

TRWAŁOŚĆ EKSPLOATACYJNA OLEJU GL-4 SAE 80W/90 PRZEZNACZONEGO DO SMAROWANIA PRZEKŁADNI SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono kierunki rozwoju olejów przekładniowych w transporcie samochodowym, w tym warunki ich pracy w nowoczesnych przekładniach samochodów ciężarowych. Cześć badawcza dotyczy monitorowania wybranych właściwości fizykochemicznych oleju przekładniowego GL-4SAE 80W/90W w okresie eksploatacji ciągnika siodłowego MERCEDES-BENZ Power-Shift2.

WSTĘP

W dobie nieustającego postępu technicznego oraz zwiększającej się świadomości ekologicznej, wymagania stawiane przed konstruktorami pojazdów samochodowych oraz producentów środków smarowych są coraz wyższe.

Ma to związek z faktem, że ilość na świecie przekroczyła miliard sztuk i stale rośnie, w perspektywie następnego dziesięciolecia zostaną najważniejszym środkiem transportu zarówno osobowego jak i towarowego. Kierunki tego rozwoju są skierowane w szczególności na zmniejszenie energochłonności przy zachowaniu najwyższej wydajności, ograniczenia emisji zanieczyszczeń pochodzących ze spalania paliw w silnikach oraz poprawę bezpieczeństwa biernego i czynnego w pojazdach samochodowych z udziałem środków smarowych.

To również dotyczy się samochodowych skrzyń biegów jak również taboru kolejowego, które w minionym pięćdziesięcioleciu przeszły znaczną ewolucję i w dalszym ciągu są obiektem wielu prac naukowo-badawczych.

1. KIERUNKI ROZWOJU OLEJÓW PRZEKŁADNIOWYCH W TRANSPORCIE SAMOCHODOWYM

Początkowo głównym i najważniejszym zadaniem olei przekładniowych było obniżenie wielkości współczynnika tarcia oraz wytworzenie trwałej warstwy ochronnej w celu zmniejszenia liczby miejsc bezpośredniego styku zębów przekładni. Zwiększenie wymagań w stosunku do zakresu nośności filmu olejowego było spowodowane konstrukcyjnym rozwojem przekładni. W przypadku gdy dochodzi do przerwania filmu olejowego w skutek zwiększonego obciążenia lub zbyt dużych prędkości obrotowych, powierzchnie współpracujących powierzchni zębów ulegają zatarciu. Jest to tylko jedna z wielu obecnie spełnianych przez oleje przekładniowe funkcji do których należą m.in.:

- odprowadzić ciepła spowodowane tarciami lub naciskami;
- chronić przed korozją i rdzewieniem metalowe elementy;
- przenosić moc oraz impulsy sterowania i regulacji;
- zmniejszyć hałas oraz wibracje;
- utrzymywać w czystości elementy przekładni.

Aby spełnić wyżej wymienione funkcje olej musi charakteryzować się podstawowymi parametrami fizykochemicznymi [1].

Niezawodność pracy przekładni samochodowej w dużej mierze uwarunkowana jest doбором odpowiedniego oleju, jego stabilności i niezawodności parametrów fizykochemicznych. Podczas użytkowa-

nia olej przekładniowy wystawiony jest na działanie wielu niekorzystnych czynników wynikających z funkcji jaką spełnia oraz warunków pracy.

Aby spełnić wygórowane i często sprzeczne ze sobą wymagania np. ochronę przed zatarciem i korozją, oleje przekładniowe różnicuje się w zależności od spełnianych podstawowych funkcji zarówno przez skład chemiczny, jak i lepkość.

Olej przekładniowy jest mieszaniną bazy olejowej-mineralnej bądź syntetycznej oraz pakietu dodatków uszlachetniających.

Aby sprostać wymaganiom jakie stawiane są nowoczesnym olejom przekładniowym, niezawodnie spełniać swoje funkcje i zapewnić stabilność parametrów fizykochemicznych podczas pracy przekładni dodaje się do bazy olejowej pakiet dodatków uszlachetniających w zakresie poprawy właściwości użytkowych.

