

INSTYTUT EKSPLOATACJI POJAZDÓW I MASZYN

Badania tribologiczne dodatku MolySlip 2001G

Wykonawcy pracy:

dr inż. Jan Guzik – kierujący pracą

inż. Barbara Stachera

mgr inż. Katarzyna Mrozowicz

Radom 2008 r.

Spis treści:

1. Wprowadzenie	3
2. Właściwości fizykochemiczne próbek	3
3. Pomiar właściwości tribologicznych olejów	5
4. Charakterystyki tribologiczne badanych olejów	8
5. Wnioski z przeprowadzonych badań	11

1. Wprowadzenie

Dwusiarczek molibdenu MoS_2 jest często stosowanym dodatkiem smarowościowym do smarów plastycznych. Stosowanie tego dodatku do olejów smarowych jest ograniczone ze względu na stały stan skupienia, co powoduje wydzielenie się dodatku z oleju. Firma „Rato” z Rumii rozprowadza dodatki eksploatacyjne Molyslip 2001 G do olejów przekładniowych będące koloidalnymi roztworami MoS_2 w oleju. Taka postać (roztwory koloidalne) zmniejsza wydzielenie się dodatków z oleju. Strony internetowe (np. www.molyslip.pl) informują o korzystnym oddziaływaniu tych dodatków podczas eksploatacji samochodów.

Zakład Materiałów Smarowych i Paliw w Instytucie Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Politechniki Radomskiej posiada różne maszyny tribologiczne, w tym maszynę MT-1, pozwalającą mierzyć współczynnik tarcia w węźle smarowanym badanym olejem.

2. Właściwości fizykochemiczne próbek

Do porównawczych badań tribologicznych wytypowano olej przekładniowy Hipol 15F. Badano też ten olej zawierający 6% masowych dodatku Molyslip 2001G (zgodnie z zaleceniem producenta dla użytkowników dodatku).

W tabeli 1 porównano podstawowe informacje producenta o klasyfikacji oleju przekładniowego oraz o lepkości badanych próbek.

Tabela 1

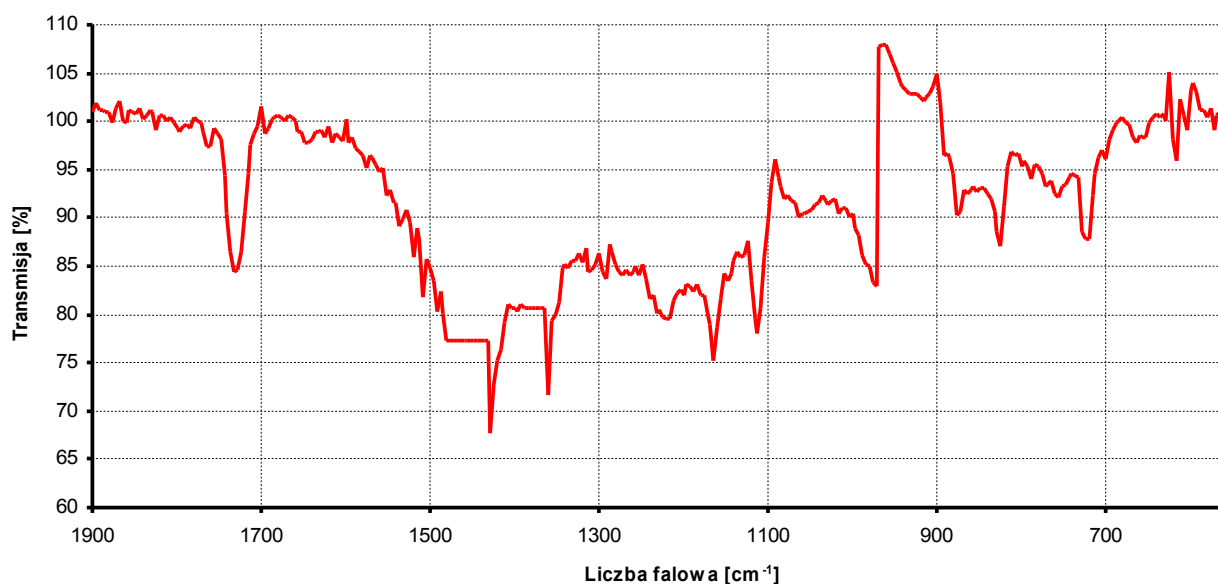
Podstawowe informacje o badanych próbkach olejowych

