2, s. 53–61.

5. Krawiec S.: Wpływ synergizmu wybranych napełniaczy w smarze na zwiększenie trwałości ślizgowych węzłów maszyn, Oficyna wydawnicza PWR, Wrocław 1998.

Recenzent:
Stanisław LABER

Summary

In this paper, investigations concern the lubrication efficiency nodes working at point concentrated contact lubricated with using four oils are presented: Transol 150 and compositions Transol 150 oil with addition 3% powders of graphite, MoS2 and PTFE. The tests were carried out in agreement with the prescriptions of the Polish standard PN-76/C-04147 "The tests of properties of oils and greases." To assess the lubrication efficiency of the tested compositions, four criteria were used (wear characteristic as the function of load d = f(F), seizure load Fz, limit wear load index Goz, wear index Ih). Investigations were carried out using a four–ball extreme pressure tester. The results were statistically handled at a confidence level of 95% using Student's t-test. Obtained values of wear index Ih, limiting wear load G and the characteristics of ball wear as a function of applied load and seizure load Fz are presented in graphs 1, 2 and 3. It was found that the influence of fillers on the improvement of the lubrication efficiency of the tested compositions is positive.