Oleje bazowe poddawane są specjalnej obróbce w której skład wchodzi m.in. rafinacja selektywnym rozpuszczalnikiem, odparowanie rafinatu i oczyszczenie chemiczne. Tak wytworzone bazowe oleje smarne zaliczane są do grupy olejów bazowych pierwszej i drugiej grupy. Grupa I to oleje bazowe o podstawowym stopniu rafinacji, będące mieszaniną różnych łańcuchów węglowodorów, natomiast grupę II stanowią oleje bazowe o wyższym stopniu rafinacji posiadające dobre właściwości smarowania (niski stopień lotności, duża odporność na utlenianie i wysoka temperatura zapłonu).

Wprowadzenie do procesu technologicznego hydrokrakingu lub dodatkowej obróbki w postaci komory wodorowej, gdzie nienasycone cząsteczki węglowodorowe w obecności wodoru łączone są w większe polimery, polepsza odporność bazy olejowej na działanie wysokich temperatur. Powstała w ten sposób grupa III zawiera rodzaj wysokorafinowego oleju, który wykazuje 40% poprawienie odporności na utlenianie i degradację w wysokich temperaturach [2].

Do grupy IV najczęściej zalicza się polialfaolefiny (PAO), które stanowią grupę syntetycznych węglowodorów przy formułacji środków smarowych. Proces produkcji opiera się na polimeryzacji olefin, a następnie uwodornienie otrzymanych produktów w celu uzyskania związków nasyconych.

Oleje grupy IV mogą być stosowane w temperaturach pracy od -60 do +200 °C, są również w pełni mieszalne z olejami grup od I do III. Charakteryzują się dużym zakresem lepkości 2 – 1000 cSt dzięki czemu mogą być bazą dla olejów o różnym przeznaczeniu. Posiadają także większą odporność na utlenianie, lepszą płynność w niskich temperaturach, wyższą odporność na ścinanie.

Ostatnią V grupą są bazowe oleje do zadań specjalnych np. prace w skrajnych przedziałach temperaturowych. Należą do nich m.in. oleje estrowe, roślinne i oleje naftenowe oraz polialkilenogli-

kolowe. Są w pełni mieszalne z pozostałymi grupami, pracują w zakresie temperatur od -60 do +220 °C, zawierają się w klasach lepkości 10 – 320 cSt(40 °C).

Klasyfikację olejów bazowych podstawowych według API przedstawiono w tabeli 1 [3]

Tab. 1. Klasyfikację olejów bazowych podstawowych według API

Grupa bazy olejowe	Zawartość siarki [%]	Zawartość węglowodorów nasyconych [%]	Wskaźnik lepkości
I	>0,03	<90	80-119
II	≤0,03	≥90	80-119
III	≤0,03	≥90	≥120
IV	PAO (polialfaolefiny)		
V	Inne oleje podstawowe		

W przeciwieństwie do wytwarzanych z ropy naftowej olejów bazowych, syntetyczne oleje bazowe są produktami, których dokładny skład chemiczny jest z góry założony. Otrzymuje się w wyniku ściśle kontrolowanego procesu petrochemicznego z gazu ziemnego, wykorzystując do tego procesy syntezy chemicznej.

Syntetyczne oleje bazowe można pogrupować według następującej klasyfikacji tabela 2 [4]

Tab. 2. Klasyfikacja syntetycznych olejów bazowych wg. składu [4]

Estry organiczne	– Dwustery kwasów – Poliestry
Węglowodory syntetyczne	– Polialfaolefiny – Alkilowane aromaty
Inne	– Poliglikole – Silikaty – Etery polifenolowe – Silikony – Estry fosforowe
Mieszanki	– Mieszanki wymienionych wyżej związków, mogące zawierać niewielkie ilości olejów mineralnych

2. WARUNKI PRACY OLEJU W NOWOCZESNYCH PRZEKŁADNIACH SAMOCHODOWYCH.

Rozwój konstrukcji pojazdów samochodowych sprawił, że nastąpiło wyraźne rozróżnienie jakości olejów do przekładni samochodowych i ciężarowych.