Lp.	Nazwa produktu	Rodzaj bazy olejowej	Lepkość kinematyczna		Wskaźnik lepkości WL
			w 40°C, [mm ² /s]	w 100°C, [mm ² /s]	
1.	Olej przekładniowy Hipol 15F	mineralna; SAE 85/90, API GL-5	201,58	18,24	99,3
2.	Hipol 15F + 6% Molyslip 2001G		202,17	18,25	99,1

Lepkości w obydwu badanych temperaturach i wskaźnik lepkości dla handlowego oleju Hipol oraz oleju Hipol z dodatkiem Molyslip 2001G są bardzo zbliżone, czyli wprowadzenie dodatku nie zmienia istotnie lepkości olejów.

Na rysunku 1 przedstawiono widma w podczerwieni (IR) oleju Hipol 15 F; odnośnikiem był mineralny olej bazowy, którego skład imitował bazę stosowaną do produkcji oleju.

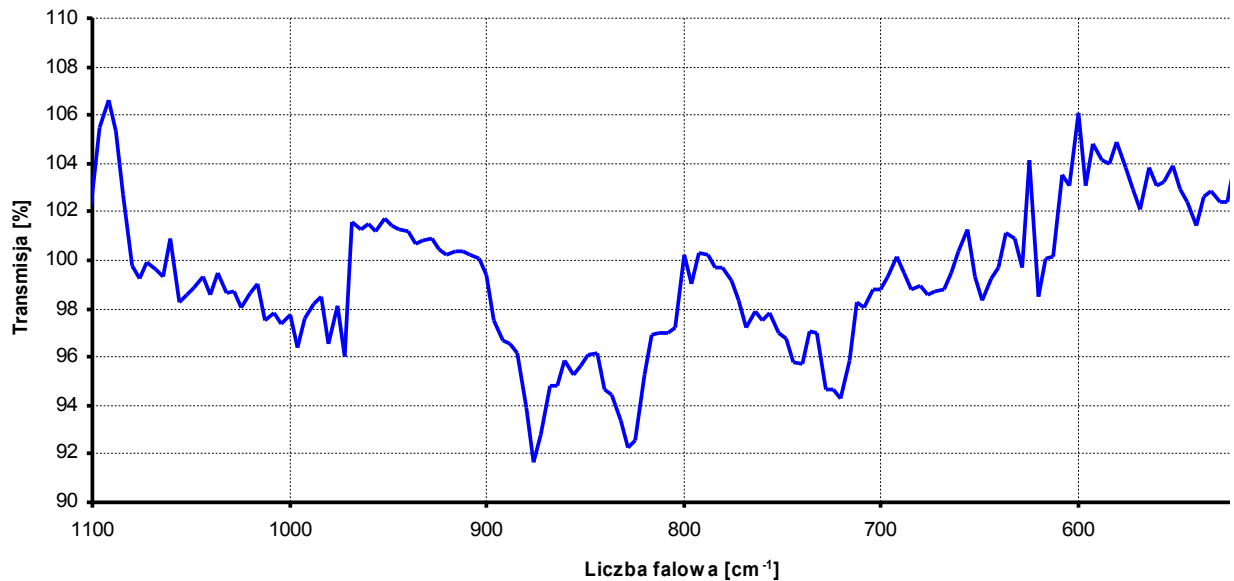
Widma w podczerwieni otrzymuje się przepuszczając promieniowanie przez badaną próbkę. Takie samo promieniowanie przepuszczane jest przez odnośnik. Związki organiczne (a dokładniej: ugrupowania w tych związkach) pochłaniają promieniowanie przy określonej długości fali (liczbie falowej). Widma IR informują więc o związkach organicznych w próbkach: rysunki ilustrują rodzaj substancji w oleju (piki ze zmniejszoną transmisją promieniowania przy określonej liczbie falowej), jak też zawartość danej substancji (wielkość piku). Widma mogą służyć do identyfikacji poszczególnych substancji organicznych, ale można je też wykorzystać do rozpoznania składu mieszanin (np. olejów). Jeżeli jako odnośnik zastosujemy bazę olejową danego oleju, to widmo IR przedstawia w zasadzie same dodatki.



Rys. 1. Widmo w podczerwieni handlowego oleju Hipol 15F względem oleju bazowego

Widma na rysunku 1 wykazują obecność pików charakterystycznych dla dodatków obecnych w olejach przekładniowych (np. piki przy ok. 1700 i 1100 cm^{-1}).

Na rys. 2 przedstawiono widmo oleju Hipol 15F z dodatkiem Molyslip 2001 G. Odnośnikiem był olej handlowy Hipol 15F (bez tego dodatku).



Rys. 2. Widmo w podczerwieni oleju Hipol z dodatkiem Molyslip 2001 G

Trzeba zwrócić uwagę, że oś transmisji (pionowa oś na rysunku) jest przestawiona inaczej, niż na rys. 1 (obejmuje 20, a nie 50 % transmisji). Dzięki temu można zauważyć nawet niewielkie pochłanianie promieniowania (kilka % transmisji) w pasmach ok. 720, 830 i 880 cm^{-1} spowodowane przez wprowadzony dodatek.

3. Pomiar właściwości tribologicznych olejów

Skutkiem tarcia jest wydzielanie się energii w węzle tarcia. Bezpośrednim skutkiem negatywnym są opory tarcia, mierzone jako współczynnik tarcia. Skutkiem pośrednim jest zamiana tej energii w węzle tarcia powodująca wydzielenie ciepła oraz zużycie elementów wężła itd. Mechanizmy zużycia są różnorodne i zależą m.in. od rodzaju tarcia. W smarowanych węzłach tarcia możliwe jest tarcie płynne, gdy współpracujące elementy rozdzielone są warstwą oleju, oraz tarcie mieszane, kiedy współpracujące elementy lokalnie kontaktują się bezpośrednio tworząc np. styk metal - metal. Tarcie mieszane występuje np. przy zmianie zadawanych wymuszeń (np. przy starcie lub zatrzymaniu), jak też wskutek zmian wymuszeń podczas pracy wężła tarcia.

Tarcie w styku metal – metal, np. w skojarzeniu zębów przekładni może być częściowo zastąpione przez tarcie między produktami reakcji dodatków wg następującego równania:

$$\text{TWW} \frac{\text{wymuszenia (p,v,T)}}{\text{olej smarowy (dodatki)}} \rightarrow \text{EWW} \quad (1).$$

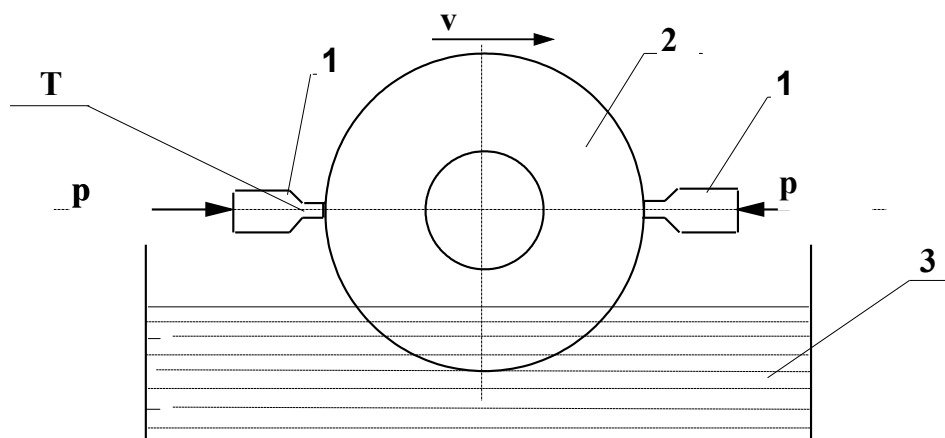
Reakcja wg równania (1) polega na przemianie technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) i dodatków do oleju pod wpływem wymuszeń (p – nacisk jednostkowy, v – prędkość ślizgania, T – temperatura w styku tarciovym) w eksploatacyjną warstwę wierzchnią (EWW). Powstające EWW powinny powodować mniejsze opory tarcia, niż przed ich powstaniem; właśnie dlatego wprowadza się dodatki smarowościowe do olejów smarowych. Dodatki smarowościowe zaliczane są do dwóch głównych klas:

- dodatki przeciwzużyciowe (AW), powodujące zmniejszenie zużycia elementów węzła tarcia,
- dodatki przeciwzatarciowe (EP), zmniejszające tendencję do fizycznego połączenia elementów węzła.