Postęp w konstrukcji przekładni zblokowanych wraz z postępowaniem w zakresie trwałości eksploatacyjnej olejów przekładniowych umożliwił wyeliminowanie wymiany oleju w trakcie użytkowania i wprowadzenie jednorazowego fabrycznego napełnienia „for life” czyli na przebieg rzędu 150 do 300 tys. km.

Ze względu na zróżnicowane wymagania eksploatacyjne występują pewne różnice w technologii wytwarzania olejów przekładniowych samochodowych. Zróżnicowane cechy użytkowe tych olejów mają odbicie w różnorodnej klasyfikacji lepkościowej i jakościowej [5].

Dla określenia jakości olejów do przekładni samochodowych stosowane są specyfikacje stowarzyszeń producentów środków smarowych oraz specyfikacje producentów samochodów.

Oleje dla przekładni samochodów ciężarowych produkuje się w różnych klasach lepkości (dobór wynika z warunków eksploatacji).

Istotnym zagadnieniem w rozwoju olejów przekładniowych to wymogi ochrony środowiska wobec coraz większej ilości eksploatowanych samochodów wymuszają proekologiczne zmiany w ich

eksploatacji i jakości środków smarnych, w tym olejów przekładniowych.

W celu sprostania warunkom pracy, głównie zmiany jakościowe olejów przekładniowych zmierzają w kierunku:

- podwyższenie stabilności termicznej oleju;
- obniżenie tendencji do tworzenia szlamów i laków;
- spełnienia wymagań ochrony środowiska;
- radykalnego wydłużenia trwałości eksploatacyjnej dzięki szerszemu stosowaniu do ich wytwarzania syntetycznych olejów bazowych oraz nowej generacji dodatków uszlachetniających.

3. MONITOROWANIE WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH OLEJU PRZEKŁADNIOWEGO GL-4 SAE80W/90 W OKRESIE EKSPLOATACJI

Przedmiotem badań był olej klasy GL-4 SAE 80W/90 podczas eksploatacji 12 stopniowej skrzyni biegów ciągnika siodłowego MERCEDES-BENZ Power-Shift2.

Obiekt badań mechaniczna skrzynia biegów pojazdu samochodowego była eksploatowana w ciągu roku kalendarzowego w zmiennych warunkach atmosferycznych (klimatycznych) w okresie lata i zimy podczas jazdy w ruchu miejskim i autostradowym z wielotonowym ładunkiem.

Przedmiotowy olej przekładniowy pochodzący z różnych przebiegów eksploatacyjnych objęto badaniami laboratoryjnymi i w zakresie oceny wybranych właściwości fizykochemicznych.

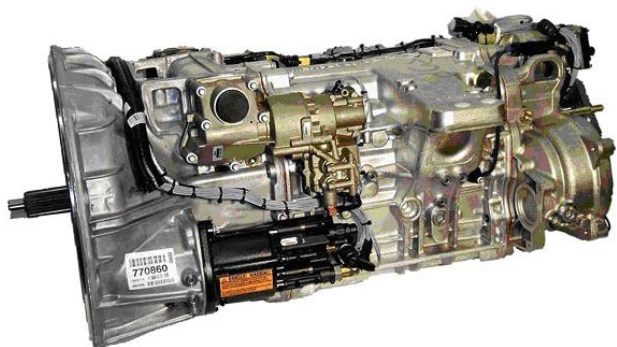
Zestawienie przedmiotowych norm do oceny wybranych właściwości fizykochemicznych oleju przekładniowego GL-4SAE80W/90 w okresie eksploatacji zamieszczono w tabeli 3, natomiast oznaczone wybrane właściwości fizykochemiczne wyjściowe (zerowy przebieg eksploatacyjny) przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 3. Przedmiotowe normy oceny wybranych właściwości oleju przekładniowego GL-4SAE 80W/90

Lp	Właściwości fizykochemiczne oleju przekładniowego	NORMY
1	Lepkość kinematyczna w 40 °C i 100 °C	ASTM D445
2	Całkowita liczba kwasowa [mg KOH/g]	ASTM D664
3	Całkowita liczba zasadowa [mg KOH/g]	ASTM D2896
4	Zawartość wody [%]	PN-86/C-96026
5	Fenole oksydanty [ppm]	ASTM E 2412 IOAP
6	Analiza śladowych pierwiastków[ppm]	ASTM D5185