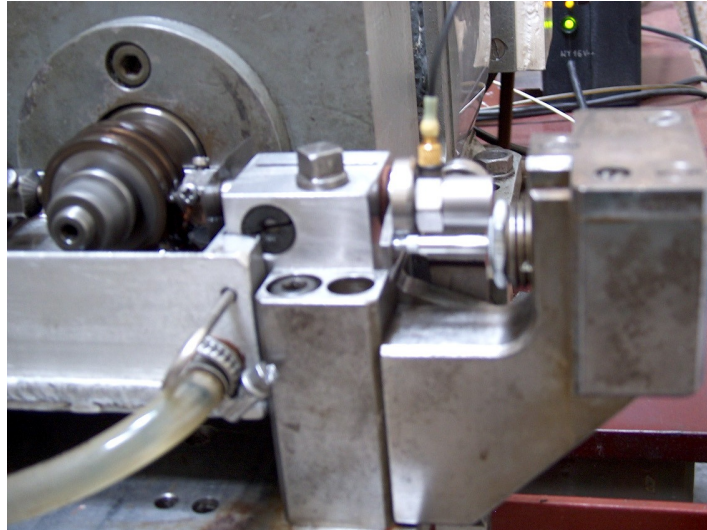
Stosowane skróty pochodzą od angielskich nazw dodatków: antiwear (AW) oraz extreme pressure (EP).

Właściwości tribologiczne są szczególnie ważne podczas tarcia mieszanego, a więc np. podczas uruchomienia lub dużych obciążeń węzła tarcia. Właściwości tribologiczne węzła tarcia zależą zarówno od dodatków zawartych w oleju, jak też od wymuszeń tribologicznych. Trzeba jednak pamiętać, że oleje smarowe muszą spełniać różne zadania, więc zawierają różne dodatki uszlachetniające. Może się więc zdarzyć, że poprawienie jednej właściwości spowoduje pogorszenie innych właściwości oleju. Dlatego po zmianie receptury oleje smarowe powinny być wielostronnie badane.

Maszyna MT-1 służy do różnych pomiarów tribologicznych w węźle smarowanym badanym olejem. Na rys. 3 przedstawiono schemat węzła tarcia maszyny MT-1, a na rys. 4 – widok maszyny.



Rys. 3. Schemat węzła tarcia maszyny MT-1: 1-próbka, 2-przeciwpróbka, 3-olej; wymuszenia tribologiczne: p - nacisk jednostkowy, v - prędkość ślizgania, T - temperatura w strefie tarcia



Rys. 4. Widok węzła tarcia maszyny MT-1

Podczas badań można regulować podstawowe wymuszenia tribologiczne (p , v , T). W ten sposób, zmieniając wymuszenia, można doprowadzić do tarcia mieszanego. Zmierzone wartości wymuszeń, a także oporów tarcia, zużycia próbek stalowych oraz rezystancji elektrycznej zapisywane są w komputerze co określony czas (np. co 0,1 s) i są potem obrabiane. Wyniki przedstawiane są na wykresach.

W wyniku licznych doświadczeń opracowano następującą procedurę badań właściwości tribologicznych w maszynie MT-1:

- a) wyznaczanie zależności współczynnika tarcia przy rosnącym nacisku jednostkowym bez docierania węzła z olejem, czyli bezpośrednio po zalaniu oleju ($v=0,1$ m/s, p rosnące),
- b) docieranie węzła tarcia z badanym olejem ($p=12,5$ MPa, $v=0,4$ m/s),
- c) wyznaczanie zależności $\mu=f(p)$, czyli analogicznej jak w p-cie a, ale po docieraniu węzła z olejem wg p-tu b.

Po docieraniu (wg p-tu c) charakterystyka powinna być korzystniejsza, niż wg p-tu a, czyli wykazywać mniejsze wartości współczynnika tarcia przy takich samych naciskach jednostkowych. Taka zależność wynika z równania (1) opisującego przemianę TWW w EWW. Jeżeli charakterystyka po docieraniu nie poprawia się to należy sądzić, że docieranie było nieskuteczne, a praktycznie oznacza to zły dobór dodatków do oleju.

Taką samą procedurę można też wykorzystać do porównania olejów o zbliżonym składzie, np. różniących się obecnością jednego dodatku. W tym przypadku ewentualne różnice współczynników tarcia należy przypisać wpływowi tego dodatku.

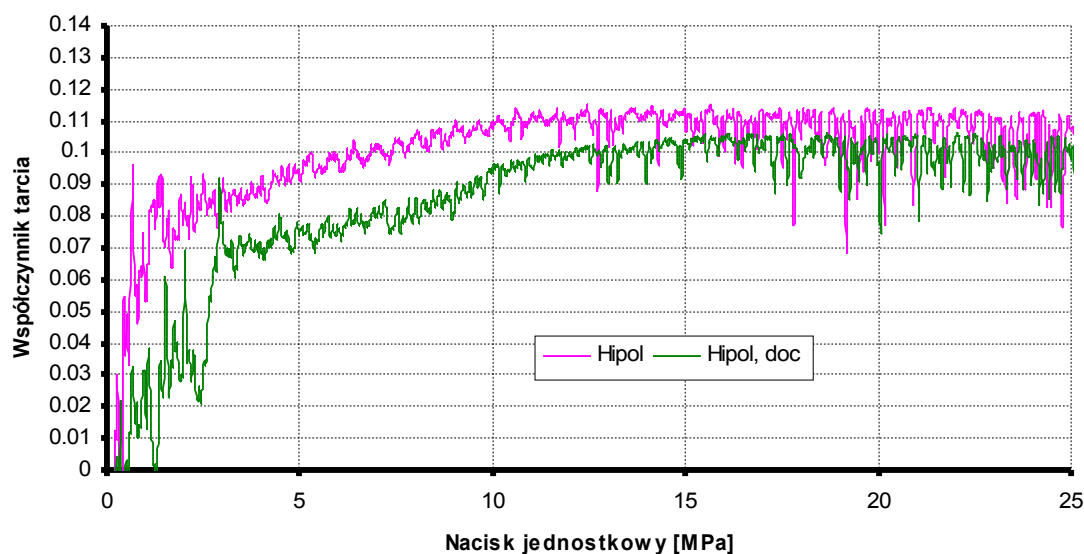
Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że porównywanie charakterystyk może nastąpić po dłuższym czasie docierania; praktycznie przyjęto 24-godz. okres docierania.

Docieranie może być też podstawą do oceny właściwości przeciwzużyciowych na podstawie zużycia próbki stalowej w określonym czasie. Aby zmierzona wartość zużycia była wiarygodna – docieranie musi trwać dłużej (np. 3 doby lub dłużej). Pomiar rezystancji elektrycznej pozwala upewnić się, że w węźle tarcia występowało tarcie mieszane.

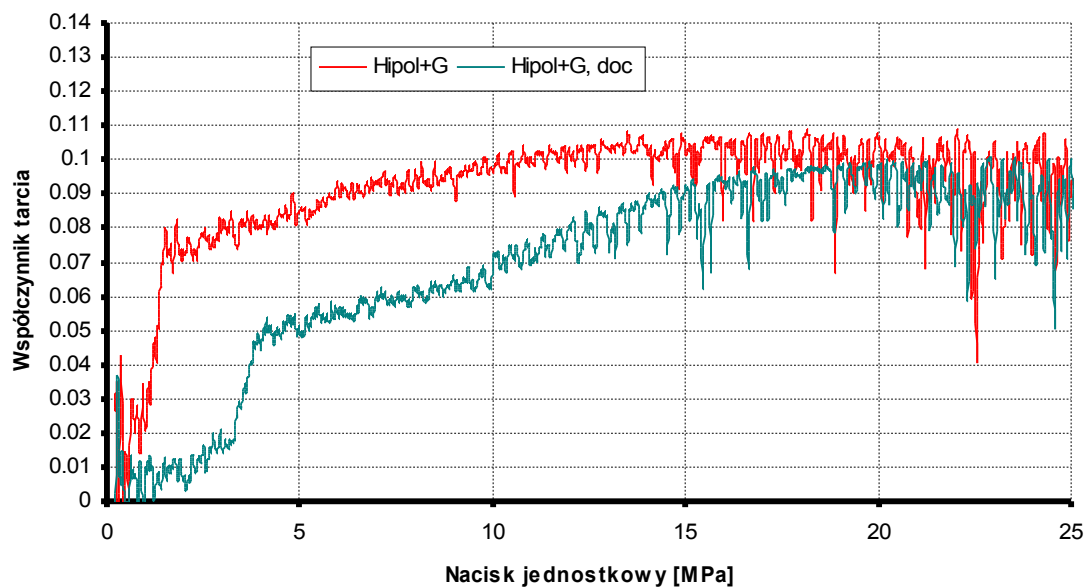
4. Charakterystyki tribologiczne badanych olejów

Na kolejnych rysunkach porównano charakterystyki tribologiczne, czyli zależność współczynników tarcia badanych olejów od nacisku jednostkowego.