Tab. 4. Wybrane właściwości fizykochemiczne wyjściowe oleju przekładniowego klasy GL-4 SAE 80W/90 (zerowy przebieg eksploatacyjny)

Właściwości fizykochemiczne		Metody oznaczenia (badań)	Wyniki oznaczeń oleju GL-4 SAE 80W/90
1 Lepkość kinematyczna	40 °C	ISO 3104	78,0 mm ² /s
	100 °C	ISO 3104	9,5 mm ² /s
2 Wskaźnik lepkości		ISO 2909	99
3 Gęstość	15 °C	ISO 12185	885 kg/m ³
4 Temperatura zapłonu °C	COC	ISO 2592	210
5 Klasa lepkości		I 306	80 W
6 Liczba kwasowa mg KOH/g		PN – 88/C – 04049	1,412
7 Liczba zasadowa mg KOH/g		PN – 76/C – 04163	3,861



Rys 1. Ogólny widok 12 - stopniowej skrzyni biegów ciągnika siodłowego MERCEDES –BENZ ActrosMP4

Materiał badawczy oleju przekładniowego pobrano w okresie eksploatacji ciągnika siodłowego MERCEDES-BENZ Actros MP4 w przedziałach eksploatacyjnych tabela 5

Tab. 5. Przebieg eksploatacyjny oleju przekładniowego GL-4SAE80W/90 w funkcji przebiegu eksploatacyjnego

Olej przekładniowy Shell Spirax S3G 80W					
Nr próbki	0	1	2	3	4
Przebieg [km]	0	33 525	69 986	112 379	153 827

4. APARATURA BADAWCZA

Ocenę zawartości pierwiastków w próbkach oleju przekładniowego wykonano przy użyciu aparatu HD Maxime według metody fluorescencyjnej analizy rentgenowskiej rys 2, natomiast wyniki badań zamieszczono w tabeli 6.



Rys 2. Ogólny widok analizatora HD Maxime do oznaczenia pierwiastków śladowych

Właściwości fizykochemiczne oleju przekładniowego wykorzystano aparat uniwersalny – analizator NIR/MIN-FTIR który jest interferometrem z 16384 punktami danych wykorzystujących techni-

kę FTIR w zakresie widma bliskiej i średniej poczerwieni oraz zakresem skanowania widma co najmniej 450 do 7000 cm⁻¹



Rys 3. Ogólny widok przenośnego analizatora NIR/MIN-FTIR

Wyniki oznaczeń wybranych właściwości fizykochemicznych przedmiotowego oleju przekładniowego funkcji przebiegu eksploatacyjnego przedstawiono w tabeli 7 i 8.

Tab. 7. Oznaczenie wskaźnika lepkości i lepkości kinematycznej oleju przekładniowego GL-4 SAE 80W/90 w funkcji przebiegu eksploatacyjnego

Przebieg Eksploatacyjny [km]	Badany olej	Indeks lepkości	Lepkość kinematyczna [mm ² /s]	
			+100°C	+40°C
0	GL-4 SAE 80W/90	98,34	10,23	79,8
33 525		97,76	10,18	87,76
69 986		97,38	10,16	88,23
112 379		96,35	4,17	37,44
153 827		95,04	2,95	22,58

Tab. 8. Oznaczenie całkowitej liczby zasadowej i kwasowej oraz zawartości wody i poziomu przeciwutleniaczy aminowych i fenolowych

Przebieg Eksploatacyjny [km]	Badany olej	TBN mg KOH/g	TAN mg KOH/g	AA *	PA* *	Zaw. Wody [%]
0	GL-4 SAE 80W/90	3,861	1,412	0,27	0,2	0
33 525		3,673	1,393	0,25	0,06	0
69 986		2,552	1,478	0,41	0,08	0
112 379		1,163	1,624	0,29	0,09	0
153 827		0,669	1,718	0,31	0,09	0

Tab. 6. Oznaczone zawartości pierwiastków śladowych w przedmiotowym oleju przekładniowym w funkcji przebiegu eksploatacyjnego