Na rysunku 5 porównano wpływ docierania węzła maszyny MT-1 z handlowym olejem Hipol 15F, a na rys. 6 – wpływ docierania z Hipolem 15F zawierającym dodatek Molyslip 2001 G na współczynnik tarcia.

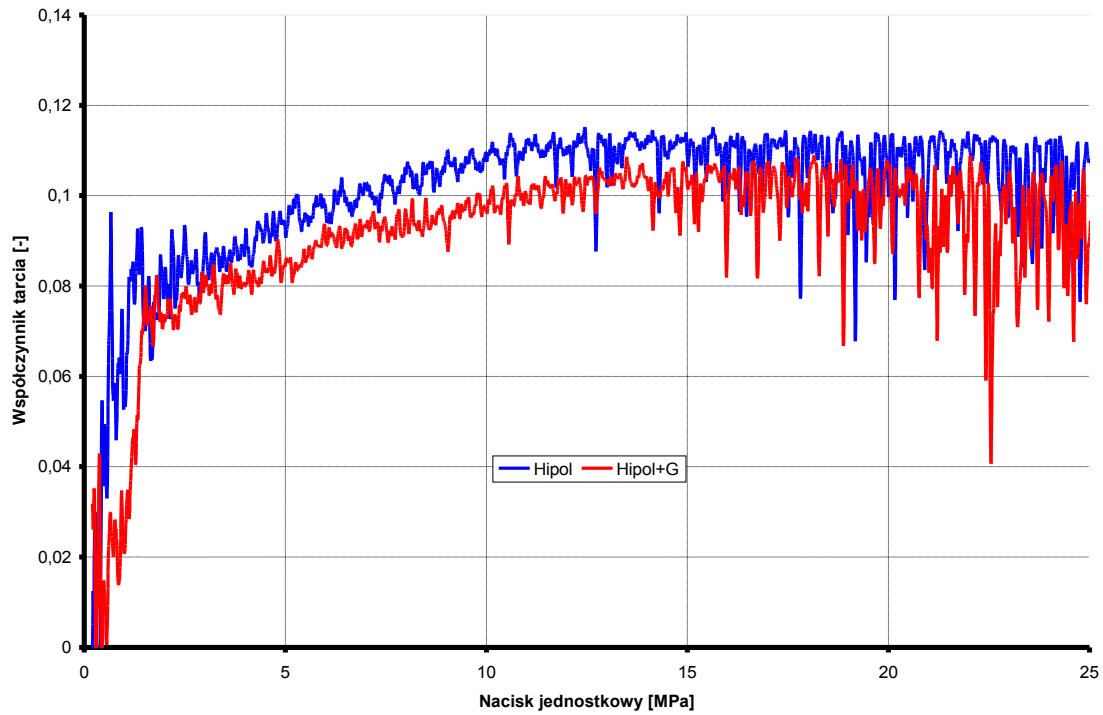


Rys. 5. Porównanie charakterystyk tribologicznych węzła maszyny MT-1 smarowanego olejem Hipol 15F przed i po docieraniu