Lp	Przebieg eksploatacyjny [km]	Zawartość śladowych pierwiastków – uśredniane wartości [ppm]												
		P	S	Zn	Mo	Si	Pb	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Ag	Sb
1	0	242	584	3,19	364	ND	0,08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	33 525	231	756	2,41	360	ND	0,08	ND	0,30	36,90	ND	5,36	52,08	ND
3	69 986	216	1572	5,35	338	ND	0,12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	112 379	198	987	0,84	325	ND	0,12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	153 827	188	1856	4,56	347	ND	1,85	ND	0,74	55,19	ND	45,28	ND	ND

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

1. Zawartość pierwiastków śladowych w oleju przekładniowym GL-4 SAE 80W/90 w okresie eksploatacji ciągnika siodłowego marki MERCEDES - BENZ POWER-Shift2 pozwala na sformułowanie spostrzeżenia w zakresie ich w funkcji przebiegu eksploatacyjnego.
2. Właściwości fizykochemiczne wyjściowe przedmiotowego oleju przekładniowego oznaczone za pomocą aparatu ERASPEC OIL przeznaczonego do badań eksploatacyjnych są porównywalne z danymi producenta środka smarującego. Zaobserwowano stopniowe obniżenie indeksu lepkości oleju przekładniowego w funkcji przebiegu eksploatacyjnego jak również lepkości kinematycznej zwłaszcza dla przebiegu eksploatacyjnego 153827km co jest typowym zjawiskiem z uwagi na występującą destrukcję modyfikatora lepkości (zwłaszcza po przekroczeniu zalecanego przebiegu eksploatacyjnego dla tej klasy jakościowej i lepkościowej środka smarującego oraz narastającego stopnia jego degradacji wraz ze wzrostem temperatury).
3. Lepkość kinematyczna oznaczona w 100 °C osiągnęła wartość mniejszą od 6mm²/s, co stanowi wartość krytyczną, a tym samym dla przebiegu eksploatacyjnego 112 379km olej utracił swoje właściwości użytkowe. Po przekroczeniu jej wartości krytycznej istnieje wysokie prawdopodobieństwo zerwania filmu smarującego i wystąpienia tarcia granicznego lub suchego.
4. Wzrost zawartości siarki do wartości +3079,1140 w stosunku do stanu wyjściowego oleju (świeżego), wysokie temperatury pracy, destrukcja dodatków uszlachetniających i wydłużony przebieg eksploatacyjny to czyni wzrost liczby kwasowej (TAN) a tym samym obniżenie całkowitej liczby zasadowej.
5. Poziom zawartości dodatków uszlachetniających w przedmiotowym oleju przekładniowym wraz ze wzrostem przebiegu eksploatacyjnego uległa zmianom (destrukcji) w wyniku zachodzących procesów termooksydacyjnych i zwiększonego tarcia.

Autorzy:

Prof. dr hab. inż. Janusz Jakóbiec, AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
dr inż. Aleksander Mazanek; Instytut Nafty i Gazu - Państwowy Instytut Badawczy

BIBLIOGRAFIA

1. <http://www.e-autonaprawa.pl/artykuly/3749/samochodowe-oleje-przekladniowe>, dostęp z dnia 04.04.2015
2. Mobil „Oleje i smary motoryzacyjne”; Przewodnik, 2006
3. T.F.Glenn “Base stock groups. Now that’s what I call quite good” Lubes’ n’greases nr 1, 2007
4. Mobil „Oleje i smary motoryzacyjne”; Przewodnik, 2000
5. Podniało A.: „Paliwa oleje i smary w ekologicznej eksploatacji”; Wydawnictwo Naukowe Techniczne – Warszawa 2002

OPERATIONAL DURABILITY OF GL-4 SAE 80W/90 OIL INTENDED FOR LUBRICATION OF GEARS IN TRUCKS

Abstract

The paper presents directions of gear oils development in the road transport, including their working conditions in modern gears in trucks. Experimental part concerns the monitoring of selected physicochemical properties of gear oil GL-4 SAE 80W/90 during the exploitation of tractor unit MERCEDES-BENZ Power-Shift 2.