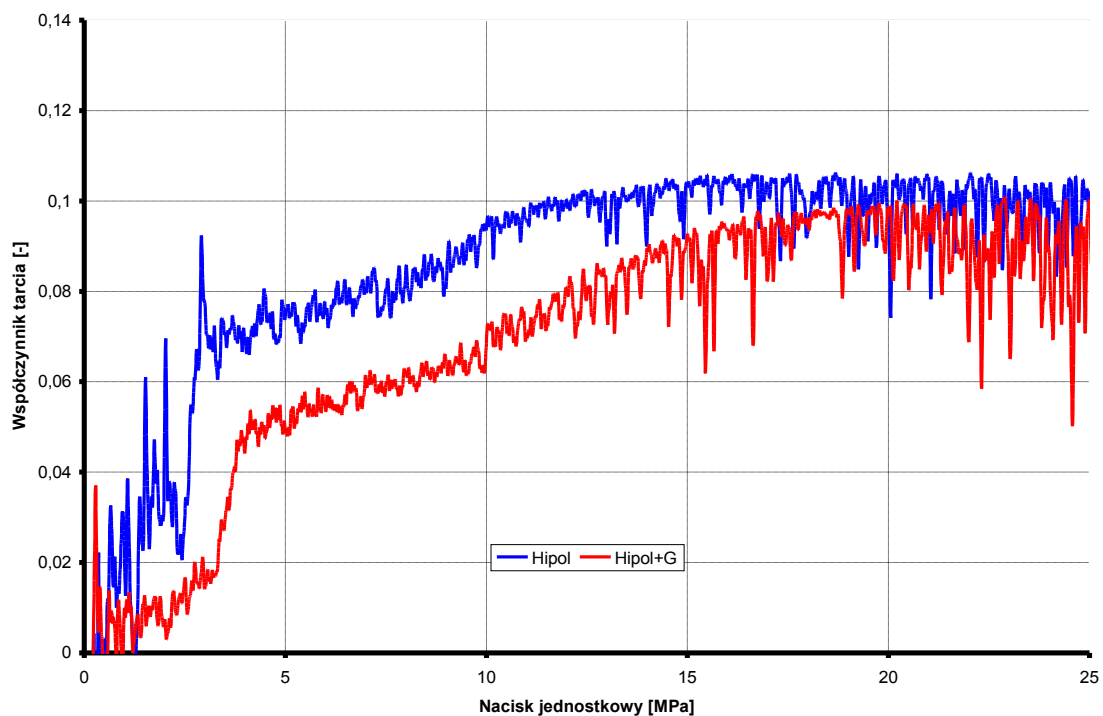


Rys. 6. Porównanie charakterystyk tribologicznych wężła maszyny MT-1 smarowanego olejem Hipol 15F z Molyslip 2001 G przed i po docieraniu

Rys. 5 i 6, czyli dla handlowego oleju Hipol 15F oraz dla tego oleju z dodatkiem Molyslip 2001 G, wykazują korzystny wpływ docierania na charakterystyki badanych olejów. W celu oceny skuteczności samego dodatku Molyslip 2001 G porównano na rys. 7 i 8 charakterystyki oleju handlowego oraz oleju zawierającego dodatek przed i po docieraniu.



Rys. 7. Porównanie charakterystyk oleju przekładniowego Hipol handlowego oraz oleju z dodatkiem Molyslip 2001 G (przed docieraniem)



Rys. 8. Charakterystyki po docieraniu wężła maszyny MT-1 z olejem Hipol handlowym oraz oleju z dodatkiem Molyslip 2001 G

Wprowadzenie dodatku Molyslip 2001 G do oleju przekładniowego Hipol 15F powoduje **jednoznaczny i korzystny wpływ na wartość współczynnika tarcia** (rys. 7 i 8). **Korzystny wpływ dodatku Molyslip 2001 G zwiększa się wskutek docierania** (porównaj rys. 7 i 8), co powinno mieć odpowiedni skutek podczas eksploatacji wężła samochodu (przekładni głównej, czy skrzyni biegów).

5. Wnioski z przeprowadzonych badań

Analizy fizykochemiczne handlowego oleju Hipol 15F odpowiadają jego deklarowanej jakości, a widma w podczerwieni potwierdzają obecność dodatków typowych dla olejów przekładniowych.

Porównanie współczynników tarcia badanych olejów pozwala stwierdzić że:

1. Podczas docierania współczynnik tarcia oleju przekładniowego Hipol 15F zmniejsza się, czyli poprawia się jego charakterystyka tribologiczna.
2. Wprowadzenie dodatku Molyslip 2001 G do oleju przekładniowego wykazuje bardzo korzystny wpływ dodatku na charakterystyki tribologiczne oleju.
3. Docieranie wężła z olejem zawierającym badany dodatek powoduje **dodatkowy bardzo korzystny wpływ na wartość współczynnika tarcia**.

Przedstawione wyniki badań **upoważniają do zalecenia stosowania dodatku Molyslip 2001 G do olejów przekładniowych**.